



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Efecto de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos en
carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Fiestas Pazo, Katia Valeria (ORCID: 0000-0002-7551-0051)

Montero Ruiz, Roman (ORCID: 0000-0001-8090-2642)

ASESOR:

Mgtr. Cerna Vásquez, Marco Antonio Junior (ORCID: 0000-0002-8259-5444)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Es muy satisfactorio para ambos haber culminado este trabajo de investigación para obtener el Título de Ingeniero Civil, y lo dedicamos especialmente a nuestras familias que día tras día han estado para darnos esa motivación de superación como personas y profesionales y así lograr nuestras metas trazadas en el transcurso de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinito amor. A nuestros profesores por sus conocimientos y experiencias transmitidas y en especial a nuestro asesor por la dirección, su colaboración, su exigencia y su forma de llegar al estudiante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | v |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS | vii |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 12 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 12 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 14 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. | 14 |
| 3.5 Procedimiento | 15 |
| 3.6. Método de Análisis de Datos | 28 |
| 3.7 Aspectos éticos..... | 28 |
| IV. RESULTADOS..... | 29 |
| V. DISCUSIÓN | 51 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 52 |
| VII. RECOMENDACIONES | 53 |
| REFERENCIAS | 54 |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ensayos de Laboratorio y Normas | 16 |
| Tabla 2. Límites de consistencia de muestra – suelo arcilloso | 16 |
| Tabla 3. Datos del Proctor modificado de muestra – suelo arcilloso | 17 |
| Tabla 4. Porcentaje de material utilizadas en mezclas | 18 |
| Tabla 5. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 90% SM -10% SP | 18 |
| Tabla 6. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 90% SM -10% | 20 |
| Tabla 7. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 80% SM -20% SP | 20 |
| Tabla 8. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 80% SM 20% SP .. | 21 |
| Tabla 9. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 70% SM -30% SP de consistencia. | 21 |
| Tabla 10. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 70% SM 30% SP | 21 |
| Tabla 11. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 60% SM -40% SP | 22 |
| Tabla 12. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 60% SM 40% SP | 22 |
| Tabla 13. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 50% SM -50% SP | 23 |
| Tabla 14. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 50% SM 50% SP | 23 |
| Tabla 15. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 40% SM -60% SP | 24 |
| Tabla 16. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 40% SM 60% SP | 24 |
| Tabla 17. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 30% SM -70% SP | 25 |
| Tabla 18. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 30% SM 70% SP | 25 |
| Tabla 19. Comparación de resultados de diferentes muestras. | 26 |
| Tabla 20. Clasificación de suelos según índice de plasticidad..... | 27 |
| Tabla 21. Clasificación de suelos, según índice de grupo | 27 |
| Tabla 22. Comparación de resultados de diferentes muestras. | 30 |
| Tabla 23. Granulometría. % que pasa malla N° 200 – Muestras de ensayo | 30 |
| Tabla 24. Límite de Atterberg ASTM 4318 – Índice de Plasticidad | 31 |
| Tabla 25. Clasificación de suelos según índice de plasticidad..... | 32 |
| Tabla 26. Compactación – Ensayo Proctor modificado | 36 |
| Tabla 27. CBR al 95% y al 100% - Penetración 0.1” | 36 |
| Tabla 28. Densidad seca vs CBR 95%: SC + SP | 40 |
| Tabla 29. Descripción de la muestra óptima para ser utilizada en subrasante | 40 |

| | |
|---|----|
| Tabla 30. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis - granulometría % que pasa. | 44 |
| Tabla 31. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis - granulometría % que pasa. | 44 |
| Tabla 32. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de humedad | 45 |
| Tabla 33. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de humedad | 45 |
| Tabla 34. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de M.D.S. | 46 |
| Tabla 35. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de M.D.S. | 47 |
| Tabla 36. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (95% - 100% - M.D.S.) 0.1”..... | 47 |
| Tabla 37. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (95% - 100% - M.D.S.) 0.1” | 48 |
| Tabla 38. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (muestra patrón – M - 04). | 48 |
| Tabla 39. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (muestra patrón – M - 04). | 49 |
| Tabla 40. Valores críticos de la distribución F (0,05) | 50 |
| Tabla 41. Matriz de operacionalización de variables. | 60 |
| Tabla 42. Validación de instrumento: Análisis granulométrico por tamizado. | 67 |
| Tabla 43. Ficha de evaluación del instrumento: Análisis granulométrico por tamizado | 68 |
| Tabla 44. Validación del instrumento: Límites de consistencia | 69 |
| Tabla 45. Ficha de evaluación del instrumento: límites de Atterberg. | 70 |
| Tabla 46. Validación del instrumento: límites de Atterberg. | 71 |
| Tabla 47. Ficha de evaluación del instrumento contenido de humedad. | 72 |
| Tabla 48. Validación de instrumento: Relación densidad /humedad (Proctor). | 73 |
| Tabla 49. Ficha de evaluación del instrumento: Relación densidad /humedad (Proctor). | 74 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Granulometría. % que pasa malla N° 200 Muestras de ensayo | 33 |
| Figura 2. Límite de Atterberg ASTM 4318 – Índice de Plasticidad | 34 |
| Figura 3. Compactación – Ensayo Proctor modificado | 35 |
| Figura 4. CBR al 95% y al 100% - Penetración 0.1” | 38 |
| Figura 5. Densidad seca vs CBR 95%: SC + SP | 39 |
| Figura 6. Comparación de índice de plasticidad y Contenido de humedad para suelo arcilloso con M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP | 41 |
| Figura 7. Comparación de Proctor modificado para suelo arcilloso con M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP | 41 |
| Figura 8. Comparación de CBR al 95% M.D.S – 0.1”, para suelo arcilloso con M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP | 42 |
| Figura 9. Comparación de M.D.S. y CBR al 95% M.D.S – 0.1” para suelo arcilloso con M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP | 42 |
| Figura 10. Formato para Análisis Granulométrico | 62 |
| Figura 11. (a) Análisis Granulométrico (b) Tamices para el ensayo granulométrico | 63 |
| Figura 12. (a) Balanza con material húmedo, (b) Estufa y (c) Balanza con material Seco Contenido de Humedad | 63 |
| Figura 13. (a) Probetas y (b) Rotura de Probeta Ensayo de CBR | 64 |
| Figura 14. Software para la Ubicación Canteras y de la carretera a proyectar | 64 |
| Figura 15. Plano Topográfico de Carretera proyectada | 65 |
| Figura 16. Análisis Granulométrico por Tamizado (Calicata 01 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura) | 75 |
| Figura 17. Límites de Atterberg (Calicata 01 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura) | 76 |
| Figura 18. Proctor Modificado (Calicata 01 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura) | 77 |
| Figura 19. Análisis Granulométrico por tamizado (Calicata 02 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura) | 78 |
| Figura 20. Límites de Atterberg (Calicata 02 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura) | 79 |

| | |
|---|----|
| Figura 21. Proctor Modificado (Calicata 02 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura) | 80 |
| Figura 22. Análisis Granulométrico por tamizado (Material de Acopio de Cantera. 960+000 Km, Carretera Piura - Chiclayo) | 81 |
| Figura 23. Límites de Atterberg (Material de Acopio de Cantera 960+000 Km, Carretera Piura - Chiclayo) | 82 |
| Figura 24. Análisis Granulométrico por tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" | 83 |
| Figura 25. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" | 84 |
| Figura 26. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" | 85 |
| Figura 27. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" | 86 |
| Figura 28. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" | 87 |
| Figura 29. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 90% + Arena de duna 10% | 88 |
| Figura 30. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 90% + Arena de duna 10% | 89 |
| Figura 31. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 90% + Arena de duna 10% | 90 |
| Figura 32. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 90% + Arena de duna 10% | 91 |
| Figura 33. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 90% + Arena de duna 10% | 92 |
| Figura 34. Análisis Granulométrico - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 80% + Arena de duna 20% | 93 |
| Figura 35. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 80% + Arena de duna 20% | 94 |
| Figura 36. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 80% + Arena de duna 20% | 95 |
| Figura 37. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Positos" 80% + Arena de duna 20% | 96 |

| | |
|---|-----|
| Figura 38. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 80% + Arena de duna 20% | 97 |
| Figura 39. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 70% + Arena de duna 30% | 98 |
| Figura 40. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 70% + Arena de duna 30%) | 99 |
| Figura 41. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 70% + Arena de duna 30%) | 100 |
| Figura 42. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 70% + Arena de duna 30% | 101 |
| Figura 43. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 70% + Arena de duna 30% | 102 |
| Figura 44. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 60% + Arena de duna 40% | 103 |
| Figura 45. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 60% + Arena de duna 40% | 104 |
| Figura 46. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 60% + Arena de duna 40%..... | 105 |
| Figura 47. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 60% + Arena de duna 40% | 106 |
| Figura 48. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 60% + Arena de duna 40% | 107 |
| Figura 49. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 50% + Arena de duna 50% | 108 |
| Figura 50. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 50%+ Arena de duna 50% | 109 |
| Figura 51. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 50% + Arena de duna 50%..... | 110 |
| Figura 52. Ensayo CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 50% + Arena de duna 50% | 111 |
| Figura 53. Ensayo CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 50% + Arena | |

| | |
|--|-----|
| de duna 50% | 112 |
| Figura 54. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 40% + Arena de duna 60% | 113 |
| Figura 55. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 40% + Arena de duna 60% | 114 |
| Figura 56. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” 40% + Arena de duna 60%..... | 115 |
| Figura 57. Jornada de búsqueda de material - Suelo arcilloso (suelo natural) “Los Positos” (a) y (b) Material tomado para estudio | 117 |
| Figura 58. Jornada de búsqueda del material, anexo Los Positos(a) Calicata. (b) Perfil estratigráfico, Arena de Duna. | 117 |
| Figura 59. Jornada de búsqueda de material Cantera Mala Vidas (a) y (b) Material tomado para estudio | 118 |
| Figura 60. (a) Tamizando, (b) Número de Tamices utilizados y; (c) Material que se pasará por el tamiz..... | 118 |
| Figura 61. (a) Vertiendo el porcentaje de agua y; (b) Mezclado de materiales ... | 119 |
| Figura 62. (a)material a usar en ensayo Proctor; (b) compactación en molde y; (c)enrase de la superficie de la muestra | 119 |
| Figura 63. (a), (b) y (c) Ensayo de CBR | 119 |
| Figura 64. Levantamiento Topográfico Tramo Los Positos – Nueva Esperanza (Definición del BM) | 120 |
| Figura 65. (a) y (b) Levantamiento Topográfico Tramo Los Positos – Nueva Esperanza (Definición de Progresivas) | 120 |

RESUMEN

El presente proyecto de tesis es un tema de investigación, debido a la variedad de resultados obtenidos en campo. Esta tesis realiza una evaluación para el efecto de arena de duna en estabilización de suelos arcillosos en carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, según criterios de los parámetros regidos a la normatividad vigente. Nuestro trabajo de investigación se fundamenta en las diferentes teorías que se encontraron, según Carlos Ley Vega de Seoane, Juan B, Gallego Fernández y César Vidal Pascual, detallan que las arenas de dunas se forman a partir de la interacción granular y de los fuertes vientos de la zona en este caso el desierto. Por otro lado, los investigadores franceses del Centre National de la Recherche Scientifique y la Guía AASTHO 2002, sustentan la teoría del diseño de carreteras en el cual muestra los rangos que se deben tener en cuenta para el diseño antes especificado. Este proyecto es de tipo cuantitativo y el diseño responde al de una investigación experimental puro. La población en estudio está conformada por los anexos de la provincia de Sechura, Nueva Esperanza y Los Pocitos. La muestra son 0.7 Km de estudio de carretera. Para continuar con nuestro trabajo, utilizamos instrumentos como: Guía de Observación de Campo, formatos para caracterizar los Equipos de Laboratorios de Suelos para los diferentes ensayos. Según los resultados obtenidos que muestra el estudio experimental nos permitió recolectar información de las características y propiedades que presenta el suelo para la determinación del porcentaje óptimo de arena de duna que se debe agregar al suelo natural con alto índice de Plasticidad de la carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, distrito y provincia de Sechura, para que luego este suelo estabilizado sea utilizado como subrasante y forme parte de la estructura de un pavimento. Finalmente, al comparar el suelo – arena de duna con el suelo en estado natural, se redujo su plasticidad. Por lo que el porcentaje de 40% de este, es a favor para alcanzar la estabilización del suelo en estudio, cumpliendo con las especificaciones establecidas en el manual del MTC.

Palabras Claves: Arena de duna, estabilización de suelos, suelos arcillosos, carretera

ABSTRACT

This thesis project is a research topic, due to the variety of results obtained in the field of study. In this thesis an evaluation of the effect of dune sand on the stabilization of clay soils on the Los Pocitos - Nueva Esperanza road is carried out, this is based on the criteria of the parameters that govern the current regulations. Our research work is based on the different theories that were found, according to Carlos Ley Vega de Seoane, Juan B, Gallego Fernández and Cesar Vidal Pascual, detail that dune sands are formed from the granular interaction and the strong winds of the area, in this case in the desert. On the other hand, the French researchers from the Center National Recherche Scientifique and the AASTHO Guide 2002, support the theory of road design in which it shows the ranges that must be taken into account for the design mentioned above. This project is quantitative and this design corresponds to an exact experimental investigation. The people who underwent the study are made up of the annexes of the province of Sechura, Los Pocitos and Nueva Esperanza. The sample is 0.7 km of road under study. To continue with our work, we use instruments such as: Field Observation Guide, Formats to characterize the Soil Laboratory Equipment for the different tests. According to the results obtained from the experimental study, it allowed us to collect information on the characteristics and properties of the soil to determine the optimal percentage of dune sand that should be added to the natural soil with a high Plasticity index of the Los Pocitos road. - Nueva Esperanza, district and province of Sechura, so that later the soil stabilizes and is used as a subgrade and forms part of the structure of a pavement. Finally, when comparing the soil - sand of dunes with the soil in its natural state, its plasticity was reduced. Therefore, the percentage of 40% of this is in favor of achieving the stabilization of the soil under study, complying with the specifications established in the MTC manual.

Keywords: Dune sand, soil stabilization, clay soils, roads

I. INTRODUCCIÓN

“La estabilización de suelos” es primordial en infraestructura vial, esto se debe a que en la actualidad hay muchos proyectos deteriorados y hasta el momento han sufrido pérdidas graves donde algunas áreas del suelo presentan un bajo CBR. Los requisitos para estabilizar los suelos son las características económicas, mejorar la eficacia y la obtención del resultado por medio de la amplia experiencia. “Las exportaciones mundiales crecieron significativamente en la actualidad, siendo la infraestructura vial, aeropuerto o puerto; el medio importante para que estas exportaciones sean trasladadas; pues debemos considerar que en algún punto de enlace de suministro se tiene que cruzar una carretera” (Kemp, 2018 pág. 80). La infraestructura vial es la línea de soporte de la economía mundial, por lo consiguiente; proceder a la inversión en este factor fundamental, aún no es suficiente.

El Perú, en vista de vías para comunicación terrestre, tiene una infinidad de dificultades, uno de ellos son los distintos accidentes morfológicos que conforman un reto constante destacando la desintegración nacional; según Fantozzi, E (2019) “nuestro país requiere de la innovación tecnológica como pieza de un plan por la unión económica, social y política del país, que permita el desarrollo y la creación de una infraestructura durable y sólida, como es el caso de los pavimentos que existen en las calles de nuestra región, lamentablemente la mayoría de estos se encuentran en mal estado”. “Cuando un camino presenta un suelo arcilloso y no se mejora, siempre es inestable su estado de funcionamiento, produciéndose inconvenientes, generando así que sus costos de conservación se eleven” (UMSS, 2004 p. 377). Los procesos constructivos que se aplican en su momento, con el paso del tiempo se ven afectados debido a los diferentes factores que dañan a los pavimentos, esto sumado en las calles de la región por la carga de vehículos con peso excesivo que transitan diariamente.

Según los autores Uco-Sanchez , Hernandez Paredes, & Quen Aviles (2018), nos dicen que “los daños que sufre una carretera son raros, a menos que no se hayan realizado los adecuados estudios de suelo, o surjan errores en su ejecución, produciendo daños fuertes, ocasionados desde las cargas generadas

por el tráfico hasta las situaciones climáticas que se producen en el territorio” (p. 19).

Sabemos que nuestra región sufrió los estragos causados a la infraestructura vial por el Fenómeno de El Niño Costero, destruyendo en su totalidad las vías de acceso, generando terribles consecuencias para los piuranos, especialmente en aquellos que habitan en lugares lejanos a una ciudad. Debido a esto, tanto las autoridades como las empresas constructoras deben innovar sus propuestas para lograr combatir los diversos problemas sociales, asentamientos, excesos de baches, desprendimiento de agregados, agrietamientos y pulido de superficie; y así prolongar la vida útil de las carreteras que por lo general duran de 5 a 10 años. De esta manera se puede permitir que el avance técnico de otros países pueda ayudar a eliminar este tipo de problemas, de hecho, que se debe realizar un buen proyecto y procedimiento constructivo para obtener buenos resultados, hoy es una buena oportunidad para restaurar las carreteras actuales, esto no significa que implique altos costos.

Considerando estos sucesos y conociendo que, en la actualidad para el desarrollo de las vías, implica la utilización de materiales y/o aditivos, para mejorar la durabilidad y el comportamiento, haremos la incorporación de arena de duna (propio del lugar), para estabilizar los suelos arcillosos y mejorar “la subrasante”, previa investigación y/o ensayo de laboratorio, de esta manera saber si este agregado mejora su capacidad portante. Del mismo modo al utilizar el material de corte o de canteras cercanas propias del lugar, lograremos economizar el costo del proyecto. Al haber deficiencias en las vías, no solo ocasionan tráfico peatonal, sino que también vehicular, para el traslado de productos transitando por las vías rurales; Puesto que, generan elevados costos de los beneficiarios y se pierde tiempo. Peor aún en épocas de estiaje (lluvia), se tendrá que dirigirse otra dirección, lo que aumenta el costo y tiempo de viaje a varios mercados cercanos. En este sentido, surge la idea de estabilizar en terrenos arcillosos y evaluar el efecto en arena de duna aplicado a la carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura, para de esta manera determinar la mejor opción técnico – económica de acuerdo con las variantes en el presente trabajo de investigación. Es por ello, que se ha creído conveniente

formular en la presente tesis la siguiente pregunta general: ¿Qué efecto tiene la arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos en carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura?

El presente estudio experimental demuestra razones, tales como, la falta de innovación en el diseño de pavimentos, se ha considerado realizar este estudio para conocer el efecto de la incorporación de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos, de tal forma que a través de este diseño se demuestre la viabilidad técnica y económica. Por lo consiguiente, el proyecto se orienta a determinar el comportamiento geotécnico del terreno natural y los materiales adecuados de canteras cercanas, pero sobre todo la información que aporta esta investigación son los estudios de suelos, en este caso la arena propia del terreno (arena de dunas) y así puedan emplearse en el procedimiento constructivo del pavimento, realizándose los estudios de los terrenos correspondientes, el cual proporcionará la seguridad necesaria para la estabilidad de la vía y así no tenga que presentar inconvenientes durante su proceso constructivo, evitando deterioros posteriores. Por lo tanto, este estudio se justifica desde la forma práctica y a la vez es propicio mencionar también que los ensayos realizados son referenciales, ya que estos resultados podrían tener variaciones durante la ejecución de la vía en un futuro.

Por lo consiguiente, ante la problemática descrita se formula el siguiente objetivo general: Determinar “el Efecto de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos en carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura”. Y se plantea los objetivos específicos, tales como, Diagnosticar características físico-mecánicas en el terreno natural de la carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura. Determinar las propiedades físico-químicas del terreno natural con incorporación del 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% de arena de duna, Sechura, Piura. Asimismo, la estabilización con “la arena de duna en carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura”.

No obstante, ante la problemática descrita se formula la siguiente hipótesis general, la cual es, “El efecto de arena de duna mejora la estabilización de suelos arcillosos en carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura”.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, presentamos los siguientes antecedentes a nivel internacional, tales como; Según Soler & Duitama (2019), en su tesis “*evaluación física y mecánica de mezclas fresado y base granular para su empleo como agregados en la conformación de bases estabilizadas de pavimentos flexibles*”(p. 1). Cuyo principal objetivo que determinaron fue la evaluación del efecto del RAP sobre las características físico-mecánicas normales para el sustrato granular, sobre dicha estructura en subcapas estables en una estructura de pavimento asfáltico (p. 22). La metodología utilizada por los autores fue de tipo Experimental. Los autores concluyeron que el cambio de agregados vírgenes por RAP, mejoran sus propiedades físicas por ejemplo su forma, desgaste, pero afectando negativamente las características mecánicas (p. 14).

Arteaga (2018), en su tesis denominado “*Análisis del comportamiento de la base – cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado*” (p. 1). Como principal objetivo comparando el “comportamiento de la base granular modificada con cemento, reemplazando el 2%, 4% y 6% de material granular con PET reciclado tipo escamas No 4, con el fin de determinar si este puede ser usado como estabilizante” (Arteaga, 2018, p. 19). para verificar si este puede éste logra ser utilizado como estabilizante. La metodología utilizada en este trabajo de tesis fue de Tipo Experimental y Mixto.

La conclusión Principal que determinó fue “que el material PET es muy estable e inerte, además es fuerte, resistente al ataque de microorganismos, no reacciona con diferentes sustancias y no se degrada biológicamente, así mismo es un material liviano que se puede reciclar en un 100% convirtiéndose de esta manera un material amigable con el planeta, generando impactos ambientales positivos en cuando a su manejo post consumo, ya que puede usarse en diferentes actividades como por ejemplo en el sector de la construcción” (Arteaga, 2018, p. 84).

Según Gavilanes Bayas (2015), presentó su tesis denominada “*Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*” (p. 1). Cuyo principal objetivo fue “analizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la modificación y estabilización de suelo en el sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur

empleando adiciones de cal y cemento en diferentes porcentajes para determinar estabilización de plasticidad del material de subrasante en la vía” (Gavilanes, 2015, p. 9). Como metodología utilizó que fue de tipo Cuantitativa – Experimental. Como conclusión determinó que, de acuerdo a los ensayos y análisis de la calle en estudio, se obtuvo “un suelo de tipo limo arenoso, con pómez y de color café claro” (Gavilanes, 2015, p. 88). Como interpretación debe aplicar la estabilización con cemento según normativas internacionales (p. 88).

A nivel Nacional encontramos los siguientes antecedentes; Chavez Arbayza & Odar Yabar (2019), en su tesis denominada “*Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo*” (p. 1). Presentaron como principal objetivo elaborar un comparativo del terreno para mejorar su comportamiento a presentarse arcilla de baja plasticidad añadiéndole cal, puesto que viene a ser un agente estabilizador y pueda ser empleado (p. 4). Asimismo, los autores emplearon una metodología de diseño experimental y de nivel descriptivo. Y finalmente concluyeron que el suelo en el área de estudio no fue apto para usarse en la sub-rasante de un pavimento rígido, obteniéndose un valor de 18% de CBR, lo cual no está dentro del rango de valores de 6 o menos, según manual de carreteras del MTC (p. 96).

Velásquez Pereyra (2018), en su tesis denominado “*Influencia Del Cemento Portland Tipo I En La Estabilización Del Suelo Arcilloso De La Subrasante De La Avenida Dinamarca, Sector La Molina*” (p. 1). Planteó como objetivo principal evaluar “la influencia del cemento portland en la estabilización de un suelo arcilloso de alta plasticidad” (Velásquez, 2018, p. 14). Asimismo, la metodología que usó fue de nivel explicativa, de tipo Aplicada, de diseño experimental (p.11). Y finalmente concluyó que:

Con la adición de 5% de cemento su índice de plasticidad se redujo de 44% a 15%, su índice de contracción se redujo de 27% a 19% y su índice CBR se incrementó de 1.30% a 13.75% al 95%DSM. Pese a la adición de cemento, en los porcentajes indicados, el suelo presentó una plasticidad media y estuvo sujeto a cambios volumétricos. Por el contrario, una subrasante regular a buena, según su índice CBR, se logró solo con una adición de 4% de cemento (Velásquez, 2018, p. 14).

En el 2019, Castro Gonzales & Navarro Pereyra presentaron su tesis “*Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico*” (p. 1). Plantearon como objetivo principal buscar una solución, para que así le permitiera de la infraestructura al contar arcillas de alta plasticidad (p.4). asimismo, usaron la metodología de tipo cuantitativa. Concluyeron que combinar cemento con terreno arcilloso de elevada plasticidad mejoraría por medio de ensayos de compactación y CBR (p. 25).

Asimismo, a nivel local, encontramos los siguientes antecedentes: En el 2019, Reaño Palacios presentó su tesis denominada “*Evaluación Experimental del Uso de Arena de Duna como Agregado Fino para el Concreto*”. Su principal objetivo fue proporcionar el diseño para un concreto que cumpla con los parámetros requeridos, haciendo uso de la arena de duna. La metodología utilizada por la autora fue de tipo aplicada. La conclusión principal fue, que, según los resultados de laboratorio, en comparación con las normas NTP 400.12 y la ASTM C33 la arena de duna no satisface con los límites estandarizados (p. 67). Por lo consiguiente, con la distribución de sus partículas, al ser mezclada con otro tipo de agregado fino se obtuvo un mejoramiento que contenía una granulometría diferente, llego a la conclusión que en la mezcla para un concreto puede introducirse el tipo de arena sin generar consecuencias negativas (p. 67).

La tesista Marquez Martinez (2019), presento su investigación denominada “*Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados Pet en el distrito La Encantada, provincia de Morropón – Piura 2019*” (p. 1). Planteó su principal objetivo de realizar una mejora de características de terrenos arcillosos añadiendo plásticos reciclados Pet (p. 18). La metodología que utilizó la autora fue de tipo Cuantitativo y de diseño experimental. Concluyó que, comparando las dos muestras, a la segunda muestra se le añadió 6% de plástico dando como resultado un mejoramiento en el CBR; mientras que las demás características siguen siendo las mismas, con el fin, que no hubo cambio alguno (p. 58).

Según la autora Honores Adanaque (2018), presento su tesis denominada “*Comparación de la ceniza de cascarilla de arroz frente al oxido de calcio como estabilizante químico para mejorar La Sub-Rasante En La Av. Gustavo Mohme*

[Progresiva Km 0+654.19 – Km 1+654.19] Distrito Veintiséis de Octubre-Piura-Piura, 2018” (p. 1). Planteó su principal objetivo comparar “tres tipos de muestras: el terreno en natural, Oxido de Calcio y Ceniza de arroz para realizar la estabilización de la muestra IN SITU y posteriormente la comparación de los valores porcentuales obtenidos en base a los datos recolectados” (Honores, 2018, p. 12). La metodología que ha utilizado el autor es de tipo Experimental Pura. Concluyo que resulta ser más útil estabilizar con cal que con la ceniza de pajilla de arroz, puesto que, existe una diferencia de 72% de aumento en la capacidad portante del suelo. Asimismo, el resultado inicial que obtuve fue de un 3.3% de capacidad portante del suelo natural (p. 210).

Nos basamos en las siguientes para dar sustento a la presente investigación: **“Mejoramiento de suelos”**. Esto incluye profundizar el suelo debajo de los cimientos o subrasante de “terraplenes” y reemplazarlo en su totalidad o en parte con un material aprobado, formado y compactado, de acuerdo con esta definición, según los lineamientos. Las características, tales como, pendiente y dimensión que indican el supervisor y planos del proyecto (Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013, pp. 214). Para mejorar el suelo también se puede lograr de acuerdo a lo especificado en dicho proyecto, donde se deben considerar los tipos, procesos y condiciones para dicha estabilización de suelos (Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013, pp. 213-214).

Para un mejoramiento que involucra al suelo actual; En caso de que el proyecto precave mejorar con materiales en la inclusión de dichos suelos, o según sea adecuado por el Supervisor, se pueden presentar dos casos, ya sea por estabilización mecánica o por combinaciones resultantes del suelo, para que sean aprobados por la misma persona responsable que representa un rango mayor en una corporación, con la finalidad de ser separados por áreas y centrarse según el procedimiento y planos (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Para mejorar un resultado se debe adicionar un material único; para prevenir la incorporación del material se debe seguir lo indicado en la documentación de dicho proyecto. Asimismo, se presentan dos casos; construir actualmente de manera directa por encima del piso natural o excavación previa a cierta profundidad según indican los planos de dicho proyecto y, asimismo, reemplazarlo por la adición del material (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Primeramente, someter al suelo que se tiene actualmente a limpieza, conformación y compactación para una profundidad de 15 cm específica para la densidad del “terraplén”. una vez preparado el terreno se procederá a la incorporación de dichos materiales para alcanzar la densidad y nivel de la “capa subrasante” exigido por el supervisor. Se deberá airear y humedecer los materiales seleccionados cuya finalidad es llegar a la saturación de la compactación, posteriormente obtener su densidad (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Y como último suceso, se trata en eliminar de todo el suelo existente, que se hará al espesor previsto en el plano o requerido por la autoridad de control. Después de llegar al nivel de zanja tanto para la formación de tierra y compactación, el material se estratifica y compacta hasta alcanzar el nivel deseado (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

Granulometría.

Muestra la división granulométrica del árido tamizado de acuerdo con la especificación (Ministerio de transportes y comunicacion, 2014). La finalidad de la granulometría de suelo es determinar clasificarlos según su tamaño y proporciones de sus componentes individuales (p. 30).

La Plasticidad.

“Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos” (Ministerio de transportes y comunicacion, 2014, p. 31).

Humedad Natural.

Como “Característica importante de los suelos, puesto que la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten” (Ministerio de transportes y comunicacion, 2014, p. 33).

Ensayo CBR.

Es el resultado enfocado en la resistencia de un suelo, que arroja un valor máximo del 95% de su densidad seca y la “penetración de carga de 2.54mm” (p. 35). Debería ser considerado para el diseño del sustrato inferior de la capa subbase (Ministerio de transportes y comunicacion, 2014, p. 35).

El ensayo CBR (Relación de soporte de California), El ensayo de penetración, que compara las propiedades mecánicas del suelo, que suelen ser características de un terreno para determinar su capacidad portante o de soporte como subrasante, subbase y base en el diseño de pavimento y se controla las condiciones de densidad y humedad. En la presente investigación de tesis determinaremos la evaluación del ensayo del CBR mediante criterios del Instituto del Asfalto y la metodología de la AASHTO 93.

Ensayo Proctor Modificado.

Para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) Compactados en un molde de 4 o 6 pulgadas (101,6 o 152.4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de compactación de 56000 pie-lbf/pie³ (2700 kN- m/m³) (Bowles, 2000, p. 1). “El estudio de suelos proporciona la composición de cada uno de los componentes en las capas de profundidad, es decir da a conocer las propiedades y/o características mecánicas y físicas del suelo. Así como las depresiones en la estructura con respecto a la carga que soportara y los tipos de cimentación más coherente con la construcción de la obra” (RICA, 2011). “La humedad óptima y compactación conveniente, son condiciones de los materiales granulares para proporcionar una alta capacidad de soporte a la estructura del pavimento (EP); si esta capacidad de soporte disminuye por deficiencias en el drenaje, lo satura, y por consiguiente su comportamiento es afectado por las cargas vehiculares afectando también a la subrasante (SR); este fenómeno es comprobado con los ensayos de CBR, que concluye: si la compactación adecuado de un material es saturada, cuyo valor de capacidad de soporte es reducido” (AASHTO, 2002).

Subrasante, Los cimientos y la superficie del camino se completan al nivel de la excavación (relleno o corte), en el cual, se extenderán los estratos del paquete estructural de un pavimento. Debe ser capaz de resistir los esfuerzos generadas por el pavimento. Interviene al comportamiento de la vía y protege la estructura cuidando su integridad, aun si la humedad afectara en circunstancias severas. Por lo consiguiente, los materiales que lo constituyen deben ser materiales compatibles, para así alcanzar al menos un 95% en su nivel de compactado. Todo depende del espesor de la estructura de la carpeta asfáltica, ya sea un pavimento flexible o rígido.

Los daños estructurales de las capas superiores a esta, pueden ser graves a la alteración del tamaño del material por debajo de la capa inferior de la subbase a ser obtenida como muestra expansiva; por tal consideración al construirse una vía en suelos de este tipo, hay que tomar las precauciones del caso. Como puede ser la impermeabilización de la estructura, solo así se podrá evitar los cambios o alteraciones de humedad del suelo. La subrasante estipula el comportamiento y la solución estructural de la vía en operación y/o construcción.

Esta capa es esencial en la estructura del pavimento y suele ser constituido por terrenos naturales y/o la sucesión de mejorar, que pueden ser estabilizar por acción mecánica, fisicoquímica con implementación de adiciones; tales como, asfalto, la cal, el cemento, otros; siempre que los valores y condiciones de CBR se encuentre por debajo de los valores aceptables; siendo la resistencia a la deformación y la capacidad portante de los parámetros de la evaluación del CBR. Si la subrasante es inestable presentara dificultades concernientes a la incorporación y proceso de compactado de las características subbase y base perjudicando el resto de los procedimientos del pavimento.

Todo daño producido por la humedad vinculado con el frotado en las vías, produce un fenómeno que avería el rendimiento y durabilidad en los pavimentos; En esta década, ya se han desarrollado diversos estudios a nivel micro y macro, tratando de acertar con las causas fundamentales ocasionadas por la humedad (SUMON ROY, y otros, 2020, pp. 21-28).

“La plasticidad como propiedad, posibilita la deformación sin una reparación elástica considerable y sin desmoronamiento o agrietamiento característico de los suelos. dado que en su contenido hay partículas de arcilla en proporción perceptible” (Denvendra Kumar CHOUDHARY, 2014).

La relación de la alteración vertical en la subrasante y la carga en vertical son producidos por acción de esfuerzos que soporta el paquete estructural asfáltico; es clara evidencia, la deformación impulsada al sobrepasar los valores tolerables se origina el ahuellamiento, esta es una falla más usual en pavimentos flexibles (ARMANDO OROBIO JACKSON, 2015).

Estas deficiencias usualmente no se detectan por hallarse ocultas en la estructura final; sin embargo, logran manifestarse en la vía, posteriormente, cuando se realiza la exposición al medio ambiente y al tráfico.

Las presiones constantes impulsadas por el tráfico en la trayectoria de base y subbase de un pavimento a menudo están en estado de presión tridimensional. Por lo general, los estudios en laboratorio se han generalizado en el comportamiento de las alteraciones que se producen en presión asimétrica los estratos de la base y subbase (ZHIGANG CAO and TINGLING, 2019).

La propiedad de los suelos sufre cambios en el proceso constructivo, estos pueden ser a medida que haya variación por filtración del agua, o densidad, o se fijan dominios medioambientales, es decir, con el tiempo las propiedades de la subrasante sufran alteraciones.

La Arena de Duna se le denominada la mejor fuente del “agregado fino”. Asimismo, lo encontramos en áreas contiguas a la costa o en desiertos. Su morfología de estas dunas son causas determinantes, la vegetación, los obstáculos topográficos y los desechos. El crecimiento de las dunas modifica la superficie primaria. Estos cambios definen la morfología de las dunas.

A lo que concierne las generaciones de la humanidad, distintas mezclas de áridos se han utilizado en el mundo de la construcción para diversos proyectos de ingeniería tales como, puentes, caminos, edificaciones, defensas, etc. Pues este incremento a la actualidad, se ha variado de diversas medidas para satisfacer el desarrollo que demanda la sociedad. Lográndose cierto conocimiento técnico que ha proporcionado valores para una normativa de los procesos de extracción y su aplicación en las obras. Por lo consiguiente, arena de duna y /o arena y gravas deben procesarse y distinguirse, formalizándose con especificaciones técnicas asociadas a cada servicio. Pues sin los áridos la construcción de autopistas, aeropuertos, carreteras, hospitales, calles, etc. no serían posible. Los áridos son la materia prima primordial utilizada por el humano después del agua. Se trate de una autopista, vía férrea o aeropuerto, los métodos constructivos demandan cantidades colosales de áridos. Los cimientos de las edificaciones, El balasto para las vías férreas las distintas capas (ligadas o no ligadas), que forman las carreteras son primordialmente áridos (César Luaces, 2010). ASTM C33 permite el uso de arena fuera de los límites de clasificación recomendados, siempre que un agregado similar de la misma fuente tenga un historial de rendimiento demostrado (Mark Alexander Sidney, 2010 p. 102).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo Aplicada, Porque se tratará de utilizar los conocimientos adquiridos, y se aprenderá nuevos conocimientos luego de la implementación y sistematización del proceso de investigación. Dicho trabajo de tesis está relacionado con la innovación tecnológica y científica (Murillo, 2008, p. 159).

3.1.1 Diseño de investigación

Será de Investigación Cuantitativa responde al de una investigación experimental pura, sobre la investigación del comportamiento se distinguen dos formas que llegan a realizar diseño experimental, tales como, campo y laboratorio. contextos en los que llega a tomar lugar un diseño experimental: laboratorio y campo.

“Los primeros se realizan bajo condiciones controladas, en las cuales el efecto de las fuentes de invalidación interna es eliminado, así como el de otras posibles variables independientes que no son manipuladas o no interesan” (Sampieri Fernández y Baptista, 2006 p. 141).

Diseño con posprueba únicamente y grupo de control, este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza sólo dos niveles: presencia y ausencia. Cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se les administra una medición sobre la variable dependiente en estudio.

El diseño puede diagramarse de la siguiente manera (Fernandez Collado Hernandez Sampieri, 1997, pág. 136):

| | | |
|-----------------|------------|----------------|
| RG ₁ | <u>0%</u> | O ₁ |
| RG ₂ | <u>10%</u> | O ₂ |
| RG ₃ | <u>20%</u> | O ₃ |
| RG ₄ | <u>30%</u> | O ₄ |
| RG ₅ | <u>40%</u> | O ₅ |
| RG ₆ | <u>50%</u> | O ₆ |
| RG | <u>60%</u> | O ₇ |

El diseño se realiza el diagrama de la siguiente manera:

Dónde:

RG₁: Grupo de Control..... Suelo arcilloso sin arena de duna

RG₂: Grupo Experimental..... Suelo arcilloso con 10 % de arena de duna

RG₃: Grupo Experimental..... Suelo arcilloso con 20 % de arena de duna

RG₄: Grupo Experimental..... Suelo arcilloso con 30 % de arena de duna

RG₅: Grupo Experimental..... Suelo arcilloso con 40 % de arena de duna

RG₆: Grupo Experimental..... Suelo arcilloso con 50 % de arena de duna

RG₇: Grupo Experimental..... Suelo arcilloso con 60 % de arena de duna

O: Medición de la Resistencia y deformación del suelo (Wiersma, y otros, 2008)

3.2. Variables y Operacionalización

3.2.1 Variables

Variable “Independiente”: Arena de duna.

Variable “Dependiente”: Estabilización de suelos arcillosos

3.2.2 Operacionalización

En el ábaco N° 30, que la matriz de operacionalización de las variables en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

La población en estudio se conforma por los anexos Los Pocitos y Nueva Esperanza de Sechura, Piura.

3.3.2 Muestra

La muestra son 0.7 Km de estudio del tramo de la carretera Los Pocitos Nueva Esperanza es a través de ensayos de laboratorio y calicatas correspondientes al estudio de la carretera en el desierto de Sechura.

3.3.3 Muestreo

Según la información obtenida de los autores Sampieri, Collado, Lucio, Kinnear y Taylor; en la presente tesis es de forma probabilística por Racimos Dado que los artículos se muestrean por unidad geográfica, por conveniencia también consideramos la incertidumbre del muestreo. Ya que el elemento se ha elegido debido a su fácil disposición, se elige de acuerdo con la conveniencia del investigador, en este caso nosotros los investigadores.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.4.1 Técnicas e Instrumentos

(Hernández, 2014). Para iniciar la estabilización de suelos en una carretera, se debe cumplir con ciertos requisitos mínimos, pueden ser:

Reconocimiento del lugar, observación no experimental, para localizar el material propio de las zonas de donde se extraerán utilizando un fichaje, además de fotografías.

Estudios Generales de Ingeniería: “Estudio de mecánica de suelos”.

Hojas de Control, para recolectar información de los diferentes estudios antes mencionados.

Procesamiento de “datos y análisis de información”, haber recolectado los datos en campo, se procesó dicha información en gabinete.

Asimismo, “**instrumentos de recolección de datos**” se ha realizado en la presente investigación aplicando la “**técnica**” en el área de estudio.

3.4.2 Validez y Confiabilidad:

La presente indagación consideramos como aspecto importante la información obtenida en campo, como los apuntes de calicatas para su posterior estudio en laboratorio; dependiendo de la confianza y validez de nuestro análisis (BERNAL, 2010 p. 191).

Para la validez se han tomado en cuenta los siguientes contenidos; la “matriz de consistencia, objetivos, variables e instrumentos” definidos, el criterio de correlación de datos y finalmente la prueba y sustentación de correlación (Hernández, 2006, p. 277).

La confiabilidad se sustenta con los resultados de las pruebas equivalentes que arrojan los instrumentos, para mayor exactitud de medición deberán repetir dos a tres veces para minimizar el error en los resultados (MONJE, A., 2011, p. 165).

3.5 Procedimiento

El procedimiento se realizó como sigue:

3.5.1. Reconocimiento del tipo de suelo a estabilizar.

Se realizó el reconocimiento o identificación de tipo de suelo a estabilizar, en el siguiente orden:

3.5.1.1. Selección de la muestra de suelo a estabilizar.

Se hizo una jornada de búsqueda y/o recolección de material; siendo el procedimiento de extracción, como sigue:

- Se ubicó la coordenada en el punto de toma de muestra. UTM – PSAD 84: 564682 / 9336782
- Se hizo una limpieza para eliminar el material contaminado en un área de 1m x 1m.
- Se hizo la calicata de 1.50 m de profundidad extrayéndose así el material para estudio posterior en laboratorio, conociendo también el perfil estratigráfico del terreno.

3.5.1.2. Elaboración de muestras y ensayos de laboratorio

En la siguiente tabla identificamos los ensayos realizados en laboratorio:

Tabla 1. *Ensayos de Laboratorio y Normas*

| NOMBRE DE ENSAYO | NORMAS |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Ensayos granulométricos por Tamizado | ASTM D- 422, MTC E 107 |
| Limite líquido | ASTME D-4318, MTC E 110 |
| Limite plástico | ASTM D-4318, MTC E 111 |
| Contenido de humedad | ASTM D-2216, MTC E 108 |
| Clasificación SUCS | ASTM D-2487 |
| Clasificación AASHTO | ASTM D-145 |
| California Bearing Ratio | ASTM D-1883, MTC E 132 |
| Proctor modificado | ASTM D-1557, MTCE-115 |

Fuente: Manual de Carreteras

Descripción de la muestra de ensayo:

Según el ensayo realizado obtenemos como características físicas que corresponde a un suelo arena arcillosa con grava, color gris.

La descripción de la muestra constituye: según la normativa ASTM D-2216, la humedad obtenida es de un 6.5%. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 92% y 37% respectivamente indicado en la norma ASTM D-422. Según la interpretación de la tabla del SUCS obtenemos un resultado SC.

Límites en consistencia.

Tabla 2. *Límites de consistencia de muestra – suelo arcilloso*

| Constantes físicas de la muestra | |
|---|------|
| Limite líquido | 37.6 |
| Limite Plástico | 23.9 |
| Índice de plasticidad | 13.7 |

Fuente: elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 3. Datos del Proctor

Tabla 3. Datos del Proctor modificado de muestra – suelo arcilloso

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad seca 100% | 1.818 | Gr/cm ³ |
| Optima humedad | 15.8 | % |
| Densidad seca 95% | 1.727 | Gr/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura 29 muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El óptimo contenido de humedad es de 15.8% y pudo lograrse un peso unitario seco máximo de 1.818 gr/cm³

3.5.2. Reconocimiento del tipo del aditivo estabilizador de suelo.

Se realizo el reconocimiento o identificación de tipo del aditivo estabilizador, en el siguiente orden:

3.5.2.1. Selección del aditivo estabilizador de suelo

Se hizo una jornada de búsqueda y/o recolección de material; siendo el procedimiento de extracción, como sigue:

Se ubico la coordenada en el punto de toma de muestra. UTM – PSD84: 573530 / 9340165´

Se hizo una limpieza para eliminar el material contaminado en un área de 1m x 1m. Se hizo la calicata de 1.50 m de profundidad extrayéndose así el material para estudio posterior en laboratorio, conociendo también el perfil estratigráfico del terreno.

3.5.2.2. Elaboración y ensayos de laboratorio

En la tabla N° 04 se identifican los ensayos realizados en laboratorio

Descripción de la muestra de ensayo:

Las características físicas de la muestra de ensayo; corresponde a un suelo arena pobremente gradada, color gris.

La descripción de la muestra constituye: según reglamento ASTM D-2216, obtenemos su humedad de 0.5%. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 100% y 0% respectivamente según ASTM D-422. Según el SUCS, interpretamos y elegimos nombramos un SP.

Relación de soporte de califonia (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N°. 4.

La máxima densidad seca corresponde al resultado 1.628 g/cm³.

El “contenido de humedad” corresponde al valor 12.9 %.

Por lo consiguiente La figura 30 muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El contenido óptimo de saturación es 12.9% y pudo lograrse con peso unitario seco máximo de 1.6288 gr/cm³.

3.5.3. Proceso de selección de la muestra óptima para estabilización.

Se realizo el proceso a la selección de la muestra optima de estabilización, en el siguiente orden:

3.5.3.1. Determinación de la aplicación.

Para poder evaluar adecuadamente nuestros objetivos se realizaron diferentes ensayos (ver Tabla N.º 04), los cuales fueron realizados en estratos del terreno de arcilla con la inclusión arena de duna en porcentajes 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70%, a la mezcla total.

La tabla N° 04 muestra el porcentaje de cada material que se han usado para la mezcla. Asimismo, han sido elaboradas para los sustratos de terreno no solo arcillosos, sino que también arena de duna. No obstante, se ha considerado los parámetros establecidos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014).

Tabla 4. Porcentaje de material utilizadas en mezclas

| ITEM | MUES TRA | MEZCLA | | Descripción – Ensayos | | | | Sub total de Ensayo s |
|------|-------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| | | SUELO ARCILLOSO | ARENA DE DUNA | Granulo metría | Límites de Atterberg | Proc Tor | C B R | |
| 01 | 01 | 90 % | 10% | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 02 | 01 | 80% | 20% | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 03 | 01 | 70% | 30% | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 04 | 01 | 60% | 40% | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-------------------------|-----|---|---|---|---|-----------|
| 05 | 01 | 50% | 50% | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 06 | 01 | 40% | 60% | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 07 | 01 | 30% | 70% | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Total de Muestras | 07 | Total de ensayos | | | | | | 28 |

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2. Descripción de la elaboración de las muestras de mezclas.

En consecuencia, se construyeron 07 muestras de mezcla de material de suelo en diferentes proporciones (suelo arcilloso y arena de duna). Por lo consiguiente se realizaron 28 ensayos de dichas muestras en los cuales obtenemos diferentes resultados (característicos para los objetivos en este estudio experimental) se presentan a continuación:

Muestra de ensayo: 90% SM 10% SP

Las características físicas de la mezcla de los materiales en esta muestra de ensayo; corresponde a un suelo arena arcillosa con grava, color gris.

La descripción de la muestra constituye: Según la norma ASTM D-2216, Su humedad es 4.5%. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 91.3% y 27% respectivamente según norma ASTM D-422. Según el SUCS obtenemos y deducimos el nombre de SC.

Límites en consistencia.

Tabla 5. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 90% SM -10% SP

| Constantes físicas de la muestra | |
|---|------|
| Límite líquido | 34.1 |
| Límite Plástico | 22.9 |
| Índice de plasticidad | 11.2 |

Fuente: Elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 6. Datos del Proctor

Tabla 6. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 90% SM -10%

| | | |
|--------------------|-------|--------|
| Densidad seca 100% | 1.762 | Gr/cm3 |
| Optima humedad | 14.2 | % |
| Densidad seca 95% | 1.674 | Gr/cm3 |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura 31 muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El contenido óptimo de humedad es 14.2%, asimismo, pudo lograrse con peso unitario seco máximo de 1.762 gr/cm3.

Muestra de ensayo: 80% SM 20% SP

Ensayo; corresponde a un suelo arena limosa con grava, color gris. La descripción de la muestra constituye: según la norma ASTM D-2216, la humedad que se obtuvo es 3.4%. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 88.7% y 22.7% respectivamente según norma ASTM D-422. Según el SUCS, obtuvimos y deducimos un nombre de SM.

Límites de consistencia.

Tabla 7. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 80% SM -20% SP

| Constantes físicas de la muestra | |
|----------------------------------|------|
| Límite líquido | 33.4 |
| Límite Plástico | 23.6 |
| Índice de plasticidad | 9.7 |

Fuente: Elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 8. Datos del Proctor

Tabla 8. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 80% SM 20% SP

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad seca 100% | 1.805 | Gr/cm ³ |
| Optima humedad | 13.6 | % |
| Densidad seca 95% | 1.715 | Gr/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura 36, muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El contenido óptimo de humedad es 13.6 %, asimismo, pudo lograrse un peso unitario seco máximo de 1.805 gr/cm³.

Muestra de ensayo: 70% SM 30% SP

Las características físicas de la mezcla de los materiales en esta muestra de ensayo; corresponde a un suelo arena limosa, color gris.

La descripción de la muestra constituye: según la norma ASTM D-2216, la humedad obtenido es 5.0%. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 97.3% y 21.6% respectivamente según la norma ASTM D-422. Según el SUCS, obtuvimos y deducimos el nombre de SM.

Tabla 9. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 70% SM -30% SP de consistencia.

| Constantes físicas de la muestra | |
|----------------------------------|------|
| Límite líquido | 31.3 |
| Límite Plástico | 24.2 |
| Índice de plasticidad | 7.0 |

Fuente: Elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 10. Datos del Proctor

Tabla 10. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 70% SM 30% SP

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad seca 100% | 1.852 | Gr/cm ³ |
| Optima humedad | 13.1 | % |
| Densidad seca 95% | 1.759 | Gr/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura 41, muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El contenido óptimo de humedad es 13.1%, asimismo, pudo lograrse un peso unitario seco máximo de 1.852 gr/cm³.

Muestra de ensayo: 60% SM 40% SP

Ensayo; corresponde a un suelo arena limosa, color gris claro

La descripción de la muestra constituye: según la normativa ASTM D-2216, la humedad es 5.0%. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 96.3% y 19.7% respectivamente según la norma ASTM D-422. Según el SUCS, obtuvimos y deducimos el nombre de SM.

Límites de consistencia.

Tabla 11. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 60% SM -40% SP

| Constantes físicas de la muestra | |
|----------------------------------|------|
| Límite líquido | 29.3 |
| Límite Plástico | 24.0 |
| Índice de plasticidad | 5.3 |

Fuente: Elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 12. Datos del Proctor

Tabla 12. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 60% SM 40% SP

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad seca 100% | 1.871 | Gr/cm ³ |
| Optima humedad | 12.3 | % |
| Densidad seca 95% | 1.777 | Gr/cm ³ |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura 46, muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El contenido óptimo de humedad es 12.3%, asimismo, pudo lograrse un peso unitario seco máximo de 1.777 gr/cm³.

Muestra de ensayo: 50% SM 50% SP

Las características físicas de la mezcla de los materiales en esta muestra de ensayo; corresponde a un suelo arena limo arcillosa, color gris claro.

La descripción de la muestra constituye: según la normativa ASTM D-2216, la humedad es 4.3%. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 96.5% y 16.8% respectivamente según norma ASTM D-422. Según el SUCS, obtuvimos y deducimos lo nombres SC y SM.

Límites de consistencia.

Tabla 13. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 50% SM -50% SP

| Constantes físicas de la muestra | |
|----------------------------------|------|
| Límite líquido | 25.2 |
| Límite Plástico | 21.2 |
| Índice de plasticidad | 4.0 |

Fuente: Elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 14. Datos del Proctor

Tabla 14. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 50% SM 50% SP

| | | |
|--------------------|-------|--------|
| Densidad seca 100% | 1.699 | Gr/cm3 |
| Optima humedad | 13.6 | % |
| Densidad seca 95% | 1.614 | Gr/cm3 |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura 51, muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El contenido óptimo de humedad es 13.6%, asimismo, pudo lograrse un peso unitario seco máximo de 1.699 gr/cm3.

Muestra de ensayo: 40% SM 60% SP

Las características físicas de la mezcla de los materiales en esta muestra de ensayo; corresponde a un suelo arena limosa, color gris claro.

La descripción de la muestra constituye: según su norma ASTM D-2216, la humedad es 4.5 %. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 96.7% y 13.1% respectivamente según normativa ASTM D-422. Según el SUCS obtuvimos y deducimos el nombre de SM (Ver Tabla N°4)

Límites de consistencia.

Tabla 15. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 40% SM -60% SP

| Constantes físicas de la muestra | |
|----------------------------------|------|
| Límite líquido | 21.3 |
| Límite Plástico | 18.2 |
| Índice de plasticidad | 3.1 |

Fuente: Elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 16. Datos del Proctor

Tabla 16. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 40% SM 60% SP

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad seca 100% | 1.671 | Gr/cm ³ |
| Optima humedad | 13.0 | % |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura 56, muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla. El contenido óptimo de humedad es 13.0%, asimismo, pudo lograrse un peso unitario seco máximo de 1.671 gr/cm³.

Muestra de ensayo: 30% SM 70% SP

Las características físicas de la mezcla de los materiales en esta muestra de ensayo; corresponde a un suelo arena pobremente gradada con limo, color gris claro.

La descripción de la muestra constituye: según la norma ASTM D-2216, la humedad es 3.4 %. Los tamices N.º 4 y N.º 200 corresponde al 97.8% y 11.0% respectivamente según normativa ASTM D-422. Según el SUCS, obtuvimos y deducimos con el nombre de SP y SM (Ver Tabla N°4).

Límites de consistencia.

Tabla 17. Límites de Atterberg de muestra de ensayo 30% SM -70% SP

| Constantes físicas de la muestra | |
|----------------------------------|------|
| Límite líquido | N.P. |
| Límite Plástico | N.P. |
| Índice de plasticidad | N.P. |

Fuente: Elaboración propia

Relación de soporte de california (CBR)

Según Bowles (2006), la evaluación de resistencia para la mezcla realizado mediante ensayos de Proctor modificado para obtener la humedad optima se indican en la tabla N° 18. Datos del Proctor

Tabla 18. Datos del Proctor modificado de muestra de ensayo 30% SM 70% SP

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad seca 100% | 1.652 | Gr/cm ³ |
| Optima humedad | 12.5 | % |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente La figura muestra los resultados obtenidos con respecto a la mezcla.

El contenido óptimo de humedad es 12.5%, asimismo pudo lograrse un peso unitario seco máximo de 1.652 gr/cm³.

Después de realizar todos los ensayos de las muestras, construimos el siguiente cuadro de comparación de resultados.

Tabla 19. Comparación de resultados de diferentes muestras.

| MUESTRAS | ENSAYOS | GRANULOMETRIA | | | Límites de Atterberg | | | Proctor | | CBR |
|----------|--------------------------|----------------|---------------|-----------|----------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|---------|
| | PORCENTAJE | CLASIF. AASHTO | CLASIF. SUCCS | % HUMEDAD | Limite liquido | Limite plástico | Índice de plasticidad | Máxima densidad seca | Optimo contenido de humedad | General |
| | 90% SM 10% SP | A-26 | SC | 4.50% | 34.1 | 22.1 | 11.2 | 1.762 | 14.2 | 14 |
| | 80% SM 20% SP | A-24 | SM | 3.40% | 33.4 | 23.6 | 9.7 | 1.805 | 13.6 | 16.2 |
| | 70% SM 30% SP | A-24 | SM | 5.20% | 31.3 | 24.2 | 7 | 1.852 | 13.1 | 14.4 |
| | 60% SM 40% SP | A-24 | SM | 5.00% | 29.3 | 24 | 5.3 | 1.871 | 12.3 | 18 |
| | 50% SM 50% SP | A-24 | SC - SM | 4.30% | 25.2 | 21.2 | 4 | 1.699 | 13.6 | 15 |
| | 40% SM 60% SP | A-24 | SM | 4.50% | 21.3 | 18.2 | 3.1 | 1.671 | 13 | -- |
| | 30% SM 70% SP | A-24 | SP- SM | 3.4% | N.P. | N.P. | N.P. | 1.652 | 12.5 | _ |

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Verificación al cumplimiento de condiciones y/o requisitos.

Tal como lo estipula el manual de carreteras:

Se considera, material apto para estabilizar a suelos de subrasante con un CBR < a 6%, considerando que el suelo arcilloso, muestra de esta investigación tiene un CBR de 5.9%, realizándose una estabilización por combinación, el mismo que producirá el mejoramiento de características del terreno, tal como es la resistencia (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014).

El IP del suelo arcilloso, objeto de investigación; es de 13.7 % ubicándolo en el parámetro “7 < IP ≤ 20”, identificándolo con un límite plástico medio y de propiedad estrato arcilloso. (ver tabla N. 20).

Tabla 20. Clasificación de suelos según índice de plasticidad.

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

Fuente: Manual de Carreteras

Para evaluar y/o reconocer la calidad del suelo, producto de la mezcla y que asegure el uso en subrasante; encontramos el índice de grupos (según manual de carreteras y que es normado por AASHTO), utilizamos la siguiente formula: **IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)**

Siendo: a = F-35 (F = fracción de porcentaje que pasa el tamiz N° 200 – 74 micras).

b= F-15 (F = fracción de porcentaje que pasa el tamiz N° 200 – 74 micras).

c = LL – 40 (LL = Limite liquido) d= IP-10 (IP = Índice plástico).

Como resultado al desarrollo de esta ecuación empírica es: -24.15. Al considerar lo que estipula el manual de carreteras que, si al calcular el IG resulta negativo, se indica como cero.

Además, la AASHTO, también indica que los materiales ubicados en los grupos A-1-a, A-1-b, A2-4, A-2-5 y A-3, son adecuados para uso de subrasante. Nuestra mezcla encontrada como óptima para la estabilización es 60% de suelo arcilloso y 40% de arena de duna corresponde al grupo de A-2-4 (0).

Tabla 21. Clasificación de suelos, según índice de grupo

| INDICE DE GRUPO | SUELO DE SUBRASANTE |
|---------------------|---------------------|
| IG > 9 | Inadecuado |
| IG esta entre 4 a 9 | Insuficiente |
| IG esta entre 2 a 4 | Regular |
| IG esta entre 1 - 2 | Bueno |
| IG esta entre 0 - 1 | Muy Bueno |

Fuente: Manual de carreteras

Eso significa que el suelo, producto de la mezcla 60% de suelo arcilloso y 40% de arena de duna es muy bueno.

3.6. Método de Análisis de Datos

3.6.1 Método de Análisis Cualitativo

Durante el desarrollo del proyecto de investigación, se acudió al análisis de documentos, para recopilar la información de acuerdo con la normatividad vigente y establecidas por las entidades pertinentes, ya sea AASHTO, MTC, RNE, entre otros. La observación; recojo de muestra in situ, en este proceso se define el perfil topográfico y estratigráfico del subsuelo y caracterización de los parámetros geomecánicas a fin de precisar las recomendaciones para elaboración de nuestro proyecto. (HERNÁNDEZ S. Roberto, 2006 p. 96)

3.6.2 Método de Análisis Cuantitativo

Análisis de granulometría por tamizado en laboratorio de mecánica de suelos, habiéndose transportado el espécimen desde el terreno en estudio al laboratorio se realiza el respectivo protocolo del tamizado, y poder establecer las cualidades del sustrato y clasificarlo de acuerdo a los límites de Atterberg, Sucs y Aashto respectivamente; siendo este último el órgano internacional que dispone de normativas, especificaciones, guías y protocolos de diseño y construcción de autopistas. Se considera también los planos topográficos que se realizan por medio de programas de software, para calcular volúmenes de corte y relleno. (Hernández, 2006, p. 97).

3.7 Aspectos éticos

En el transcurso que se ha realizado el proyecto de investigación, los investigadores se comprometieron a demostrar los siguientes aspectos éticos: Responsabilidad, calidad de Investigación, evaluación de Riesgos y técnicas de diseño. Honestidad y Transparencia, respeto a la veracidad de la información bibliográfica obtenida y a la recolección de datos en campo.

Respeto por las personas, se ha cumplido con registrar a los autores examinados cuyos conocimientos textuales han sido citados y también los conocimientos empíricos de las personas que nos los transmitieron. Confidencialidad, salvaguardar la identidad de las personas que brindaron información. Integridad, prevención del plagio. (Bernal, 2010 p. 27).

IV. RESULTADOS

Esta tesis tiene por título “Efecto de arena de duna en la estabilización de suelo arcillosos en Carretera, Sechura, Piura”.

4.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

| | |
|--------------|---------------------------------|
| Región | : Piura |
| Departamento | : Piura |
| Provincia | : Sechura |
| Tramo | : Nueva Esperanza – Los Pocitos |

La presente tesis tiene por objetivo; Determinar el efecto de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% de la carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura.

4.2. Descripción de resultados de muestras de ensayos, % SM + % SP

Al conocer el producto del procedimiento desarrollado en el capítulo III, sección 3.5. en la presente tesis, identificamos la muestra optima que cumple con los parámetros estipulados por las normativas vigentes, para ser utilizada como material en subrasante.

A continuación, se muestra en la tabla una comparación de los estratos obtenidos de las diferentes muestras.

Tabla 22. *Comparación de resultados de diferentes muestras.*

| MUESTRAS | ENSAYOS | GRANULOMETRIA | | | Límites de Atterberg | | | Proctor | CBR | |
|---------------|------------------|----------------|---------------|-----------|----------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|---------|
| | PORCENTAJE | CLASIF. AASHTO | CLASIF. SUCCS | % HUMEDAD | Limite liquido | Limite plástico | Índice de plasticidad | Máxima densidad seca | Optimo contenido de humedad | General |
| M- Patrón | 100% | SC | A-6(1) | 6.5% | 37.6 | 23.9 | 13.7 | 1.818 | 15.8 | 5.9 |
| M_Incorporat. | 100% | SP | A-3(0) | 0.5% | N.P. | N.P. | N.P. | 1.628 | 12.9 | - |
| M-01 | 90% SM 10% SP | A-2-6(0) | SC | 4.50% | 34.1 | 22.1 | 11.2 | 1.762 | 14.2 | 14 |
| M-02 | 80% SM 20% SP | A-2-4(0) | SM | 3.40% | 33.4 | 23.6 | 9.7 | 1.805 | 13.6 | 16.2 |
| M-03 | 70% SM 30% SP | A-2-4(0) | SM | 5.20% | 31.3 | 24.2 | 7 | 1.852 | 13.1 | 14.4 |
| M-04 | 60% SM 40% SP | A-2-4(0) | SM | 5.00% | 29.3 | 24 | 5.3 | 1.871 | 12.3 | 18 |
| M-05 | 50% SM 50% SP | A-2-4(0) | SC - SM | 4.30% | 25.2 | 21.2 | 4 | 1.699 | 13.6 | 15 |
| M-06 | 40% SM 60% SP | A-2-4(0) | SM | 4.50% | 21.3 | 18.2 | 3.1 | 1.671 | 13 | -- |
| M-07 | 30% SM 70% SP | A-2-4(0) | SP-SM | 3.4% | N.P. | N.P. | N.P. | 1.652 | 12.5 | _ |

Fuente: Elaboración Propia

Granulometría de ensayos: % SM + % SP

Se realizó el ensayo granulométrico (NTP 339. 132, 2014); por tamices ASTM – Norma (MTC E 104-2000), encontrando los siguientes resultados. (ver anexo 03).

Tabla 23. Granulometría. % que pasa malla N° 200 – Muestras de ensayo

| MUESTRA | Descripción | Tamices ASTM – Malla N° 200 | | Requisito Estandarizada |
|---------|-------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| | | Pasa (%) | Retiene (%) | |
| M – 01 | SC 90% + 10% de adición de SP | 27.0 | 73.0 | |
| M – 02 | SC 80% + 20% de adición de SP | 22.7 | 77.3 | |

| | | | | |
|--------|-------------------------------|------|------|---|
| M – 03 | SC 70% + 30% de adición de SP | 21.6 | 78.4 | ASTM 422 - NTP 339.132 – 2014 No pasar más 50 % de finos para considerarse como limoso |
| M – 04 | SC 60% + 40% de adición de SP | 19.7 | 80.3 | |
| M – 05 | SC 50% + 50% de adición de SP | 16.8 | 83.2 | |
| M – 06 | SC 40% + 60% de adición de SP | 13.1 | 86.9 | |
| M – 07 | SC 30% + 70% de adición de SP | 11.0 | 89.0 | |

Fuente: Elaboración Propia

- Límite de Atterberg de ensayos: % SM + % SP

Se determinaron el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, sus resultados son de mucha importancia ya que así se podrá determinar la calidad del suelo para ser utilizado en una subrasante. En la siguiente tabla describimos el Índice de plasticidad; MTC E-108, MTC 111, encontrando los siguientes resultados. (ver anexo 03).

Tabla 24. Límite de Atterberg ASTM 4318 – Índice de Plasticidad

| MUESTRA | Descripción | Índice Plástico (%) | Contenido de Humedad (%) | Requisito Estandarizada |
|---------|-------------------------------|---------------------|--------------------------|---|
| M – 01 | SC 90% + 10% de adición de SP | 11.2 | 4.5 | Manual de Carreteras-2014. Un suelo de acuerdo a su magnitud que |
| M – 02 | SC 80% + 20% de adición de SP | 9.7 | 3.4 | |
| M – 03 | SC 70% + 30% de adición de SP | 7.0 | 5.0 | |
| M – 04 | SC 60% + 40% de adición de SP | 5.3 | 5.0 | |

| | | | | |
|--------|----------------------------------|------|-----|--|
| M – 05 | SC 50% + 50% de adición de SP | 4.0 | 4.3 | contenga arcilla es riesgoso en suelo de subrasante |
| M – 06 | SC 40% + 60% de adición de SP | 3.1 | 4.5 | |
| M – 07 | SC 30% + 70% de adición de SP | N.P. | 3.4 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. Clasificación de suelos según Índice de plasticidad.

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

Fuente: Manual de Carreteras

Por lo consiguiente, identificamos a la muestra M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP, que cumple con los requisitos estandarizados para ser utilizada como material de subrasante en el diseño de una carretera, obteniendo un índice plástico de 5.3 % el cual lo identifica como un suelo de tipo “Poco arcilloso y plasticidad baja”; muestra más favorable en comparación a las otras muestras.

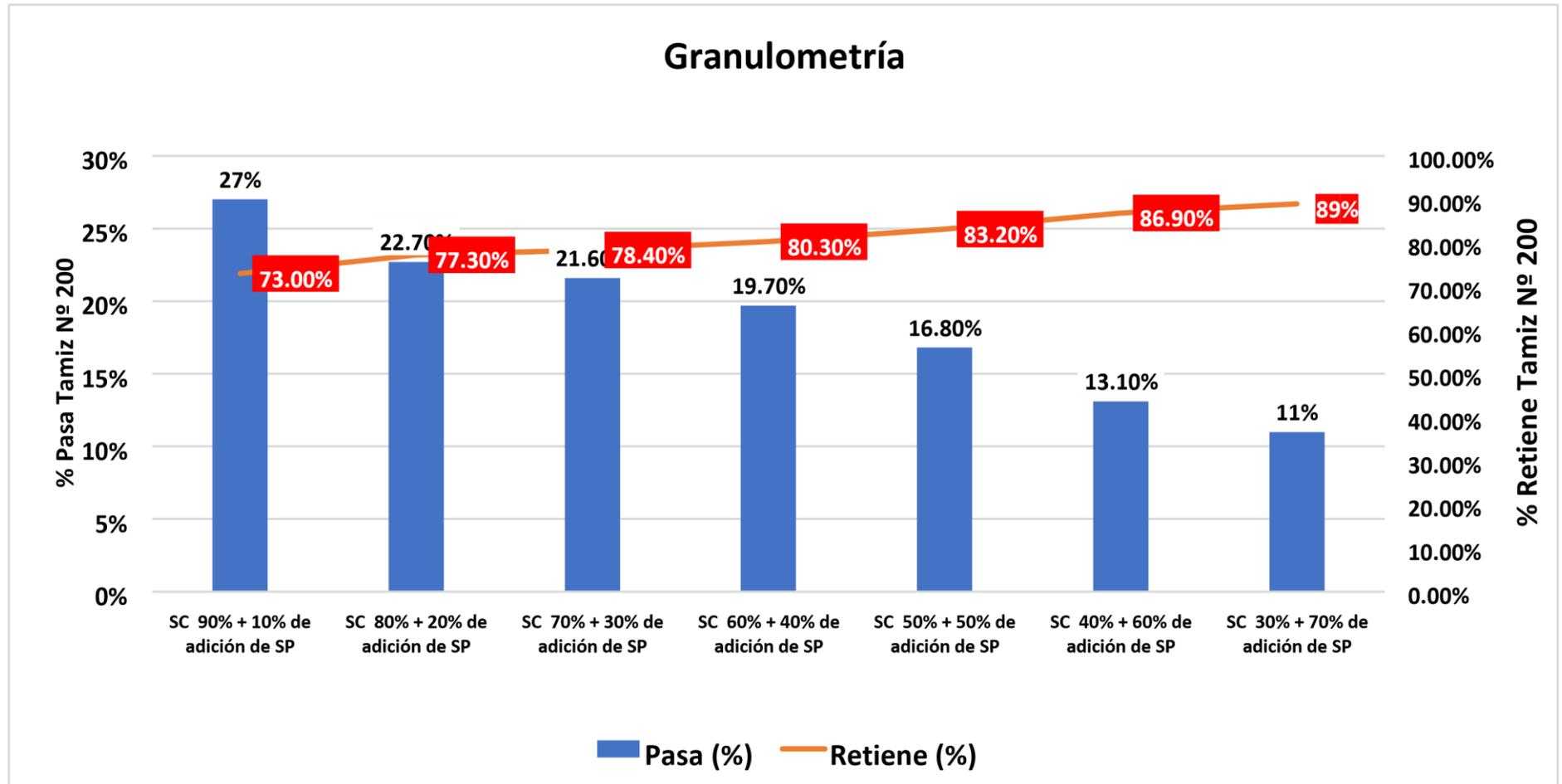


Figura 1. Granulometría. % que pasa malla Nº 200 Muestras de ensayo

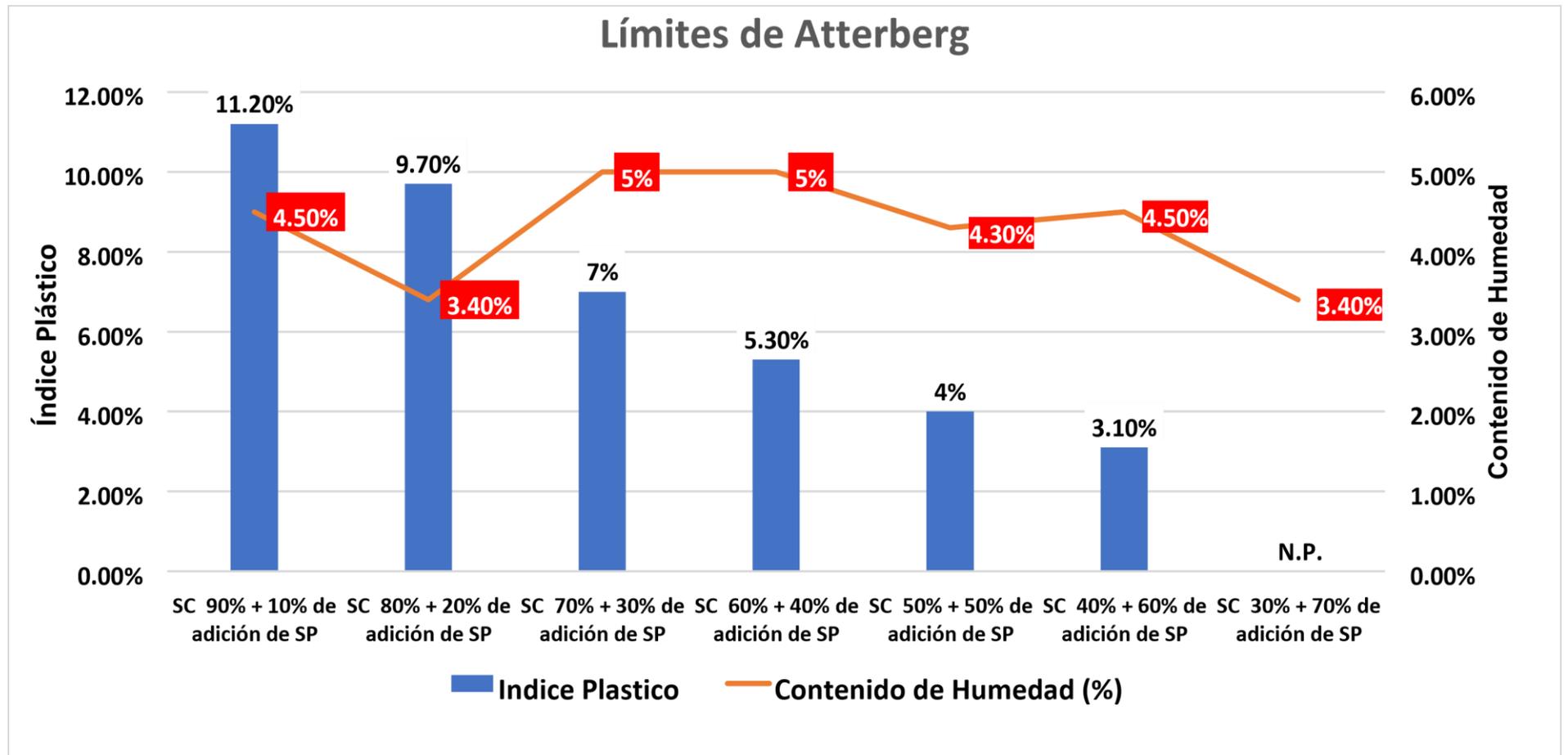


Figura 2. Límite de Atterberg ASTM 4318 – Índice de Plasticidad

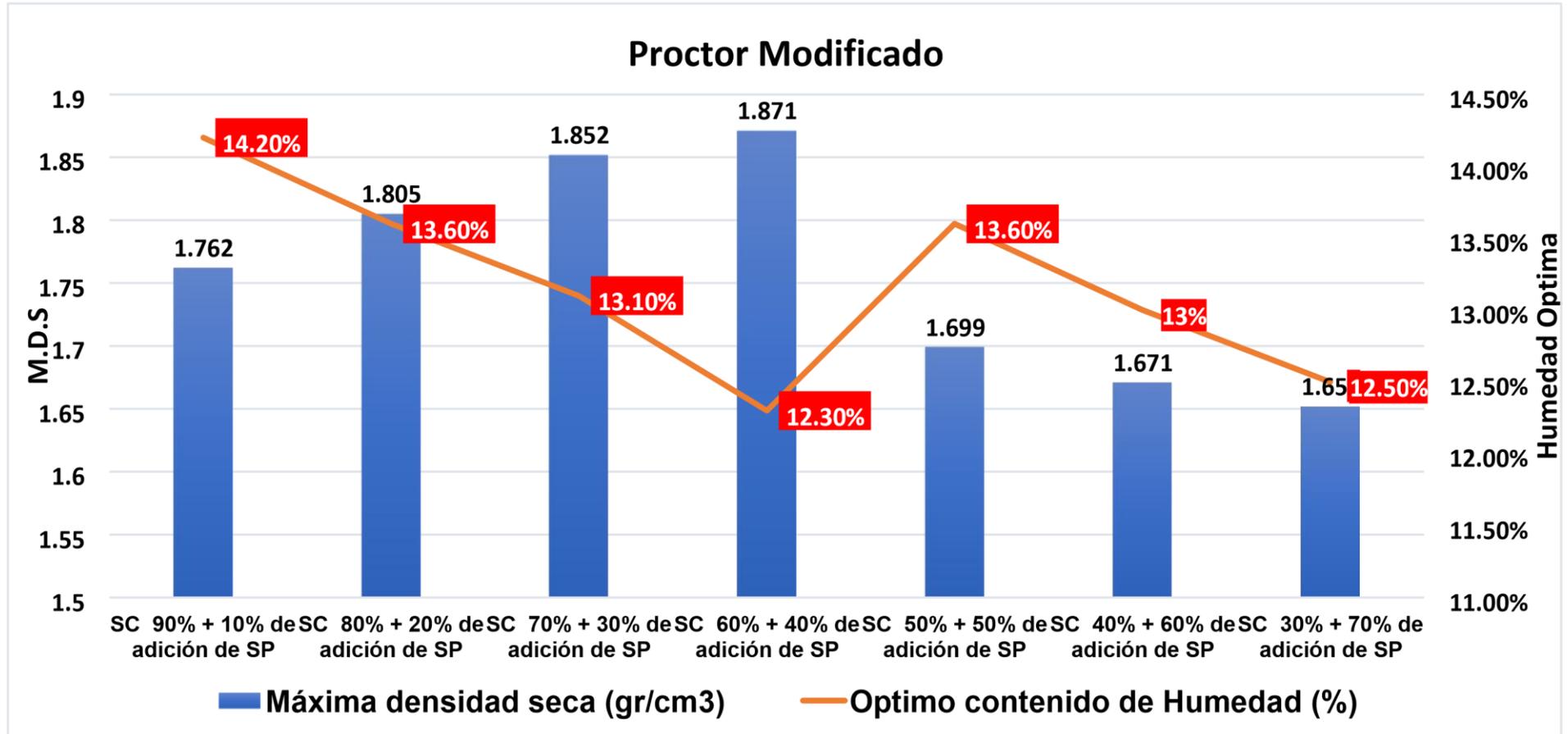


Figura 3. Compactación – Ensayo Proctor modificado

Proctor Modificado de ensayos: % SM + % SP

Para este ensayo consideramos el método "A", determinándose el contenido de humedad en relación a su máxima densidad seca. ASTM D1557.

Determinándose la curva de compactación (ver anexo 03)

Tabla 26. Compactación – Ensayo Proctor modificado

| MUESTRA | Descripción | Humedad Optima | M.D.S. (grs/cm3) |
|----------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| M – 01 | SC 90% + 10% de adición de SP | 14.2 | 1.762 |
| M – 02 | SC 80% + 20% de adición de SP | 13.6 | 1.805 |
| M – 03 | SC 70% + 30% de adición de SP | 13.1 | 1.852 |
| M – 04 | SC 60% + 40% de adición de SP | 12.3 | 1.871 |
| M – 05 | SC 50% + 50% de adición de SP | 13.6 | 1.699 |
| M – 06 | SC 40% + 60% de adición de SP | 13.0 | 1.671 |
| M – 07 | SC 30% + 70% de adición de SP | 12.5 | 1.652 |

Fuente: Elaboración propia

CBR de ensayos: % SM + % SP

El resultado de este ensayo es de gran importancia, pues nos determinó la capacidad portante del suelo, de ella depende si es utilizada o no como suelo en subrasante al diseñar una vía. ASTM D 1883 C-1 M-01(0.00- 1.50) (ver anexo 03)

Tabla 27. CBR al 95% y al 100% - Penetración 0.1"

| MUESTRA | Descripción | CBR Penetración 0.1" | |
|----------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | | CBR al 95% | CBR al 100% |
| M – 01 | SC 90% + 10% de adición de SP | 14.0 | 21.0 |
| M – 02 | SC 80% + 20% de adición de SP | 14.4 | 21.0 |
| M – 03 | SC 70% + 30% de adición de SP | 16.2 | 29.5 |
| M – 04 | SC 60% + 40% de adición de SP | 18 | 33.0 |
| M – 05 | SC 50% + 50% de adición de SP | 15.0 | 24.0 |

Fuente: Elaboración propia

Por lo consiguiente, identificamos a la muestra M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP, que cumple con los requisitos estandarizados para ser utilizada como material de subrasante en el diseño de una carretera, obteniendo un CBR al 95% M.D.S – 0.1” de 18% y un CBR al 100% M.D.S.- 0.1” de 33%, el cual lo identifica como un suelo para sub rasante buena en los intervalos de “CBR \geq 10% a CBR < 20 %” (Manual de Carreteras); muestra más favorable en comparación a las otras muestras

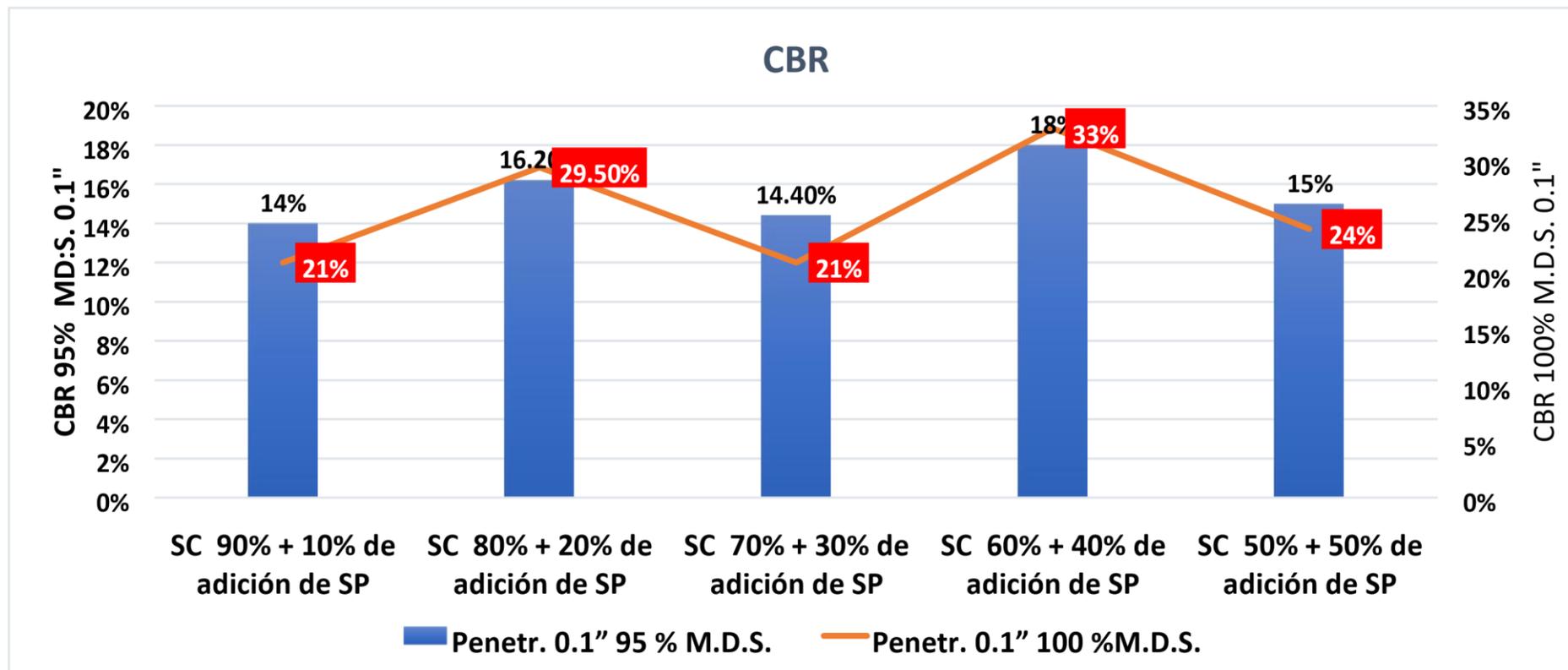


Figura 4. CBR al 95% y al 100% - Penetración 0.1"

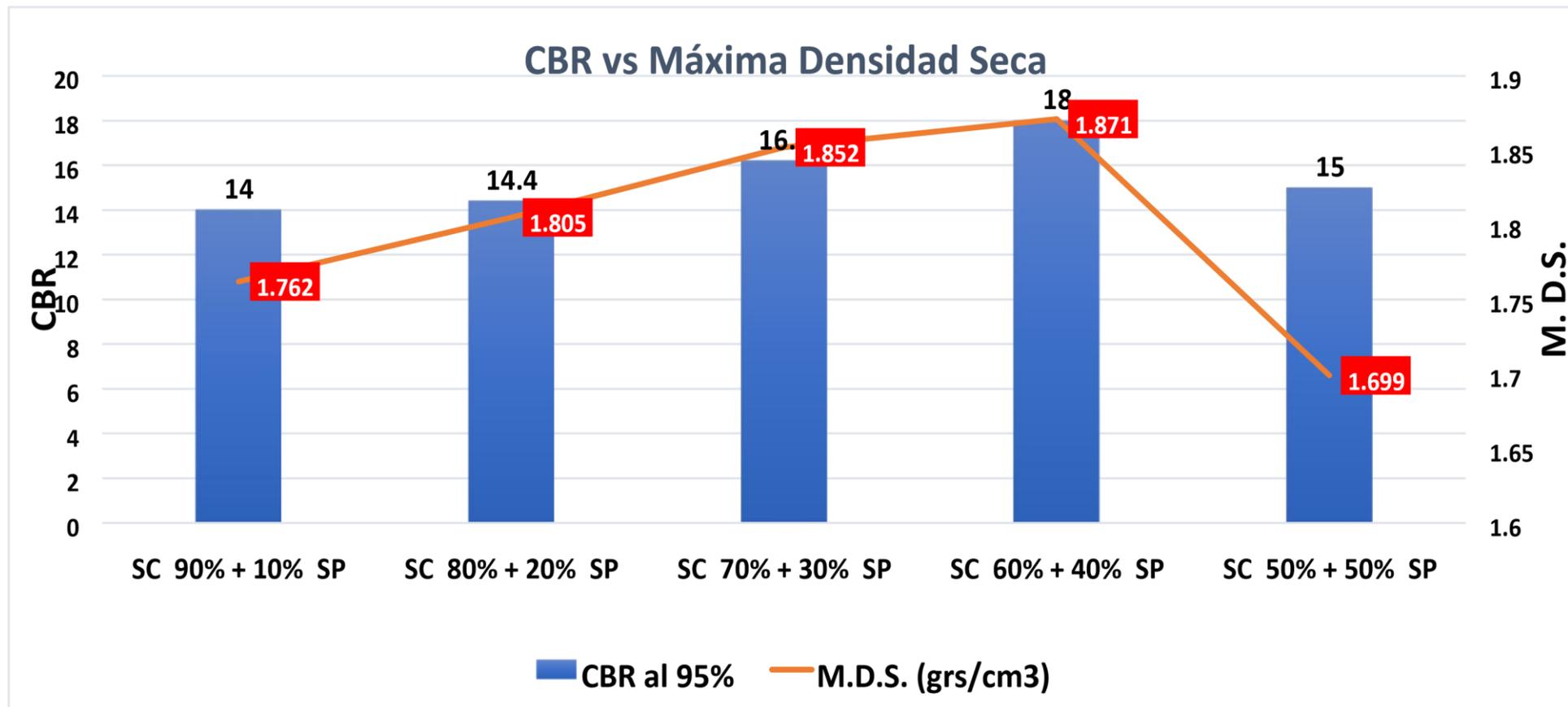


Figura 5. Densidad seca vs CBR 95%: SC + SP

Determinando así, que la muestra M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP, es la muestra más óptima para ser utilizada como suelo en sub rasante en el diseño de una carretera.

Tabla 28. Densidad seca vs CBR 95%: SC + SP

| MUESTRA | Descripción | CBR 95% | al M.D.S. (grs/cm3) |
|---------|-------------------------------|---------|---------------------|
| M - 01 | SC 90% + 10% de adición de SP | 14.0 | 1.762 |
| M - 02 | SC 80% + 20% de adición de SP | 14.4 | 1.805 |
| M - 03 | SC 70% + 30% de adición de SP | 16.2 | 1.852 |
| M - 04 | SC 60% + 40% de adición de SP | 18 | 1.871 |
| M - 05 | SC 50% + 50% de adición de SP | 15.0 | 1.699 |

Fuente: Elaboración propia

Descripción de la muestra óptima

Los resultados encontrados, nos ilustra cuál de las muestras realizadas es la muestra óptima par ser utilizada como suelo en subrasante para el diseño de una carretera, la cual corresponde a: M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP. En la siguiente tabla describimos esta muestra, considerando cumplir con todas las condiciones de las normativas vigentes.

Tabla 29. Descripción de la muestra óptima para ser utilizada en subrasante

| DESCRIPCIÓN | | NORMATIVA | CONDICIÓN |
|-------------------------|--------------|--|--|
| Muestra | M – 04 | Propia de Investigadores | Cumple con los requerimientos estandarizados |
| Descripción | Arena limosa | SUCCS | |
| Clasificación SUCCS | SM | SUCCS | |
| Clasificación AASHTO | A-2-4 (0) | AASHTO | |
| % Pasante tamiz N.º 200 | 19.7 % | ASTM 422- MTC 104 NTP 339, 132 - 2014 | |

| | | |
|-----------------------|-------|-------------------------|
| Índice de plasticidad | 5.3 % | AASHTO 4318, MTP 111 |
|-----------------------|-------|-------------------------|

Fuente: Elaboración propia

4.3. Comparación de resumen de resultados: Suelo arcilloso y Muestra optima

El índice de plasticidad, en el suelo arcilloso es 13.7%, mientras que en la mezcla de M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP, es de 5.3%, con la adición del 40% de arena de duna a la mezcla, la plasticidad baja.

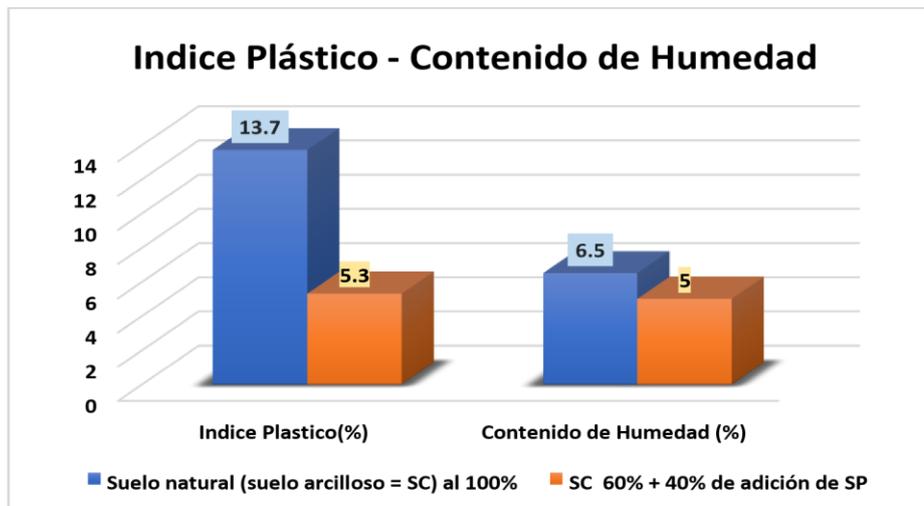


Figura 6. Comparación de índice de plasticidad y Contenido de humedad para suelo arcilloso con M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP

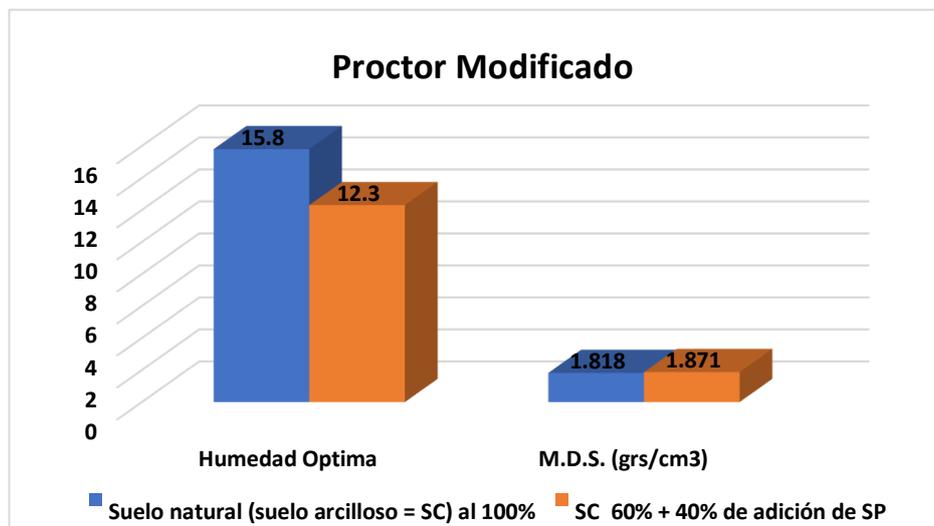


Figura 7. Comparación de Proctor modificado para suelo arcilloso con M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP

El CBR del suelo arcilloso es 5.9%, mientras que en la mezcla de M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP, alcanza un CBR al 95% M.D.S – 0.1” de 18.0%. Cabe mencionar que la arena de duna no depende el aumento o disminución del valor de la resistencia, sino de la granulometría final que se obtiene de la combinación de ambos tipos de materiales

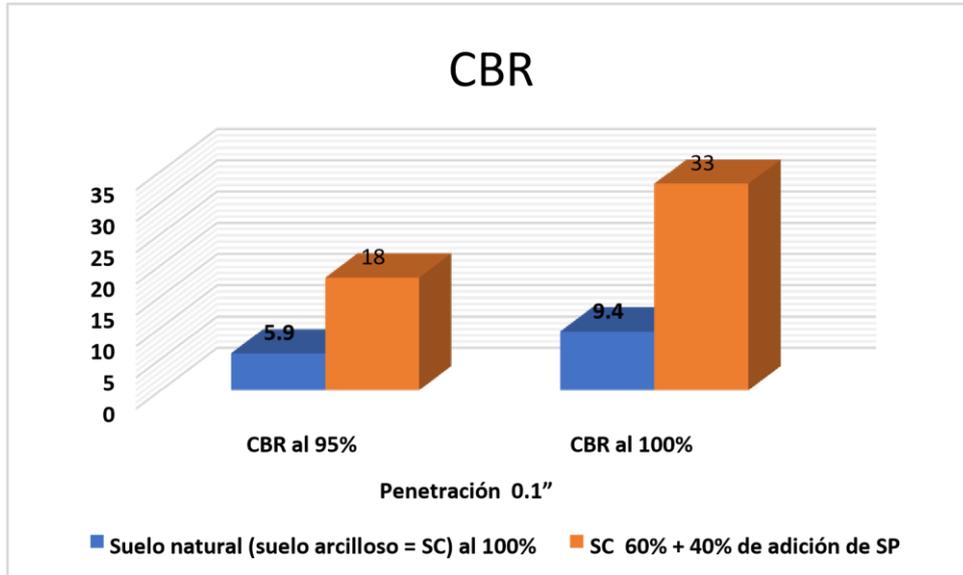


Figura 8. Comparación de CBR al 95% M.D.S – 0.1”, para suelo arcilloso con M –04: SC 60% + 40% de adición de SP

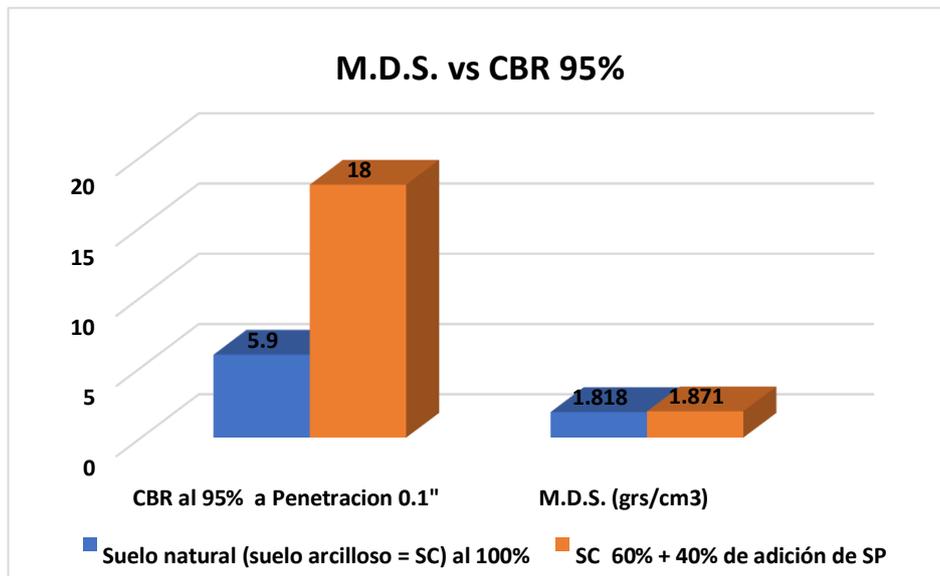


Figura 9. Comparación de M.D.S. y CBR al 95% M.D.S – 0.1” para suelo arcilloso con M – 04: SC 60% + 40% de adición de SP.

PRUEBA DE HIPÓTESIS - ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Esta prueba nos permite evaluar las hipótesis descritas en la presente tesis que dice: el efecto de arena de duna mejorara la estabilidad de los suelos arcillosos en carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura. Se comprobó la autenticidad de las afirmaciones encontradas en los resultados, utilizando el método **ANOVA**. Por lo consiguiente, el siguiente análisis estadístico muestra las condiciones o propiedades diferentes de las muestras al ser comparadas una con otras.

El análisis de la varianza permitió contrastar la hipótesis nula de que las medias de las 7 muestras realizadas en esta investigación obtengan propiedades iguales, frente a la hipótesis alterna de que por lo menos una o dos de las muestras realizadas en este experimento sea diferente a las demás muestras, en cuanto a su valor esperado. No obstante, el contraste es decisivo en el análisis de resultados experimentales. La varianza está representada por σ^2 y $\sum_{ni=1}^{(xi-\bar{x})^2}$ se calcula, utilizando la ecuación (La sumatoria desde el 1º de los $n-1$ elementos Hasta el último del cuadrado de la diferencia entre cada uno de los elementos y la media aritmética de los mismos, todo eso dividido el total de los elementos menos 1, que hay en las muestras).

Las consideraciones son: 1º Formular la hipótesis nula (H_0) e hipótesis alterna (H_a), 2º los valores críticos $F(\alpha;v_1,v_2)$ de la distribución F, para $\alpha = 0.05$ que quiere decir, 5% de probabilidad de cometer un error; Las condiciones de aceptación y/o rechazo de las hipótesis son: si el P valor (probabilidad) es menor a $\alpha = 0.05$ se acepta H_a y se rechaza H_0 , asimismo si $F > vcF$, se acepta H_a y se rechaza H_0 .

∴ $vcF \cong$ Valor crítico para F.

∴

Granulometría % que pasa

Hipótesis nula: $u_1 = u_2$

⇒ La arena de duna no influye en el mejoramiento de la granulometría para la estabilización de los suelos arcillosos

Hipótesis alterna: $u_1 \neq u_2$

⇒ La arena de duna influye en el mejoramiento de la granulometría para la estabilización de los suelos arcillosos

Tabla 30. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis - granulometría % que pasa.

| Grupo | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|-------|--------|------|----------|----------|
| M -01 | 3 | 81 | 27 | 0 |
| M -02 | 3 | 68.1 | 22.7 | 0.29 |
| M -03 | 3 | 64.8 | 21.6 | 1.8933E |
| M -04 | 3 | 59.1 | 19.7 | 0 |
| M -05 | 3 | 50.4 | 16.8 | 0 |
| M -06 | 3 | 39.3 | 13.1 | 0 |
| M -07 | 3 | 33 | 11 | 0 |

Fuente: método Anova

Tabla 31. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis -granulometría % que pasa.

| Origen de las varianzas | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|-------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 565.2514 286 | 6 | 94.20857 143 | 3.4832E +31 | 2.1792E217 | 2.847725 996 |
| Dentro de grupos | 3.78653E -29 | 14 | 2.70467E -30 | | | |
| Total | 565.2514 286 | 20 | | | | |

Fuente: método Anova

Considerando: $F > vcF$, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

Compactación Proctor modificado con respecto a % de humedad

Hipótesis nula: $u_1 = u_2$

⇒ La arena de duna no influye en el mejoramiento de la compactación de proctor modificado con respecto a % de humedad para la estabilización de los suelos arcillosos

Hipótesis alterna: $u_1 \neq u_2$

⇒ La arena de duna influye en el mejoramiento de la compactación de proctor modificado con respecto a % de humedad para la estabilización de los suelos arcillosos

Tabla 32. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de humedad

| Grupo | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|-------|--------|------|----------|----------|
| M -01 | 3 | 42.6 | 14.2 | 0.04 |
| M -02 | 3 | 40.8 | 13.6 | 4 |
| M -03 | 3 | 39.3 | 13.1 | 1 |
| M -04 | 3 | 36.9 | 12.3 | 0.09 |
| M -05 | 3 | 40.8 | 13.6 | 4 |
| M -06 | 3 | 39 | 13 | 0.25 |
| M -07 | 3 | 37.5 | 12.5 | 0.25 |

Fuente: Método Anova

Tabla 33. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de humedad

| Origen de las varianzas | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|-------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 8.0057142 | 6 | 1.334285 | 0.9698 | 0.479959 | 2.8477259 |
| | 86 | | 714 | 85774 | 039 | 96 |

| | | | | | |
|------------------|-----------|----|----------|--|--|
| Dentro de grupos | 19.26 | 14 | 1.375714 | | |
| Total | 8.0057142 | 20 | 286 | | |
| | 86 | | | | |

Fuente: Método Anova

Considerando: $F > vcF$, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

Compactación Proctor modificado con respecto a % de M.D.S.

Hipótesis nula: $u_1 = u_2$

⇒ La arena de duna no influye en el mejoramiento de la compactación de Proctor modificado con respecto a % de M.D.S. para la estabilización de los suelos arcillosos

Hipótesis alterna: $u_1 \neq u_2$

⇒ La arena de duna influye en el mejoramiento de la compactación de Proctor modificado con respecto a % de humedad para la estabilización de los suelos arcillosos

Tabla 34. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de M.D.S.

| Grupo | Cuenta | Sum | Promedio | Varianza |
|-------|--------|-------|----------|----------|
| M -01 | 3 | 3.976 | 1.3253 | 0.145033 |
| M -02 | 3 | 5.415 | 1.805 | 0.000025 |
| M -03 | 3 | 5.606 | 1.8686 | 0.000833 |
| M -04 | 3 | 5.613 | 1.871 | 0.000001 |
| M -05 | 3 | 5.097 | 1.699 | 0.0025 |
| M -06 | 3 | 5.013 | 1.671 | 0.000001 |
| M -07 | 3 | 4.956 | 1.652 | 0.0004 |

Fuente: Método Anova

Tabla 35. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis - Compactación Proctor modificado con respecto a % de M.D.S.

| Origen de las varianzas | Suma de cuadrados | de Grados de libertad | Promedio de los Cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|-------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 0.636679238 | 6 | 0.106113206 | 4.99209718 | 0.006245345 | 2.847725996 |
| Dentro de grupos | 0.297587333 | 14 | 0.021256238 | | | |
| Total | 0.934266571 | 20 | | | | |

Fuente: Método Anova

Considerando: $F > vcF$, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

Prueba de hipótesis – CBR (95% - 100% - M.D.S.) 0.1”

Hipótesis nula: $u_1 = u_2$

⇒ La arena de duna no influye en el mejoramiento del CBR para la estabilización de los suelos arcillosos

Hipótesis alterna: $u_1 \neq u_2$

⇒ La arena de duna influye en el mejoramiento del CBR para la estabilización de los suelos arcillosos

Tabla 36. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (95% - 100% - M.D.S.) 0.1”

| Grupo | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|------------|--------|------|----------|----------|
| M - Patrón | 4 | 30.6 | 7.65 | 4.083333 |
| M -01 | 4 | 70 | 17.5 | 16.33333 |
| M -02 | 4 | 70.8 | 17.7 | 14.52 |

| | | | | |
|-------|---|------|-------|----------|
| M -03 | 4 | 91.4 | 22.85 | 58.96333 |
| M -04 | 4 | 102 | 25.5 | 75 |
| M -05 | 4 | 78 | 19.5 | 27 |

Fuente: Método Anova

Tabla 37. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (95% - 100% - M.D.S.) 0.1”

| Origen de las varianzas | Suma de cuadrados | de Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|-------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 753.08 | 5 | 150.616 | 4.61304747 | 0.00695304 | 2.772853153 |
| Dentro de grupos | 587.7 | 18 | 32.65 | | | |
| Total | 1340.78 | 23 | | | | |

Fuente: Método Anova

Considerando: $F > vcF$, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

- Prueba de hipótesis – CBR (muestra patrón – M - 04).

Hipótesis nula: $u_1 = u_2$

⇒ La arena de duna no influye en el mejoramiento del CBR para la estabilización de los suelos arcillosos

Hipótesis alterna: $u_1 \neq u_2$

⇒ La arena de duna influye en el mejoramiento del CBR para la estabilización de los suelos arcillosos

Tabla 38. Descripción de resumen de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (muestra patrón – M - 04).

| Grupo | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|------------|--------|------|----------|------------|
| M - Patrón | 4 | 30.6 | 7.65 | 4.0833333 |
| M -04 | 4 | 102 | 25.5 | 70.1666667 |

Fuente: Método Anova

Tabla 39. Estadística de análisis de varianza, prueba de hipótesis – CBR (muestra patrón – M - 04).

| Origen de las varianzas | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | Probabilidad | Valor crítico para F |
|-------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 637.245 | 1 | 637.245 | 0.00605795 | 5.987377607 |
| Dentro de grupos | 222.75 | 6 | 37.125 | | |
| Total | 859.995 | 7 | | | |

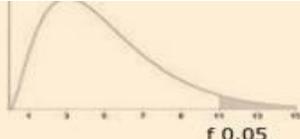
Fuente: Método Anova

Considerando: $F > vcF$, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

Tabla 40. Valores críticos de la distribución F (0,05)

Provincia Regional Mendoza

área a la derecha del valor crítico = 0,05



f 0.05

| g.d.l | Grados de libertad del Numerador | | | | | | | | | | | | | | | g.d.l |
|-------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | 161,4 | 199,5 | 215,7 | 224,6 | 230,2 | 234,0 | 236,8 | 238,9 | 240,5 | 241,9 | 243,0 | 243,9 | 244,7 | 245,4 | 245,9 | 1 |
| 2 | 18,513 | 19,000 | 19,164 | 19,247 | 19,296 | 19,330 | 19,353 | 19,371 | 19,385 | 19,396 | 19,405 | 19,413 | 19,419 | 19,424 | 19,429 | 2 |
| 3 | 10,128 | 9,552 | 9,277 | 9,117 | 9,013 | 8,941 | 8,887 | 8,845 | 8,812 | 8,786 | 8,763 | 8,745 | 8,729 | 8,715 | 8,703 | 3 |
| 4 | 7,709 | 6,944 | 6,591 | 6,388 | 6,256 | 6,163 | 6,094 | 6,041 | 5,999 | 5,964 | 5,936 | 5,912 | 5,891 | 5,873 | 5,858 | 4 |
| 5 | 6,608 | 5,786 | 5,409 | 5,192 | 5,050 | 4,950 | 4,876 | 4,818 | 4,772 | 4,735 | 4,704 | 4,678 | 4,655 | 4,636 | 4,619 | 5 |
| 6 | 5,987 | 5,143 | 4,757 | 4,534 | 4,387 | 4,284 | 4,207 | 4,147 | 4,099 | 4,060 | 4,027 | 4,000 | 3,976 | 3,956 | 3,938 | 6 |
| 7 | 5,591 | 4,737 | 4,347 | 4,120 | 3,972 | 3,866 | 3,787 | 3,726 | 3,677 | 3,637 | 3,603 | 3,575 | 3,550 | 3,529 | 3,511 | 7 |
| 8 | 5,318 | 4,459 | 4,066 | 3,838 | 3,687 | 3,581 | 3,500 | 3,438 | 3,388 | 3,347 | 3,313 | 3,284 | 3,259 | 3,237 | 3,218 | 8 |
| 9 | 5,117 | 4,256 | 3,863 | 3,633 | 3,482 | 3,374 | 3,293 | 3,230 | 3,179 | 3,137 | 3,102 | 3,073 | 3,048 | 3,025 | 3,006 | 9 |
| 10 | 4,965 | 4,103 | 3,708 | 3,478 | 3,326 | 3,217 | 3,135 | 3,072 | 3,020 | 2,978 | 2,943 | 2,913 | 2,887 | 2,865 | 2,845 | 10 |
| 11 | 4,844 | 3,982 | 3,587 | 3,357 | 3,204 | 3,095 | 3,012 | 2,948 | 2,896 | 2,854 | 2,818 | 2,788 | 2,761 | 2,739 | 2,719 | 11 |
| 12 | 4,747 | 3,885 | 3,490 | 3,259 | 3,106 | 2,996 | 2,913 | 2,849 | 2,796 | 2,753 | 2,717 | 2,687 | 2,660 | 2,637 | 2,617 | 12 |
| 13 | 4,667 | 3,806 | 3,411 | 3,179 | 3,025 | 2,915 | 2,832 | 2,767 | 2,714 | 2,671 | 2,635 | 2,604 | 2,577 | 2,554 | 2,533 | 13 |
| 14 | 4,600 | 3,739 | 3,344 | 3,112 | 2,958 | 2,848 | 2,764 | 2,699 | 2,646 | 2,602 | 2,565 | 2,534 | 2,507 | 2,484 | 2,463 | 14 |
| 15 | 4,543 | 3,682 | 3,287 | 3,056 | 2,901 | 2,790 | 2,707 | 2,641 | 2,588 | 2,544 | 2,507 | 2,475 | 2,448 | 2,424 | 2,403 | 15 |
| 16 | 4,494 | 3,634 | 3,239 | 3,007 | 2,852 | 2,741 | 2,657 | 2,591 | 2,538 | 2,494 | 2,456 | 2,425 | 2,397 | 2,373 | 2,352 | 16 |
| 17 | 4,451 | 3,592 | 3,197 | 2,965 | 2,810 | 2,699 | 2,614 | 2,548 | 2,494 | 2,450 | 2,413 | 2,381 | 2,353 | 2,329 | 2,308 | 17 |
| 18 | 4,414 | 3,555 | 3,160 | 2,928 | 2,773 | 2,661 | 2,577 | 2,510 | 2,456 | 2,412 | 2,374 | 2,342 | 2,314 | 2,290 | 2,269 | 18 |
| 19 | 4,381 | 3,522 | 3,127 | 2,895 | 2,740 | 2,628 | 2,544 | 2,477 | 2,423 | 2,378 | 2,340 | 2,308 | 2,280 | 2,256 | 2,234 | 19 |
| 20 | 4,351 | 3,493 | 3,098 | 2,866 | 2,711 | 2,599 | 2,514 | 2,447 | 2,393 | 2,348 | 2,310 | 2,278 | 2,250 | 2,225 | 2,203 | 20 |
| 21 | 4,325 | 3,467 | 3,072 | 2,840 | 2,685 | 2,573 | 2,488 | 2,420 | 2,366 | 2,321 | 2,283 | 2,250 | 2,222 | 2,197 | 2,176 | 21 |
| 22 | 4,301 | 3,443 | 3,049 | 2,817 | 2,661 | 2,549 | 2,464 | 2,397 | 2,342 | 2,297 | 2,259 | 2,226 | 2,198 | 2,173 | 2,151 | 22 |
| 23 | 4,279 | 3,422 | 3,028 | 2,796 | 2,640 | 2,528 | 2,442 | 2,375 | 2,320 | 2,275 | 2,236 | 2,204 | 2,175 | 2,150 | 2,128 | 23 |
| 24 | 4,260 | 3,403 | 3,009 | 2,776 | 2,621 | 2,508 | 2,423 | 2,355 | 2,300 | 2,255 | 2,216 | 2,183 | 2,155 | 2,130 | 2,108 | 24 |
| 25 | 4,242 | 3,385 | 2,991 | 2,759 | 2,603 | 2,490 | 2,405 | 2,337 | 2,282 | 2,236 | 2,198 | 2,165 | 2,136 | 2,111 | 2,089 | 25 |
| 26 | 4,225 | 3,369 | 2,975 | 2,743 | 2,587 | 2,474 | 2,388 | 2,321 | 2,265 | 2,220 | 2,181 | 2,148 | 2,119 | 2,094 | 2,072 | 26 |
| 27 | 4,210 | 3,354 | 2,960 | 2,728 | 2,572 | 2,459 | 2,373 | 2,305 | 2,250 | 2,204 | 2,166 | 2,132 | 2,103 | 2,078 | 2,056 | 27 |
| 28 | 4,196 | 3,340 | 2,947 | 2,714 | 2,558 | 2,445 | 2,359 | 2,291 | 2,236 | 2,190 | 2,151 | 2,118 | 2,089 | 2,064 | 2,041 | 28 |
| 29 | 4,183 | 3,328 | 2,934 | 2,701 | 2,545 | 2,432 | 2,346 | 2,278 | 2,223 | 2,177 | 2,138 | 2,104 | 2,075 | 2,050 | 2,027 | 29 |
| 30 | 4,171 | 3,316 | 2,922 | 2,690 | 2,534 | 2,421 | 2,334 | 2,266 | 2,211 | 2,165 | 2,126 | 2,092 | 2,063 | 2,037 | 2,015 | 30 |

Fuente: Estadística, curso 2008-2009

V. DISCUSIÓN

Como en toda investigación vamos a discutir sobre la información extraída a través de referencias bibliográficas y los resultados obtenidos en campo. De acuerdo al estudio en campo, la presencia de arcilla en un suelo la convierte en un riesgo para la subrasante y en todo el pavimento, debido a la susceptibilidad al agua.

Cabe manifestar que hicimos una breve comparación con el estudio de investigación de los autores Chavez Arbayza & Odar Yabar (2019), donde manifiestan que realizaron. Donde su conclusión principal se orienta a que el suelo estudiado, para utilizarse en la subrasante de pavimento rígido no es apto en su estado natural.

Lo mismo ocurrió en nuestra investigación, arrojando como resultado un terreno no apto para cimentar una estructura, al tratarse del suelo arcilloso de acuerdo a los ensayos de laboratorio, como se menciona líneas arriba los investigadores optaron por un material que mejoraría el suelo y así estar apto para la subrasante, en nuestro caso el material elegido es la arena de duna que forma parte de la zona en estudio. Ambos mejoran al suelo en 18% de CBR.

Por otro lado, El autor Velásquez Pereyra (2018), da a conocer en su tesis que “la influencia del cemento Portland en la estabilización de un suelo arcilloso de alta plasticidad” (Velásquez, 2018, p .14). hubo una reducción de 44% a 15% “y su índice CBR se incrementó de 1.30% a 13.75% al 95% DSM” (Velásquez, 2018, p. 14). “Pese a la adición de cemento, en los porcentajes indicados, el suelo presentó una plasticidad media y estuvo sujeto a cambios volumétricos” (Velásquez, 2018, p. 14). Caso opuesto, con la adición del 4% de cemento se logró que esta subrasante sea regular a buena. Lo que no sucede cuando se aplica en un 40% la arena de duna al suelo arcilloso de alta plasticidad, pues se reduce de 13.7% a 5.3%, mientras que su CBR aumentó 5.9% hasta un 18% “al 95% DSM” (p. 14), dando como interpretación una subrasante buena.

Como se aprecia, el material de arena de duna, es un material poco conocido y experimentado. Es por ello que no hemos encontrado trabajos de

investigación donde se haya utilizado la arena de duna como material para este, sin embargo, se ha tenido en cuenta la tesis de la autora Reaño Palacios (2019), que llegó a la conclusión que no sirve la arena de duna para ser aplicada en su totalidad como agregado fino en el concreto, pero se puede aplicar en un 15% con otro componente realizarse de acuerdo a lo estipulado en dicho manual siguiendo un diseño correspondiente. Por lo consiguiente, en el presente proyecto tuvimos en cuenta estos resultados para continuar con nuestra investigación, el cual nos resultó más favorable ya que se ha aplicado en un 40% de la arena, con la salvedad que podemos mejorar la proporción a un porcentaje mayor.

VI. CONCLUSIONES

1. La arena de duna al mejorar con las características físicas y mecánicas de un suelo natural por ser un agente de estabilización de suelos, puesto que, en la mezcla de arena de duna y el suelo se obtiene una reacción de inmediata de floculantes y cambio de iones, según el ministerio de transportes y comunicaciones (2013) da a entender que el valor relativo de soporte C.B.R del suelo se incrementa de forma considerable, siendo apto para usar en la integración de afirmados.
2. Se determino el tipo de suelos, de acuerdo a la tabla de la clasificación SUCS y sus propiedades físicas y mecánicas de dicho suelo del área en estudio, que da como resultado SC que se obtuvieron mediante calicatas, asimismo, se obtuvo como valor A-2-4(0), el resultado del límite plástico fue 13.7% y el C.B.R de 5.9% hasta el 95% “de la M.D.S. a 0.1”.
3. Como conclusión se planteó que para la mezcla se obtuviera un resultado de un 40%, lo cual se considera óptimo como aplicación para estabilizar y mejorar sus características de la superficie considerada en la presente tesis.

4. Las características para un suelo natural estabilizado de arena de duna dan un Valor de C.B.R. de 33% al 100% de la M.D.S. a 0.1", el valor de la M.D.S es de 1.818% y en cuanto a humedad optima fue 15.8% Limite plástico 5.3%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Recomendamos que la investigación de esta tesis pueda ser útil sirva como referencia de futuras indagaciones que tengan relación a innovaciones con respecto a procesos de estabilización, ya que se sabe que se puede realizar aplicando diferentes materiales dando resultados que están dentro de los parámetros para aportar en la ingeniería civil.
2. Se recomienda una normativa que defina y plantee los parámetros de uso en estabilizar suelos arcillosos con arena de duna y aplicar un mejoramiento a dichos suelos, puesto que, obtenemos consecuencias experimentales adecuadas.
3. Recomendamos que se realicen nuevas estabilizaciones con arena de duna, se aplique esta técnica de preferencia para suelos arcillosos, ya que obtenemos como interpretación que estabilizar un suelo aumenta sus características mecánicas y físicas del área que se propuso a estudiar.
4. Se recomienda que en épocas de lluvia el uso de arena de duna se complemente con otro material que cumpla con la normativa que indica los criterios, como puedes ser el material de la cantera.

REFERENCIAS

- KEMP Joachim (2016) p. 80. Construcción e Industria. Revista de la cámara peruana de la construcción.
 - SOLER Vargas, Deysi M. y DUITAMA Sánchez, Jennifer D. (2019). Evaluación física y mecánica de mezclas fresado y base granular para su empleo como agregados en la conformación de bases estabilizadas de pavimentos flexibles.
 - ARTEAGA Villamarin, Jefferson Fernando (2018). Análisis del comportamiento de la base - cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado.
 - ORTEGA Calle, Katya y VILLAFUERTE Bermúdez, Luis Enrique (2015). Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso.
 - CHÁVEZ Arbayza, Diego m. y ODAR Yabar Gabriela (2019). Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología AASHTO 93.
 - SARAIVIA Álvarez, Paola E. y VEJARANO Ferrer, Franklin G. (2019). Influencia de la adición de policloruro de vinilo reciclado sobre la compactación, capacidad de soporte y resistencia a la abrasión de un material granular para capa base de pavimento flexible de la carretera Huanchaco - Santiago de Cao.
 - ALIAGA Arqui, Mirco (2017). Análisis comparativo del material para base y subbase de las canteras Umulo y Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10%.
 - REAÑO Palacios, Fiorela (2019). Evaluación experimental del uso de arena de duna como agregado fino para el concreto.
 - CHERO Canales, Jorge L. (2019). Análisis y evaluación del proyecto de reciclado y recapeo de la carretera Sullana - Talara del km 0+000 al km 65+100 - Sullana - Piura.
- OCAÑA Torrejón, Henri (2018). Propuesta técnica para el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y

- pavimento rígido para la avenida Las Amapolas, en los distritos Veintiséis de Octubre y Piura, provincia y región Piura.
- GUÍA AASTHO (2002). Guía de diseño AASHTO 2002 para pavimentos flexibles.
 - NORMA técnica NTP 400.012 peruana (2001). NTP; agregados, análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
 - INSTITUTO del asfalto (2015) p. 83. The Asphalt institute; traducido por Manuel Velázquez.
 - NORMA Peruana de Carreteras (2013), p. 360. Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción EG - 2013. sección 402.
 - LUACES César (2010). Los áridos.
<https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37082-Losaridos.html>
 - SAMPIERI, FERNÁNDEZ y BAPTISTA (2006). Metodología de la investigación. Capítulo I
 - SAMPIERI, Lucio, Kinneer y Taylor (2006). Metodología de la investigación. Capítulo III
 - AASTHO 93 (1993). p. 3-1. Experimento vial de la AASHO y las guías de diseño AASHTO
 - BERNAL (2010), p. 191. Metodología de la investigación; Administración, economía, humanidades y ciencias sociales.
 - HERNÁNDEZ S. Roberto (2006), p. 277. Metodología de la investigación. Capítulo IX
 - MONJE Álvarez C. A. (2011), p. 165. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa; Guía didáctica, Neiva, Colombia: Universidad sur colombiana: Facultad de ciencias sociales y humanas. Programa de comunicación social y periodismo.
 - SIDNEY mindess, Mark Alexander, (2005) p. 102. Aggregates in concrete. Modern concrete technology.
 - MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (2014), p. 167 y 168. Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

- UMSS Universidad Mayor de San Simón (2004) p. 377. Estudio de tráfico USO- Sánchez Yarizma Hernández Paredes Eric y Quen Avilés Mauricio (2018). p. 19. " Diseño de pavimento mixto"
- DINA A. Saad and Tarek Hegazy (2015) Vol.42. N°2. Enhanced benefit-cost analysis for infrastructure fund allocation
- MONTEJO Fonseca A. (2008) p. 10. Ingeniería de pavimentos para carreteras.
- ALMEIDA Araújo Marcelo (2016). Análisis comparativo de los métodos de suelo pavimento duro (hormigón) x flexible (asfalto)
- AMARAL Castro Hemyson (2016), p. 23 – 37. Inferencias en cuanto a la aplicación de pavimento de asfalto en la carretera BA-20, tramo de la BR415, Barro preto-ba
- SISTEMA de inversiones públicas (2015), p. 98. Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad urbana, a nivel de perfil.
- SANDOVAL vallejo Elmar y Rivera Mena William (2019), p. 137. Correlation between CBR and Resistance to unconfined compression.
- ZHIGANG Cao and Tingling Zhang (2019), Vol. 57, N °9. Resilient behavior of coarse granular materials in three-dimensional stress state.
- SUMON Roy and Zahid Hossain (2020), p. 21 – 28. Prediction of moisture damage in asphalt pavements using a nanomechanistic approach
- ARMANDO Orobio Jackson Gil (2015), Vol.30, N° 3. Construction cost analysis related to the mechanistic design of pavements with different fatigue models.
- CHOUDHARY, dr. Y.P Josh (2014), p. 239 – 253. A detailed study of CBR method for flexible pavement design.
- ASTM D-2216, MTC E 108 (2016), p. 49. Manual de ensayo de materiales (EM 2000). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- ASTM D-1557, MTCE-115 (2016), p. 105. Manual de ensayo de materiales (EM 2000). Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada. Proctor modificado.

- ASTM D-1883, MTC E 132 (2016), p. 248. Manual de ensayo de materiales (EM 2000) Ensayo de CBR de suelos; laboratorio.
ASTM D- 422, MTC E 107 (2016), p. 44. Manual de ensayo de materiales (EM 2000). Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- ASTM D-2487 (2017). Practica estándar para la clasificación de suelos con fines de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos).

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL:
Efecto de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos en
carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura.

AUTORES:
FIESTAS PAZO, KATIA VALERIA
MONTERO RUIZ, ROMÁN

Tabla 41. Matriz de operacionalización de variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Índice | Escala |
|---|---|--|---------------------------------|--------------------------|--|---------|
| Arena de duna (Independiente) | (Carreteras, 2013, p. 114) “Los materiales naturales, como son las rocas, gravas, arenas y suelos seleccionados, denominados también "áridos", "inertes" o "agregados", según sus aplicaciones y usos, cumplen un rol importante en la durabilidad, calidad, y economía de las obras viales. Las propiedades físicas de estos materiales, serán los factores que determinarán sus usos, que se requerirán antes de su empleo” | Incorporar el porcentaje óptimo de arena de duna para el mejoramiento de las propiedades en pavimentos flexibles. | Incorporación de arena de duna | 10 | Porcentaje (%) | Razón |
| | | | | 20 | | |
| | | | | 30 | | |
| | | | | 40 | | |
| | | | | 50 | | |
| | | | | 60 | | |
| Estabilización de suelos arcillosos. (Dependiente) | (Hilario Carlos, Fredy 2015, p. 07) “Es un proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas”. | Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, que tienen instrumentos que son medidos por sus respectivos indicadores. | Capacidad de Soporte del Suelo. | Análisis Granulométrico | Clasificación. SUCS Clasificación. ASSHTO | Nominal |
| | | | | Contenido de Humedad | % | Razón |
| | | | | Límites de Atterberg | % | Razón |
| | | | | Proctor Modificado | gr/cm ³ W óptimo (%) | Razón |
| | | | | CBR al 0.1 CBR al 0.2 | % | Nominal |

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 02:

INSTRUMENTOS DE

RECOLECCIÓN DE

DATOS

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL:
Efecto de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos en
carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura.

AUTORES:

FIESTAS PAZO, KATIA VALERIA
MONTERO RUIZ, ROMÁN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

| | | |
|--------------------------|---|--------------------------------|
| OBRA | DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO : KATMON 1 - 006 : |
| MATERIAL | | TÉCNICO : CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 16/09/20 | ING° RESP. : MARCOS CERNA |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 60 - | FECHA : 17/09/20 |
| CANTERA | 40 POCITOS MAS ARENA | HECHO POR : KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | FINA | : ROMAN MONTERO |

| TAM IZ | ABERT. mm. | P ESO RET. | %RET. P ARC. | %RET. AC. | % Q' P ASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------------------|------------|------------|--------------|-----------|------------|-----------------------------|-----------|------------|-----------|
| | | | | | | PESO TOTAL = gr | | | |
| | | | | | | PESO LAVADO = gr | | | |
| | | | | | | PESO FINO = gr | | | |
| | | | | | | LÍMITE LÍQUIDO = % | | | |
| | | | | | | LÍMITE PLÁSTICO = % | | | |
| | | | | | | INDICE PLÁSTICO = % | | | |
| | | | | | | CLASF. AASHTO = A-2-4 [0] | | | |
| | | | | | | CLASF. SUCCS = SM | | | |
| | | | | | | Ensayo Malla #200 | P.S.Seco. | P.S.Lavado | % 200 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | % Grava = 0.0 % | | | |
| | | | | | | % Arena = 0.0 % | | | |
| | | | | | | % Fino = 0.0 % | | | |
| | | | | | | % HUMEDAD | P.S.H. | P.S.S | % Humedad |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | OBSERVACIONES: | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Descripción suelo: Arena limosa | | | | | | | | | |

Figura 10. Formato para Análisis Granulométrico



Figura 11. (a) Análisis Granulométrico



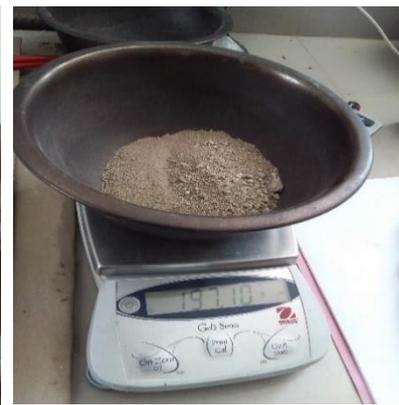
(b) Tamices para el ensayo granulométrico



(a)



(b)



(c)

Figura 12. (a) Balanza con material húmedo, (b) Estufa y (c) Balanza con material Seco
Contenido de Humedad



(a)



(b)

Figura 13. (a) Probetas y (b) Rotura de Probeta Ensayo de CBR

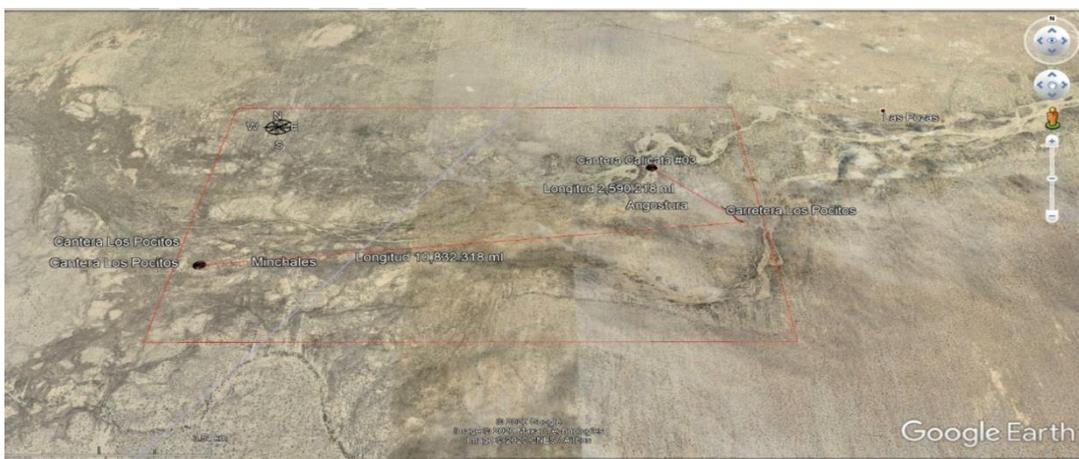
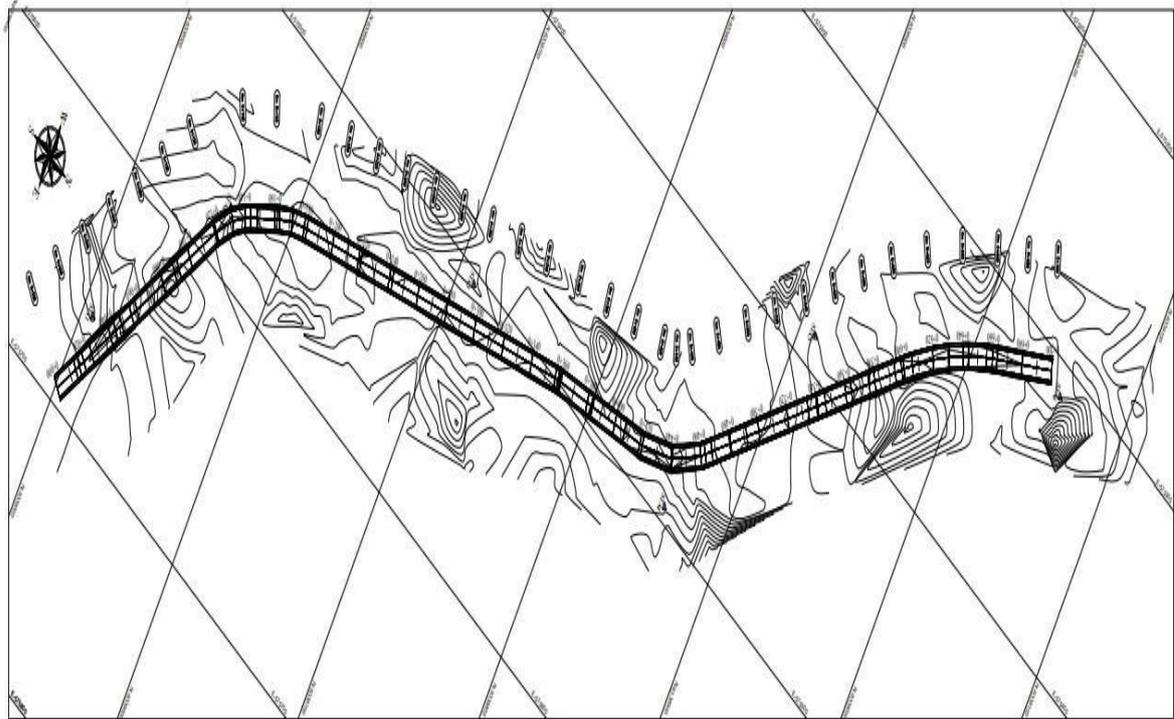


Figura 14. Software para la Ubicación Canteras y de la carretera a proyectar Google Earth

Figura 15. Plano Topográfico de Carretera proyectada



ANEXO 03: VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE DATOS

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL:

Efecto de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos
en carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura.

AUTORES:

FIESTAS PAZO, KATIA VALERIA

MONTERO RUIZ, ROMÁN

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA con DNI N° 18166174 Magister en INGENIERÍA CIVIL, N° CIP: 88837, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como DOCENTE – CATEDRATICO en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – FILIAL PIURA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos: ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Tabla 42. Validación de instrumento: Análisis granulométrico por tamizado.

| Porción de muestra extraída de calicatas | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|--|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad | | | X | | |
| 2. Objetividad | | | X | | |
| 3. Actualidad | | | X | | |
| 4. Organización | | | X | | |
| 5. Suficiencia | | | X | | |
| 6. Intencionalidad | | | X | | |
| 7. Consistencia | | | X | | |
| 8. Coherencia | | | X | | |
| 9. Metodología | | | X | | |

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de noviembre del dos mil veinte.



Mgtr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
 DNI : 18166174
 Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS
 E-mail : mchangheredia@hotmail.com

FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO: ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.

Tabla 43. Ficha de evaluación del instrumento: Análisis granulométrico por tamizado

| Indicadores | Criterios | Deficiente 0 – 20 | | | | Regular 21 - 40 | | | | Buena 41 - 60 | | | | Muy Buena 61 - 80 | | | | Excelente 81 - 100 | | | | OBSERVACIONES | |
|-------------------------------|--|----------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|-----------------------|----|----|-----|---------------|--|
| | | 0 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46 | 51 | 56 | 61 | 66 | 71 | 76 | 81 | 86 | 91 | 96 | | |
| ASPECTOS DE VALIDACION | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | | |
| 1. Claridad | Esta formulado con un lenguaje apropiado | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | | |
| 2. Objetividad | Esta expresado en conductas observables | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | | |
| 3. Actualidad | Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | | |
| 4. Organización | Existe una organización lógica entre sus ítems | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | | |
| 5. Suficiencia | Comprende los aspectos necesarios en cantidad y calidad. | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | | |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar las dimensiones del tema de la investigación | | | | | | | | | | | | 57 | | | | | | | | | | |
| 7. Consistencia | Basado en aspectos teóricoscientíficos de la investigación | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | | |
| 8. Coherencia | Tiene relación entre las variables e indicadores | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | | |
| 9. Metodología | La estrategia responde a la elaboración de la investigación | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | | |

Piura, 12 de noviembre del 2020

Mgtr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
 DNI : 18166174
 Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS
 E-mail : mchangheredia@hotmail.com



MIGUEL CHANG HEREDIA
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 88837

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA con DNI N° 18166174 Magister en GENIERÍA CIVIL, N° CIP: 88837, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como DOCENTE – CATEDRÁTICO en la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FILIAL PIURA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos: LÍMITES DE CONSISTENCIA

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Tabla 44. Validación del instrumento: Límites de consistencia

| Muestra extraída por el pasante de la malla 40 | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|--|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad | | | X | | |
| 2. Objetividad | | | X | | |
| 3. Actualidad | | | X | | |
| 4. Organización | | | X | | |
| 5. Suficiencia | | | X | | |
| 6. Intencionalidad | | | X | | |
| 7. Consistencia | | | X | | |
| 8. Coherencia | | | X | | |
| 9. Metodología | | | X | | |

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de noviembre del Dos mil veinte.



Mgtr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
DNI : 18166174
Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS
E-mail : mchangheredia@hotmail.com

“EFECTO DE ARENA DE DUNA EN ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS EN CARRETERA NUEVA ESPERANZA –

LOS POCITOS, SECHURA, PIURA”

FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO: LÍMITES DE ATTERBERG.

Tabla 45. Ficha de evaluación del instrumento: límites de Atterberg.

| Indicadores | Criterios | Deficiente 0 – 20 | | | | Regular 21 - 40 | | | | Buena 41 - 60 | | | | Muy Buena 61 - 80 | | | | Excelente 81 – 100 | | | OBSERVACIONES | |
|-------------------------------|--|----------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|-----------------------|----|----|---------------|--|
| | | 0 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46 | 51 | 56 | 61 | 66 | 71 | 76 | 81 | 86 | 91 | | |
| ASPECTOS DE VALIDACION | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 96 | |
| 1. Claridad | Esta formulado con un lenguaje apropiado | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |
| 2. Objetividad | Esta expresado en conductas observables | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 3. Actualidad | Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 4. Organización | Existe una organización lógica entre sus ítems | | | | | | | | | | | | 57 | | | | | | | | | |
| 5. Suficiencia | Comprende los aspectos necesarios en cantidad y calidad. | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar las dimensiones del tema de la investigación | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | |
| 7. Consistencia | Basado en aspectos teóricoscientíficos de la investigación | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | |
| 8. Coherencia | Tiene relación entre las variables e indicadores | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 9. Metodología | La estrategia responde a la elaboración de la investigación | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |

Piura, 12 de noviembre de 2020

Matr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
 DNI : 18166174
 Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS
 E-mail : mchanheredia@hotmail.com



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA con DNI N° 18166174 Magister en INGENIERÍA CIVIL, N° CIP: 88837, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como DOCENTE – CATEDRATICO en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – FILIAL PIURA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos: CONTENIDO DE HUMEDAD

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Tabla 46. Validación del instrumento: límites de Atterberg.

| Muestra extraída para encontrar humedad natural | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|---|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad | | | X | | |
| 2. Objetividad | | | X | | |
| 3. Actualidad | | | X | | |
| 4. Organización | | | X | | |
| 5. Suficiencia | | | X | | |
| 6. Intencionalidad | | | X | | |
| 7. Consistencia | | | X | | |
| 8. Coherencia | | | X | | |
| 9. Metodología | | | X | | |

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de noviembre del dos mil veinte.

| | |
|--|---|
|   | Mgtr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA DNI : 18166174 Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS E-mail : mchangheredia@hotmail.com |
|--|---|

“EFECTO DE ARENA DE DUNA EN ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS EN CARRETERA NUEVA ESPERANZA – LOS POCITOS, SECHURA, PIURA”

FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO: CONTENIDO DE HUMEDAD.

Tabla 47. Ficha de evaluación del instrumento contenido de humedad.

| Indicadores | Criterios | Deficiente 0 – 20 | | | | Regular 21 - 40 | | | | Buena 41 - 60 | | | | Muy Buena 61 - 80 | | | | Excelente 81 – 100 | | | OBSERVACIONES | |
|-------------------------------|--|----------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|-----------------------|----|----|---------------|--|
| | | 0 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46 | 51 | 56 | 61 | 66 | 71 | 76 | 81 | 86 | 91 | | |
| ASPECTOS DE VALIDACION | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 96 | |
| 1. Claridad | Esta formulado con un lenguaje apropiado | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | |
| 2. Objetividad | Esta expresado en conductas observables | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |
| 3. Actualidad | Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 4. Organización | Existe una organización lógica entre sus ítems | | | | | | | | | | | | 57 | | | | | | | | | |
| 5. Suficiencia | Comprende los aspectos necesarios en cantidad y calidad. | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar las dimensiones del tema de la investigación | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |
| 7. Consistencia | Basado en aspectos teóricoscientíficos de la investigación | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | |
| 8. Coherencia | Tiene relación entre las variables e indicadores | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |
| 9. Metodología | La estrategia responde a la elaboración de la investigación | | | | | | | | | | | | 57 | | | | | | | | | |

Piura, 12 de noviembre del 2020

Mgtr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
 DNI : 18166174
 Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS
 E-mail : mchangheredia@hotmail.com



MIGUEL CHANG HEREDIA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 88837



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA con DNI N° 18166174 Magister en INGENIERÍA CIVIL, N° CIP: 88837, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como DOCENTE – CATEDRÁTICO en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – FILIAL PIURA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

RELACIÓN DENSIDAD/ HUMEDAD (PROCTOR).

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Tabla 48. Validación de instrumento: Relación densidad /humedad (Proctor).

| Material en porcentaje de las granulometrías | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|--|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad | | | X | | |
| 2. Objetividad | | | X | | |
| 3. Actualidad | | | X | | |
| 4. Organización | | | X | | |
| 5. Suficiencia | | | X | | |
| 6. Intencionalidad | | | X | | |
| 7. Consistencia | | | X | | |
| 8. Coherencia | | | X | | |
| 9. Metodología | | | X | | |

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de noviembre del dos mil veinte.



Mgtr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
DNI : 18166174
Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS
E-mail : mchangheredia@hotmail.com

“EFECTO DE ARENA DE DUNA EN ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS EN CARRETERA NUEVA ESPERANZA – LOS POCITOS, SECHURA, PIURA” FICHA DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO: RELACIÓN DENSIDAD/ HUMEDAD (PROCTOR).

Tabla 49. *Ficha de evaluación del instrumento: Relación densidad /humedad (Proctor).*

| Indicadores | Criterios | Deficiente 0 – 20 | | | | Regular 21 - 40 | | | | Buena 41 - 60 | | | | Muy Buena 61 - 80 | | | | Excelente 81 – 100 | | | OBSERVACIONES | |
|-------------------------------|--|-------------------|----|----|----|-----------------|----|----|----|---------------|----|----|----|-------------------|----|----|----|--------------------|----|----|---------------|-----|
| | | 0 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 41 | 46 | 51 | 56 | 61 | 66 | 71 | 76 | 81 | 86 | 91 | | |
| ASPECTOS DE VALIDACION | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 96 | 100 |
| 1. Claridad | Esta formulado con un lenguaje apropiado | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | |
| 2. Objetividad | Esta expresado en conductas observables | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | |
| 3. Actualidad | Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |
| 4. Organización | Existe una organización lógica entre sus ítems | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 5. Suficiencia | Comprende los aspectos necesarios en cantidad y calidad. | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar las dimensiones del tema de la investigación | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | |
| 7. Consistencia | Basado en aspectos teóricos científicos de la investigación | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | |
| 8. Coherencia | Tiene relación entre las variables e indicadores | | | | | | | | | | | | 57 | | | | | | | | | |
| 9. Metodología | La estrategia responde a la elaboración de la investigación | | | | | | | | | | | | 57 | | | | | | | | | |

Piura, 12 de noviembre de 2020

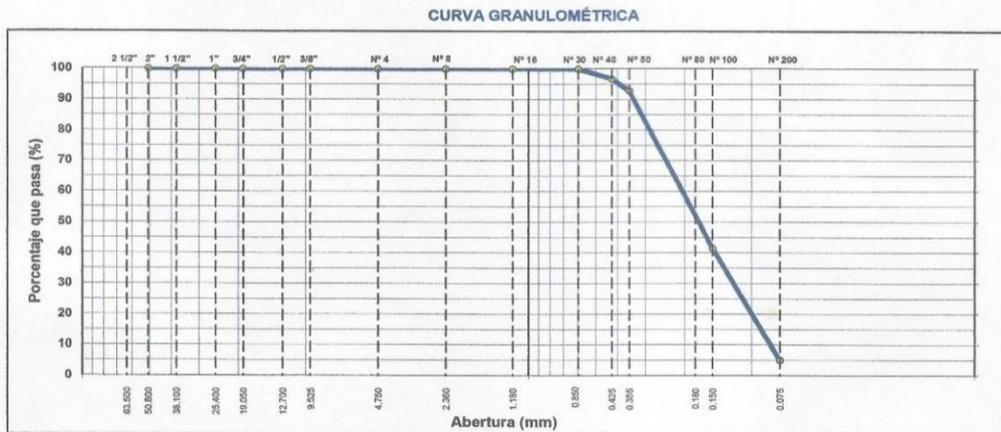
Mgtr. : MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
 DNI : 18166174
 Especialidad : INGENIERO CIVIL - ESTRUCTURAS
 E-mail : mchangheredia@hotmail.com



| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | CONTROL DE CALIDAD | |
|--|--|---|--|
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | |
| OBRA | | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | |
| MATERIAL | | Terreno Natural | |
| FECHA DE MUESTREO | | 16/09/20 | |
| MUESTRA | | Terreno Natural | |
| CANTERA | | | |
| UBICACIÓN | | E: 573232 N:9340111 | |
| N° REGISTRO | | : KATMON 1 - 002 | |
| TÉCNICO | | : CHALINGER O. | |
| ING° RESP. | | : Wilmer Cordova C. | |
| FECHA | | : 17/09/20 | |
| HECHO POR | | : KATIA FIESTAS | |
| | | : ROMAN MONTERO | |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 265.3 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 265.3 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 265.3 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 0.0 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 0.0 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 0.0 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-3 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SP |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200 |
| # 4 | 4.750 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % Grava = 0.0 % |
| # 8 | 2.360 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % Arena = 95.0 % |
| # 16 | 1.180 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % Fino = 5.0 % |
| # 30 | 0.600 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad |
| # 40 | 0.425 | 8.7 | 3.3 | 3.3 | 96.7 | 271.91 265.27 2.8% |
| # 50 | 0.355 | 10.5 | 4.0 | 7.2 | 92.8 | |
| # 80 | 0.180 | 10.5 | 4.0 | 11.2 | 88.8 | OBSERVACIONES: |
| # 100 | 0.150 | 125.6 | 47.4 | 59.5 | 41.5 | |
| # 200 | 0.075 | 96.8 | 36.5 | 95.0 | 5.0 | |
| < # 200 | FONDO | 13.2 | 5.0 | 100.0 | 0.0 | |

Descripción suelo: Arena pobremente gradada



Wilmer Cordova
WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 94799

Chalinger Obregón Flores
Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 16. Análisis Granulométrico por Tamizado (Calicata 01 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura)

| | |
|----------------------------------|--|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | |
| CONMTROL DE CALIDAD | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| | |
|--|--|
| LÍMITES DE ATTERBERG | |
| MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-99 Y T-90 | |

| | | | |
|-------------------|--|-------------|-----------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 2 - 002 |
| MATERIAL | Terreno Natural | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | ING° RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | FECHA | 13/12/16 |
| CANTERA | 0 | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | E: 673232 N:9340111 | | |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|----------------------|----|--|--|
| N° TARRO | NP | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | | |
| TARRO + SUELO SECO | | | |
| AGUA | | | |
| PESO DEL TARRO | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | |
| % DE HUMEDAD | | | |
| N° DE GOLPES | | | |

| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
|----------------------|----|--|--|
| N° TARRO | NP | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | | |
| TARRO + SUELO SECO | | | |
| AGUA | | | |
| PESO DEL TARRO | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | |
| % DE HUMEDAD | | | |
| N° DE GOLPES | | | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LÍMITE LÍQUIDO | 0.0 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 0.0 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 0.0 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

WILMER CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 94090

Chalinger Oregón Flores
 Técnico de Laboratorio

Figura 17. Límites de Atterberg (Calicata 01 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura)

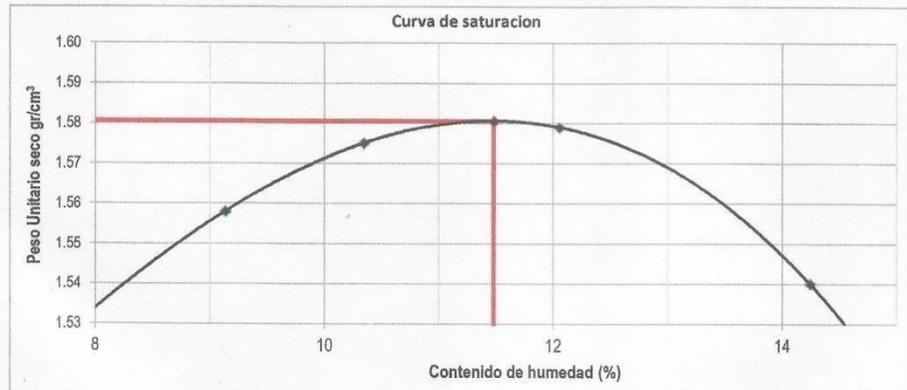
| | | |
|----------------------------------|--|--|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| | |
|--|--|
| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO | |
| MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D | |

| | | | |
|------------------|--|--------------------|-----------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 3 - 002 |
| MATERIAL | Terreno Natural | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTREO | 16/09/20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | FECHA | 17/09/2020 |
| CANTERA | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | E: 573232 N:9340111 | | |

| COMPACTACIÓN | | | | | |
|---|--------------|--------|--------|--|-------------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓ | : "A" | | | | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | : 25 | | | | |
| NUMERO DE CAPAS | : 5 | | | | |
| NÚMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 5455.0 | 5490.0 | 5520.0 | 5510.0 | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1590 | 1625 | 1655 | 1645 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 1.700 | 1.738 | 1.770 | 1.759 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.558 | 1.575 | 1.579 | 1.540 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE N° | | | | | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 244.5 | 241.2 | 250.0 | 268.7 | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 224.0 | 218.6 | 223.1 | 235.2 | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| PESO DE AGUA (gr) | 20.5 | 22.6 | 26.9 | 33.5 | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 224.0 | 218.6 | 223.1 | 235.2 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 9.1 | 10.3 | 12.1 | 14.2 | |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.581 | | | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 11.5 |



WILMER CORDOVA CORDOVA

 INGENIERO CIVIL

 Reg. Colegio de Ingenieros N° 94080

Chalinger Oregón Flores

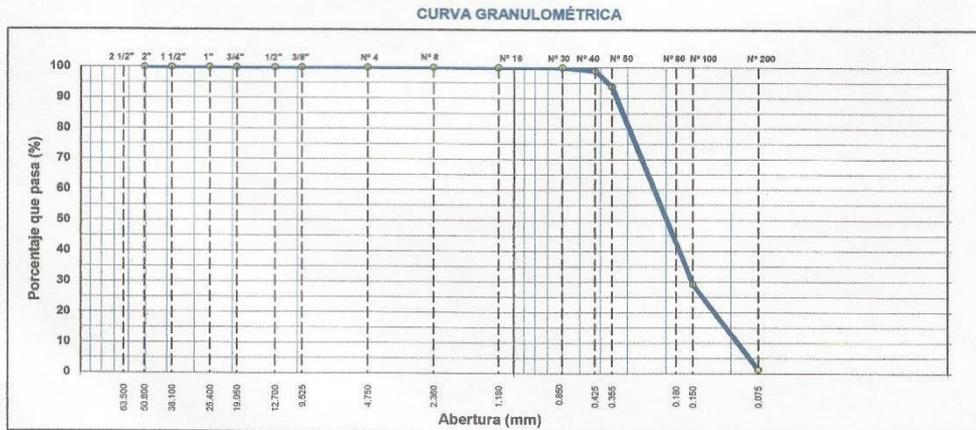
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 18. Proctor Modificado (Calicata 01 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura)

| | | |
|---|---|--------------------------------|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CONTROL DE CALIDAD | | |
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | |
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO : KATMON 1 - 001 |
| MATERIAL | Terreno Natural | TÉCNICO : CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | ING° RESP. : Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | FECHA : 17/09/20 |
| CANTERA | | HECHO POR : KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | E: 573530 N: 8340165 | : ROMAN MONTERO |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|---|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 344.0 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 344.0 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 344.0 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 0.0 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 0.0 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 0.0 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-3 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SP |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 : P.S. Seco, P.S. Lavado, % 200 |
| # 4 | 4.750 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % Grava = 0.0 % |
| # 8 | 2.360 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % Arena = 98.7 % |
| # 16 | 1.180 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % Fino = 1.3 % |
| # 30 | 0.600 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % HUMEDAD : P.S.H., P.S.S., % Humedad |
| # 40 | 0.425 | 17.9 | 5.2 | 6.3 | 93.8 | 345.66, 344.00, 0.6% |
| # 50 | 0.355 | | | | | OBSERVACIONES: |
| # 80 | 0.180 | 27.6 | 8.0 | 14.3 | 85.7 | |
| # 100 | 0.150 | 194.5 | 56.5 | 70.8 | 29.2 | |
| # 200 | 0.075 | 95.9 | 27.9 | 98.7 | 1.3 | |
| < # 200 | FONDO | 4.6 | 1.3 | 100.0 | 0.0 | |

Descripción suelo: Arena pobremente gradada




WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Inge. de Piura N° 10489


Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 19. Análisis Granulométrico por tamizado (Calicata 02 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura)

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONMTROL DE CALIDAD**

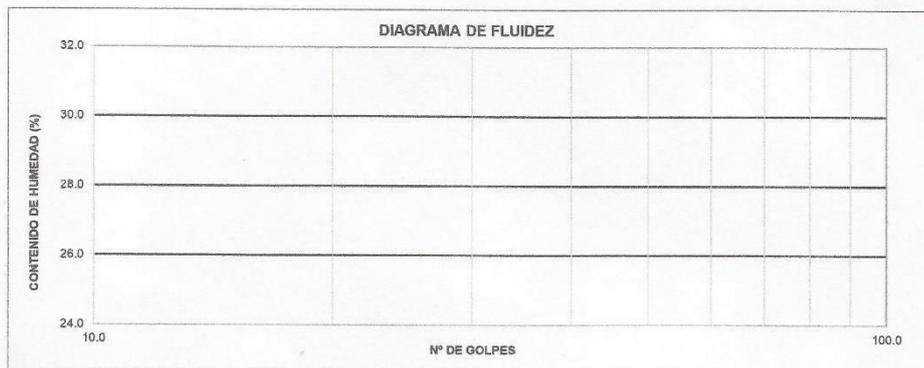
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | | | | |
|--------------------------|---|-----------|--------------------|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | | N° REGISTRO | KATMON 2 - 001 |
| MATERIAL | Terreno Natural | | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | | ING° RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | | FECHA | 13/12/16 |
| CANTERA | 0 | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | E: 573530 | N:9340165 | | |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|----------------------|--|-----------|--|
| N° TARRO | | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | NP | |
| TARRO + SUELO SECO | | | |
| AGUA | | | |
| PESO DEL TARRO | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | |
| % DE HUMEDAD | | | |
| N° DE GOLPES | | | |

| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
|----------------------|--|-----------|--|
| N° TARRO | | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | NP | |
| TARRO + SUELO SECO | | | |
| AGUA | | | |
| PESO DEL TARRO | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | |
| % DE HUMEDAD | | | |
| N° DE GOLPES | | | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|-----|
| LÍMITE LÍQUIDO | 0.0 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 0.0 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 0.0 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |


WILMER OSVALDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 64080


Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 20. Límites de Atterberg (Calicata 02 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura)

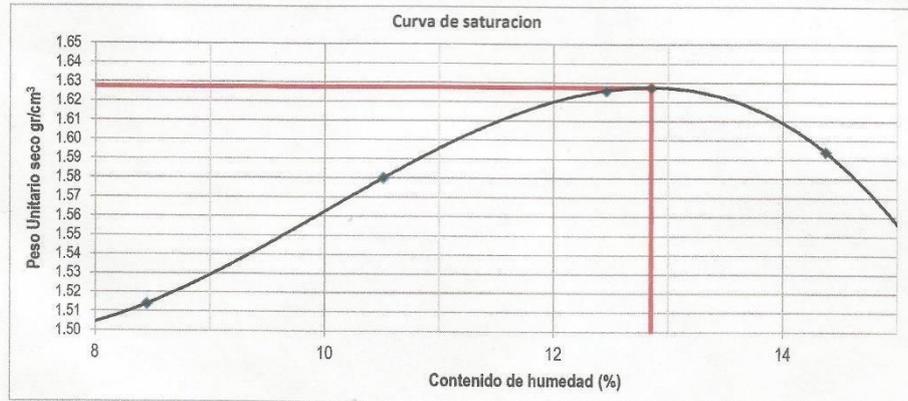
| | | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| | | | |
|--|--|--|--|
| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO | | | |
| MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D | | | |

| | | | |
|------------------|---|--------------------|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 3 - 001 |
| MATERIAL | Terreno Natural | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTREO | 16/09/20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | FECHA | 17/09/2020 |
| CANTERA | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | E: 573530 N:9340165 | | |

| COMPACTACIÓN | | | | | |
|---|--------------|--------|--|--------|-------------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓ | : "A" | | | | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | : 25 | | | | |
| NUMERO DE CAPAS | : 5 | | | | |
| NUMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 5401.0 | 5498.0 | 5575.0 | 5570.0 | 5570.0 |
| PESO DE MOLDE (gr) | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1536 | 1633 | 1710 | 1705 | 1705 |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 1.642 | 1.746 | 1.828 | 1.823 | 1.823 |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.514 | 1.580 | 1.626 | 1.594 | 1.594 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 219.9 | 257.1 | 265.0 | 258.7 | 258.7 |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 202.8 | 232.6 | 235.7 | 226.2 | 226.2 |
| PESO DE LA TARA (gr) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PESO DE AGUA (gr) | 17.1 | 24.5 | 29.4 | 32.5 | 32.5 |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 202.8 | 232.6 | 235.7 | 226.2 | 226.2 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 8.5 | 10.5 | 12.5 | 14.4 | 14.4 |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.628 | | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 12.9 |



WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 84000

Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 21. Proctor Modificado (Calicata 02 - Arena de Dunas, Desierto de Sechura)

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

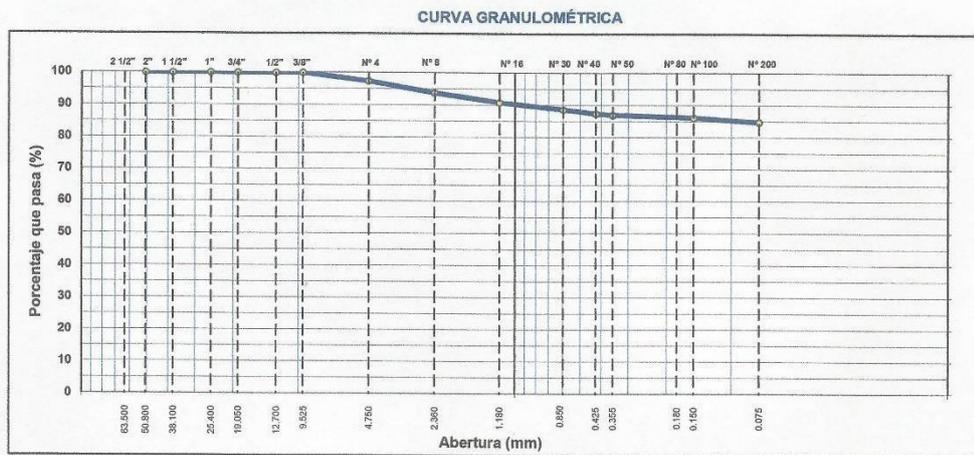
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

| | |
|--|---|
| OBRA ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 MATERIAL Terreno Natural FECHA DE MUESTREO 16/09/20 MUESTRA material de acopio cantera CANTERA carretera piura chichlayo km 960+000 UBICACIÓN E: 564531 N: 9335234 | N° REGISTRO : KATMON 1 - 004 TÉCNICO : CHALINGER O. ING° RESP. : Wilmer Cordova C. FECHA : 17/09/20 HECHO POR : KATIA FIESTAS : ROMAN MONTERO |
|--|---|

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 285.0 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 285.0 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 285.0 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 56.8 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 30.8 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 25.9 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-7-5 (18) |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = MH |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200 |
| # 4 | 4.750 | 7.53 | 2.6 | 2.6 | 97.4 | |
| # 8 | 2.360 | 10.30 | 3.6 | 6.3 | 93.8 | % Grava = 2.6 % |
| # 16 | 1.180 | 8.30 | 2.9 | 9.2 | 90.8 | % Arena = 12.6 % |
| # 30 | 0.600 | 6.35 | 2.2 | 11.4 | 88.6 | % Fino = 84.8 % |
| # 40 | 0.425 | 3.56 | 1.2 | 12.6 | 87.4 | % HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad |
| # 50 | 0.355 | 1.18 | 0.4 | 13.1 | 87.0 | 316.13 284.99 10.9% |
| # 80 | 0.180 | 0.47 | 0.2 | 13.2 | 86.8 | OBSERVACIONES: |
| # 100 | 0.150 | 1.95 | 0.7 | 13.9 | 86.1 | |
| # 200 | 0.075 | 3.81 | 1.3 | 15.2 | 84.8 | |
| < # 200 | FONDO | 241.5 | 84.8 | 100.0 | 0.0 | |

Descripción suelo: Lino de alta plasticidad con arena



Chalinger Oregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

WILMER OSKALDJO CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros de Piura

Figura 22. Análisis Granulométrico por tamizado (Material de Acopio de Cantera. 960+000 Km, Carretera Piura - Chiclayo)

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONMTROL DE CALIDAD**

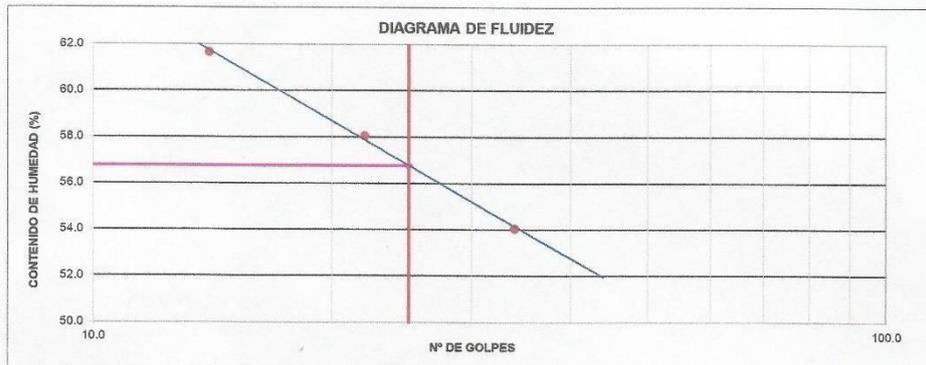
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | | | |
|--------------------------|--|--------------------|-----------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 2 - 004 |
| MATERIAL | Térreno Natural | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 18/09/20 | ING° RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | material de acopio cantera | FECHA | 17/09/20 |
| CANTERA | carretera piura chichlayo km 960+000 | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | E: 564531 N:9335234 | | |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|--|
| N° TARRO | 15 | 18 | 25 | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 55.23 | 54.28 | 56.48 | |
| TARRO + SUELO SECO | 41.26 | 40.32 | 42.34 | |
| AGUA | 13.97 | 13.96 | 14.14 | |
| PESO DEL TARRO | 15.42 | 16.27 | 19.41 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 25.84 | 24.05 | 22.93 | |
| % DE HUMEDAD | 54.1 | 58.0 | 61.7 | |
| N° DE GOLPES | 34 | 22 | 14 | |

| LÍMITE PLÁSTICO | | | | |
|----------------------|-------|-------|--|--|
| N° TARRO | 20T | 28T | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 21.54 | 20.45 | | |
| TARRO + SUELO SECO | 18.65 | 17.75 | | |
| AGUA | 2.89 | 2.70 | | |
| PESO DEL TARRO | 9.25 | 9.02 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | 9.40 | 8.73 | | |
| % DE HUMEDAD | 30.7 | 30.9 | | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 56.8 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 30.8 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 25.9 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

Wilmer Cordova Córdova
WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 94080

Chalinger Obregon Flores
Chalinger Obregon Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 23. Límites de Atterberg (Material de Acopio de Cantera 960+000 Km, Carretera Piura - Chiclayo)

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

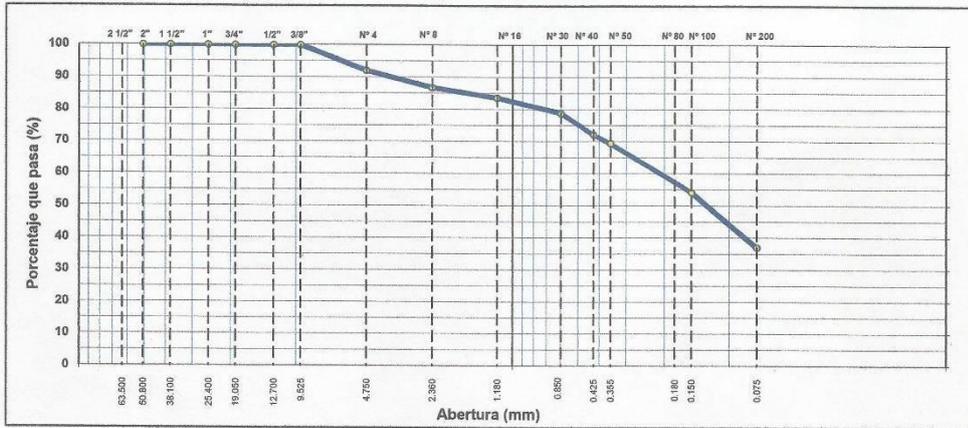
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

| | | |
|--------------------------|---|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO : KATMON 1 - 003 |
| MATERIAL | Terreno Natural | TÉCNICO : CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 18/09/20 | ING° RESP. : Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | FECHA : 17/09/20 |
| CANTERA | POSITOS | HECHO POR : KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | E: 564682 N:9336782 | : ROMAN MONTERO |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 332.8 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 332.8 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 332.8 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 37.6 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 23.9 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 13.7 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-6 (1) |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SC |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 : P.S.Seco. P.S.Lavado % 200 |
| # 4 | 4.750 | 26.6 | 8.0 | 8.0 | 92.0 | % Grava = 8.0 % |
| # 8 | 2.360 | 17.7 | 5.3 | 13.3 | 86.7 | % Arena = 53.1 % |
| # 16 | 1.180 | 10.5 | 3.2 | 16.5 | 83.6 | % Fino = 37.0 % |
| # 30 | 0.850 | 15.7 | 4.7 | 21.2 | 78.9 | % HUMEDAD : P.S.H. P.S.S % Humedad |
| # 40 | 0.425 | 22.4 | 6.7 | 27.9 | 72.1 | 364.23 332.75 6.5% |
| # 50 | 0.355 | 9.0 | 2.7 | 30.6 | 69.4 | |
| # 80 | 0.180 | 6.8 | 2.0 | 32.6 | 67.4 | OBSERVACIONES: |
| # 100 | 0.150 | 44.0 | 13.2 | 45.9 | 54.2 | |
| # 200 | 0.075 | 57.2 | 17.2 | 63.0 | 37.0 | |
| < # 200 | FONDO | 123.0 | 37.0 | 100.0 | 0.0 | |

Descripción suelo: Arena arcillosa

CURVA GRANULOMÉTRICA



Wilmer Cordova
WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 94030

Chalinger Oregón Flores
Chalinger Oregón Flores
 Técnica de Laboratorio de Suelos

Figura 24. Análisis Granulométrico por tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos)

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONMTROL DE CALIDAD**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-99 Y T-90

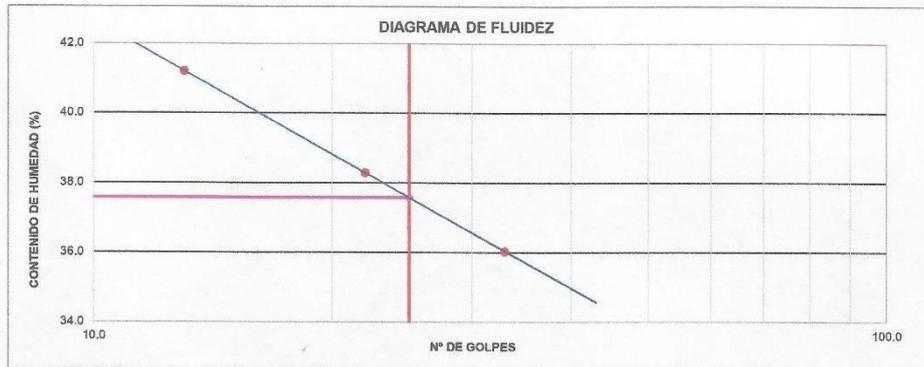
| | | | | |
|--------------------------|--|------------|--------------------|-------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | | N° REGISTRO | KATMON 2 - 003 |
| MATERIAL | Terreno Natural | | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 18/09/20 | | ING° RESP. | Wilmer Cardova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | | FECHA | 17/09/20 |
| CANTERA | POSITOS | | HECHO POR | KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | E: 564682 | N: 9336782 | | ROMAN MONTERO |

LÍMITE LÍQUIDO

| N° TARRO | MA1 | M28 | M20 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 50.57 | 49.53 | 51.79 |
| TARRO + SUELO SECO | 41.28 | 40.32 | 42.34 |
| AGUA | 9.31 | 9.21 | 9.45 |
| PESO DEL TARRO | 15.42 | 16.27 | 19.41 |
| PESO DEL SUELO SECO | 25.84 | 24.05 | 22.93 |
| % DE HUMEDAD | 36.0 | 38.3 | 41.2 |
| N° DE GOLPES | 33 | 22 | 13 |

LÍMITE PLÁSTICO

| N° TARRO | 20T | 28T |
|----------------------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 20.53 | 19.43 |
| TARRO + SUELO SECO | 18.36 | 17.42 |
| AGUA | 2.17 | 2.01 |
| PESO DEL TARRO | 9.25 | 9.02 |
| PESO DEL SUELO SECO | 9.11 | 8.40 |
| % DE HUMEDAD | 23.8 | 23.9 |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 37.6 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 23.9 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 13.7 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |



Chalinger Oregón Flores
Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 25. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos"

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

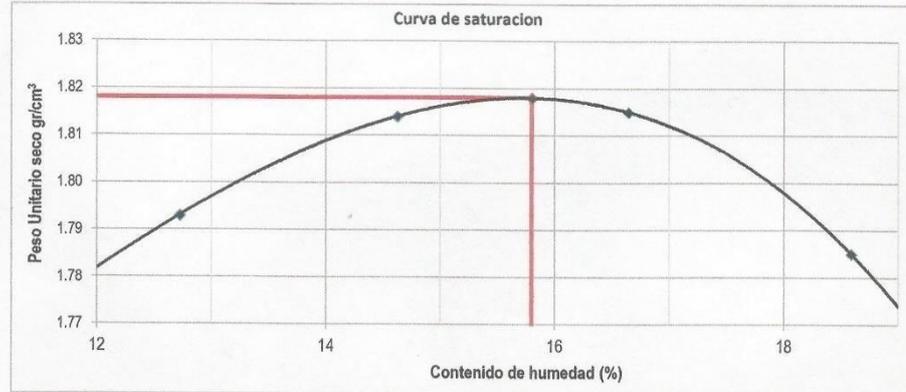
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

| | | | |
|------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 3 - 003 |
| MATERIAL | Terreno Natural | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTREO | 16/09/20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | Terreno Natural | FECHA | 17/09/2020 |
| CANTERA | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | E: 564682 N:9336782 | | |

COMPACTACIÓN

| | | | | |
|---|--------------|--|--------|-------------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN | : "A" | | | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | : 25 | | | |
| NUMERO DE CAPAS | : 5 | | | |
| NUMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 5755.0 | 5810.0 | 5845.0 | 5845.0 |
| PESO DE MOLDE (gr) | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1890 | 1945 | 1990 | 1990 |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 2.021 | 2.080 | 2.117 | 2.117 |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.793 | 1.814 | 1.815 | 1.785 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | |
| RECIPIENTE N° | | | | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 231.1 | 208.8 | 220.5 | 245.3 |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 205.0 | 182.2 | 189.0 | 206.9 |
| PESO DE LA TARA (gr) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PESO DE AGUA (gr) | 26.1 | 26.6 | 31.5 | 38.5 |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 205.0 | 182.2 | 189.0 | 206.9 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 12.7 | 14.6 | 16.6 | 18.6 |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.818 | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 15.8 |



Wilmer Cordova
WILMER BERNALDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú

Chalinger Obregon Flores
Chalinger Obregon Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 26. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos)

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 ASTM D-1883 AASHTO T-193

| | | | |
|-------------------|---|-----------------|-------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REG. TÉCNICO | KATMON 4 - 01 CHALINGER O. |
| MATERIAL: | Terreno Natural | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA: | Terreno Natural | MUESTREO | 16/09/20 |
| UBICACIÓN: | E: 564682 N:9336782 | ENSAYO | 11/10/20 |

| DENSIDAD SECA | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|----------------|--|
| Molde N°: | 07 | | | | 04 | | | | 01 | | | |
| N° de capas: | 5 | | | | 5 | | | | 5 | | | |
| N° de golpes por capa: | 56 | | | | 25 | | | | 12 | | | |
| Condición de la muestra: | Sumergida | | | | Sumergida | | | | Sumergida | | | |
| | Sin Mojar | | Mojada | | Sin Mojar | | Mojada | | Sin Mojar | | Mojada | |
| Peso molde + suelo húmedo | 12189 | 12268 | 12020 | 12197 | 12230 | 12452 | | | | | | |
| Peso del molde | 7740 | 7740 | 7888 | 7888 | 8208 | 8208 | | | | | | |
| Volumen del molde | 2118.6 | 2118.6 | 2104.0 | 2104.0 | 2136.9 | 2136.9 | | | | | | |
| % de humedad | 15.85 | 18.01 | 15.8 | 20.87 | 15.7 | 21.93 | | | | | | |
| Densidad seca | 1.813 | 1.811 | 1.696 | 1.694 | 1.626 | 1.629 | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | | |
| Tarro + suelo húmedo | 176.9 | 215.6 | 219.0 | 199.8 | 161.1 | 214.6 | | | | | | |
| Tarro + suelo seco | 152.7 | 182.7 | 189.1 | 165.3 | 139.2 | 176.0 | | | | | | |
| Peso del agua | 24.2 | 32.9 | 29.9 | 34.5 | 21.9 | 38.6 | | | | | | |
| Peso de tarro | | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco | 152.7 | 182.7 | 189.1 | 165.3 | 139.2 | 176.0 | | | | | | |
| % de humedad | 15.85% | 18.01% | 15.81% | 20.87% | 15.73% | 21.93% | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | |
| FECHA dd/mm/aa | HORA | TIEMPO h | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | |
| | | | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | EXPANSIÓN % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | EXPANSIÓN % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | EXPANSIÓN % | |
| 07/10/20 | 15:30 | 0 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | | |
| 08/10/20 | 15:30 | 24 | 130.0 | 1.30 | 1.02 | 134.0 | 1.34 | 1.06 | 149.0 | 1.49 | 1.17 | |
| 09/10/20 | 15:30 | 48 | 151.0 | 1.51 | 1.19 | 168.0 | 1.88 | 1.32 | 192.0 | 1.92 | 1.51 | |
| 10/10/20 | 15:30 | 72 | 162.0 | 1.62 | 1.28 | 189.0 | 1.89 | 1.49 | 215.0 | 2.15 | 1.69 | |
| 11/10/20 | 15:30 | 96 | 174.0 | 1.74 | 1.37 | 196.0 | 1.96 | 1.54 | 219.0 | 2.19 | 1.72 | |
| CBR | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN (x10 ⁻¹) | Carga Estándar | MOLDE N° 07 | | | MOLDE N° 04 | | | MOLDE N° 01 | | | | |
| | | Lectura | Corrección | | Lectura | Corrección | | Lectura | Corrección | | | |
| mm | pulg | Kg/cm2 | dial | Kg | Kg/cm2 | dial | Kg | Kg/cm2 | dial | Kg | Kg/cm2 | |
| 0.635 | 0.025 | | 16 | 16 | 0.8 | 5 | 5 | 0.2 | 4 | 4 | 0.2 | |
| 1.270 | 0.050 | | 46 | 46 | 2.3 | 18 | 18 | 0.9 | 15 | 15 | 0.7 | |
| 1.905 | 0.075 | | 68 | 68 | 3.4 | 35 | 35 | 1.7 | 29 | 29 | 1.4 | |
| 2.540 | 0.100 | 70.31 | 136 | 136 | 6.7 | 45 | 45 | 2.2 | 36 | 36 | 1.8 | |
| 3.810 | 0.150 | | 195 | 195 | 9.6 | 85 | 85 | 4.2 | 78 | 78 | 3.8 | |
| 5.080 | 0.200 | 105.46 | 250 | 250 | 12.3 | 106 | 106 | 5.2 | 98 | 98 | 4.8 | |
| 6.350 | 0.250 | | 301 | 301 | 14.9 | 198 | 198 | 9.8 | 135 | 135 | 6.7 | |
| 7.620 | 0.300 | | 481 | 481 | 23.7 | 287 | 287 | 14.2 | 198 | 198 | 9.8 | |
| 10.160 | 0.400 | | 581 | 581 | 28.7 | 345 | 345 | 17.0 | 265 | 265 | 13.1 | |
| 12.700 | 0.500 | | 690 | 690 | 34.0 | 402 | 402 | 19.8 | 299 | 299 | 14.8 | |


WILMER CORDOVA CORDOVA
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de E. 10000 P 94090


Chalinger Obregón Flores
Técnico de Laboratorio de Suelos

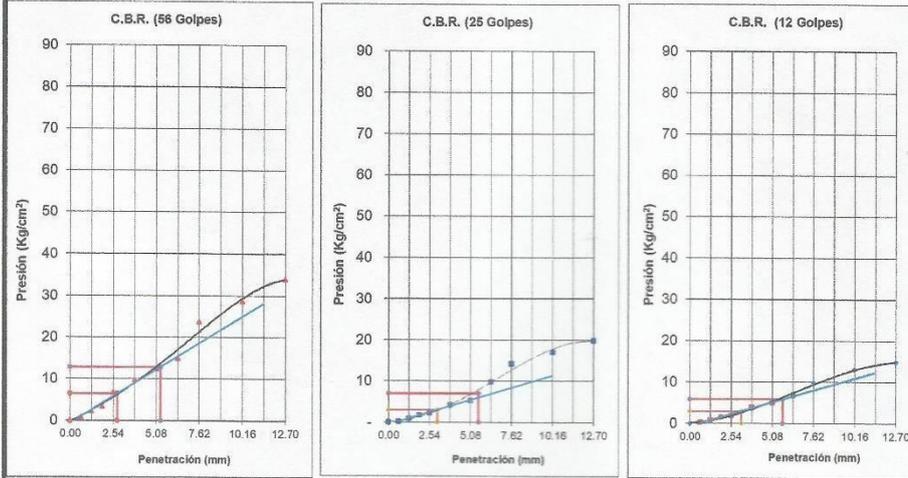
Figura 27. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos"

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CONTROL DE CALIDAD

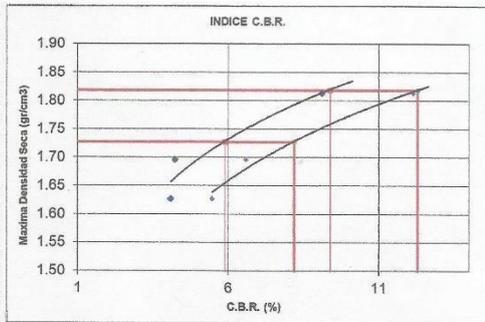
| | | | |
|-------------------|---|-------------------|-------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REG. TÉCNICO | KATMON 4 - 01 CHALINGER O. |
| MATERIAL: | Terreno Natural | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA: | Terreno Natural | FECHA DE MUESTREO | 18/09/20 |
| UBICACIÓN: | E: 564682 N:9336782 | FECHA DE ENSAYO | 11/10/20 |

GRÁFICO PENETRACIÓN DE CBR



| | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| CBR 0.1" (%)= 9.1 | CBR 0.1" (%)= 4.2 | CBR 0.1" (%)= 4.1 |
| CBR 0.2" (%)= 12.2 | CBR 0.2" (%)= 6.6 | CBR 0.2" (%)= 5.5 |
| Densidad Seca (gr/cc) : 1.813 | Densidad Seca (gr/cc) : 1.696 | Densidad Seca (gr/cc) : 1.626 |

DETERMINACIÓN DEL CBR



Datos de Proctor:

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad Seca 100% | 1.818 | gr/cm ³ |
| Óptimo Humedad | 15.8 | % |
| Densidad Seca 95% | 1.727 | gr/cm ³ |

| | |
|----------------------------|------|
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": | 5.9 |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": | 9.4 |
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": | 8.2 |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": | 12.3 |

WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros Nº 94080

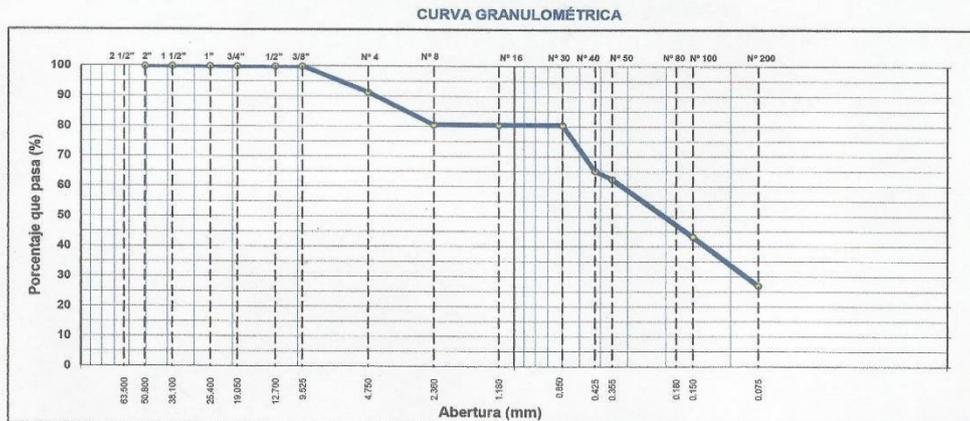
Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 28. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos"

| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CONTROL DE CALIDAD | | | |
|--|--|---|--|
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | |
| OBRA | | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | |
| MATERIAL | | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | |
| FECHA DE MUESTREO | | 18/09/20 | |
| MUESTRA | | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | |
| CANTERA | | POSITOS MAS ARENA FINA | |
| UBICACIÓN | | | |
| | | N° REGISTRO : KATMON 1 - 009 | |
| | | TÉCNICO : CHALINGER O. | |
| | | ING° RESP. : Wilmer Cordova C. | |
| | | FECHA : 17/09/20 | |
| | | HECHO POR : KATIA FIESTAS : ROMAN MONTERO | |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 287.2 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 287.2 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 287.2 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 34.1 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 22.9 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 11.2 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-2-6 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SC |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 |
| # 4 | 4.750 | 24.91 | 8.7 | 8.7 | 91.3 | P.S. Seco |
| # 8 | 2.360 | 30.97 | 10.8 | 19.5 | 80.6 | P.S. Lavado |
| # 16 | 1.180 | 0.00 | 0.0 | 19.5 | 80.6 | % Grava = 8.7 % |
| # 30 | 0.600 | 0.00 | 0.0 | 19.5 | 80.6 | % Arena = 64.4 % |
| # 40 | 0.425 | 44.19 | 15.4 | 34.8 | 65.2 | % Fino = 27.0 % |
| # 50 | 0.355 | 7.88 | 2.7 | 37.6 | 62.4 | % HUMEDAD |
| # 80 | 0.180 | 0.00 | 0.0 | 37.6 | 62.4 | P.S.H. P.S.S. % Humedad |
| # 100 | 0.150 | 55.09 | 19.2 | 56.8 | 43.2 | 300.00 287.19 4.5% |
| # 200 | 0.075 | 46.75 | 16.3 | 73.0 | 27.0 | |
| < # 200 | FONDO | 77.4 | 27.0 | 100.0 | 0.0 | OBSERVACIONES: |

Descripción suelo: Arena arcillosa con grava




 WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros P. 94859


 Chalinger Obregon Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 29. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 90% + Arena de duna 10%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONMTROL DE CALIDAD**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

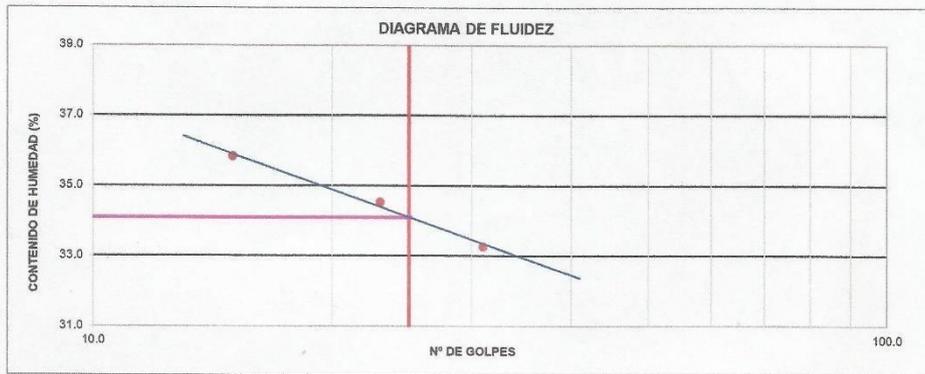
| | | | |
|--------------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 2 - 009 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 18/09/20 | ING° RESP. | Wilmer Cardova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | FECHA | 17/09/20 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

LÍMITE LÍQUIDO

| N° TARRO | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 65.53 | 59.55 | 59.66 |
| TARRO + SUELO SECO | 53.02 | 48.11 | 47.86 |
| AGUA | 12.61 | 11.54 | 11.70 |
| PESO DEL TARRO | 15.12 | 14.89 | 15.32 |
| PESO DEL SUELO SECO | 37.90 | 33.42 | 32.64 |
| % DE HUMEDAD | 33.3 | 34.5 | 35.8 |
| N° DE GOLPES | 31 | 23 | 15 |

LÍMITE PLÁSTICO

| N° TARRO | 14 | 15 |
|----------------------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 18.55 | 19.78 |
| TARRO + SUELO SECO | 17.05 | 18.02 |
| AGUA | 1.60 | 1.76 |
| PESO DEL TARRO | 10.02 | 10.36 |
| PESO DEL SUELO SECO | 7.03 | 7.66 |
| % DE HUMEDAD | 22.8 | 23.0 |



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

| | |
|-----------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 34.1 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 22.9 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 11.2 |

OBSERVACIONES

| |
|--|
| |
|--|


WILMER CARDOVA COCHOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros: P 841991


Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 30. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 90% + Arena de duna 10%

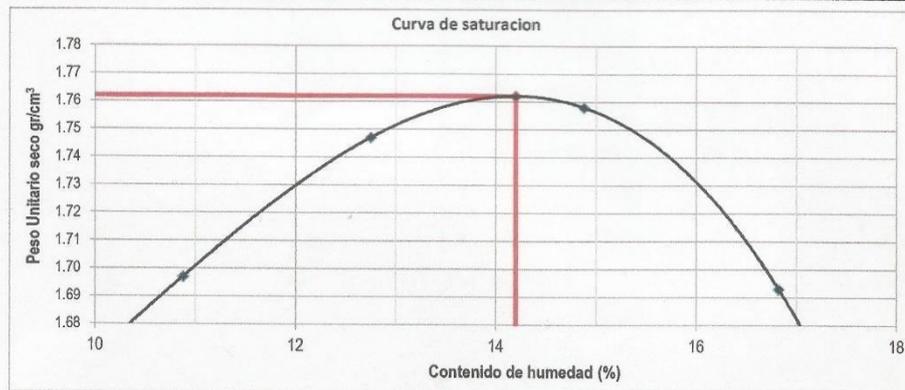
| | | |
|----------------------------------|--|--|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| |
|--|
| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO |
| MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D |

| | | | |
|------------------|---|--------------------|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 3 - 009 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTREO | 16/09/20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | FECHA | 17/09/2020 |
| CANTERA | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

| COMPACTACIÓN | | | | | |
|---|--------------|--|--------|-------------|--|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓ | "A" | | | | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | 25 | | | | |
| NUMERO DE CAPAS | 5 | | | | |
| NUMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 5625.0 | 5707.0 | 5754.0 | 5715.0 | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1760 | 1842 | 1889 | 1850 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 1.882 | 1.970 | 2.020 | 1.978 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.697 | 1.747 | 1.758 | 1.693 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE N° | | | | | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 215.4 | 223.3 | 214.6 | 199.3 | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 194.2 | 198.0 | 186.8 | 170.6 | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| PESO DE AGUA (gr) | 21.1 | 25.3 | 27.8 | 28.7 | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 194.2 | 198.0 | 186.8 | 170.6 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 10.9 | 12.8 | 14.9 | 16.8 | |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.762 | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 14.2 | |



WILMER CORDOVA CORDOVA

 INGENIERO CIVIL

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Chalinger Obregón Flores

 Técnico de Laboratorio

17/09/2020

Figura 31. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 90% + Arena de duna 10%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 ASTM D- 1883 AASHTO T- 193

| | | |
|-------------------|--|--------------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE C N° REG. | KATMON 4 - 05 |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | TÉCNICO CHALINGER O. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 90 - 10 | ING. RESP. Wilmer Cordova C. |
| UBICACIÓN: | | MUESTREO 16/09/20 ENSAYO 23/12/16 |

| DENSIDAD SECA | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------------------|---------------|-----------------|-----------|---------------|-----------------|--------|---------------|-----------------|--------|
| Molde N°: | 04 | | 05 | | 06 | | | | | | |
| N° de capas: | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | |
| N° de golpes por capa: | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | |
| Condición de la muestra: | Sumergida | | Sumergida | | Sumergida | | | | | | |
| | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | | | | | |
| Peso molde + suelo húmedo | 12119 | 12209 | 11960 | 12110 | 12090 | 12242 | | | | | |
| Peso del molde | 7888 | 7888 | 7945 | 7945 | 8118 | 8118 | | | | | |
| Volumen del molde | 2104.0 | 2104.0 | 2101.1 | 2101.1 | 2114.1 | 2114.1 | | | | | |
| % de humedad | 14.22 | 16.40 | 14.2 | 18.60 | 16.2 | 20.50 | | | | | |
| Densidad seca | 1.761 | 1.764 | 1.673 | 1.671 | 1.617 | 1.619 | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | |
| Tarro + suelo húmedo | 295.60 | 348.20 | 263.35 | 287.56 | 201.36 | 425.65 | | | | | |
| Tarro + suelo seco | 258.80 | 299.14 | 230.60 | 242.46 | 173.32 | 353.23 | | | | | |
| Peso del agua | 36.8 | 49.1 | 32.8 | 45.1 | 28.0 | 72.4 | | | | | |
| Peso de tarro | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco | 258.8 | 299.1 | 230.6 | 242.5 | 173.3 | 353.2 | | | | | |
| % de humedad | 14.22% | 16.40% | 14.20% | 18.60% | 16.18% | 20.50% | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
| FECHA dd/mm/aa | HORA | TIEMPO h | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | % |
| 19/12/16 | 15:30 | 0 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 20/12/16 | 15:30 | 24 | 79.0 | 0.79 | 0.62 | 82.0 | 0.82 | 0.65 | 93.0 | 0.93 | 0.73 |
| 21/12/16 | 15:30 | 48 | 96.0 | 0.96 | 0.76 | 105.0 | 1.05 | 0.83 | 113.0 | 1.13 | 0.89 |
| 22/12/16 | 15:30 | 72 | 120.0 | 1.20 | 0.94 | 136.0 | 1.36 | 1.07 | 153.0 | 1.53 | 1.20 |
| 23/12/16 | 15:30 | 96 | 146.0 | 1.46 | 1.15 | 160.0 | 1.60 | 1.26 | 170.0 | 1.70 | 1.34 |
| CBR | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN (x10 ⁻¹) | | Carga Estándar Kg/cm2 | MOLDE N° 04 | | | MOLDE N° 05 | | | MOLDE N° 06 | | |
| mm | pulg | | Lectura | Corrección | Kg/cm2 | Lectura | Corrección | Kg/cm2 | Lectura | Corrección | Kg/cm2 |
| 0.635 | 0.025 | | 19 | 19 | 0.9 | 14 | 14 | 0.7 | 10 | 10 | 0.5 |
| 1.270 | 0.050 | | 76 | 76 | 3.7 | 49 | 49 | 2.4 | 38 | 38 | 1.9 |
| 1.905 | 0.075 | | 149 | 149 | 7.4 | 98 | 98 | 4.8 | 68 | 68 | 3.4 |
| 2.540 | 0.100 | 70.31 | 268 | 268 | 13.2 | 185 | 185 | 9.1 | 126 | 126 | 6.2 |
| 3.810 | 0.150 | | 389 | 389 | 19.2 | 289 | 289 | 14.3 | 195 | 195 | 9.6 |
| 5.080 | 0.200 | 105.46 | 502 | 502 | 24.8 | 356 | 356 | 17.6 | 278 | 278 | 13.7 |
| 6.350 | 0.250 | | 675 | 675 | 33.3 | 436 | 436 | 21.5 | 341 | 341 | 16.8 |
| 7.620 | 0.300 | | 799 | 799 | 39.4 | 512 | 512 | 25.3 | 412 | 412 | 20.3 |
| 10.160 | 0.400 | | 825 | 825 | 40.7 | 598 | 598 | 29.5 | 489 | 489 | 24.1 |
| 12.700 | 0.500 | | 842 | 842 | 41.5 | 623 | 623 | 30.7 | 501 | 501 | 24.7 |


WILMER OSNALDO CORDOVA CORDOVA
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros de garza


Chalinger Obregon Flores
Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 32. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 90% + Arena de duna 10%

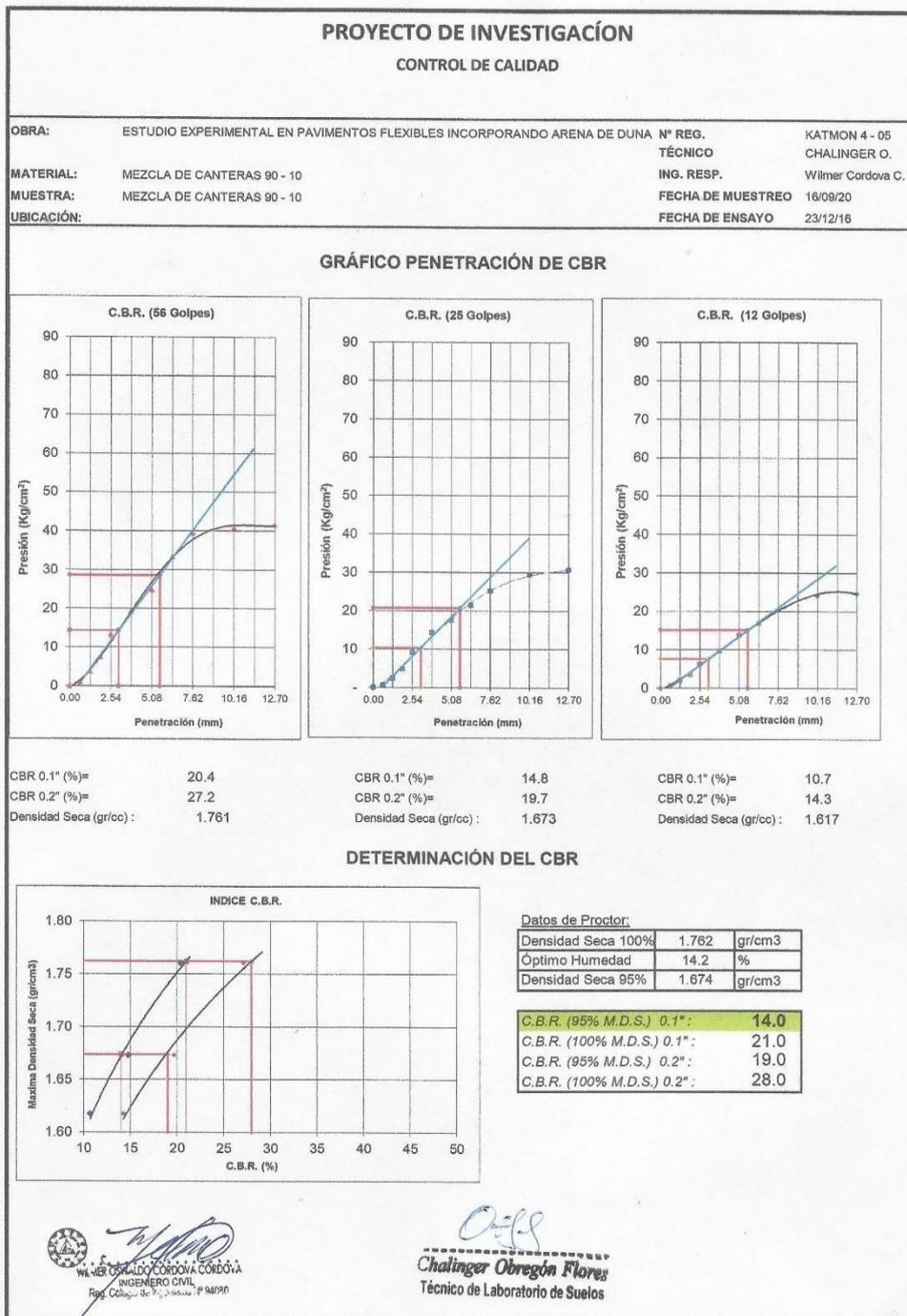


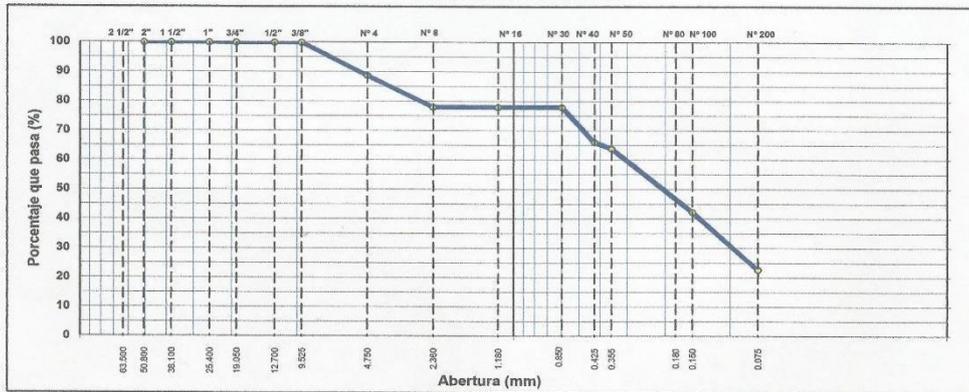
Figura 33. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 90% + Arena de duna 10%

| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CONTROL DE CALIDAD | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | |
|--|---|--|--------------------------------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-98 | | | |
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | | N° REGISTRO : KATMON 1 - 008 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | | TÉCNICO : CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 03/10/20 | | ING° RESP. : Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | | FECHA : 04/10/20 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA | | HECHO POR : KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | | | : ROMAN MONTERO |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|---|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 290.2 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 290.2 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 290.2 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 33.4 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 23.6 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 9.7 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-2-4 [0] |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SM |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 : P.S. Seco : P.S. Lavado : % 200 |
| # 4 | 4.750 | 32.76 | 11.3 | 11.3 | 88.7 | % Grava = 11.3 % |
| # 8 | 2.360 | 30.93 | 10.7 | 22.0 | 78.1 | % Arena = 66.0 % |
| # 16 | 1.180 | 0.00 | 0.0 | 22.0 | 78.1 | % Fino = 22.7 % |
| # 30 | 0.850 | 0.00 | 0.0 | 22.0 | 78.1 | % HUMEDAD : P.S.H. : P.S.S. : % Humedad |
| # 40 | 0.425 | 34.83 | 12.0 | 34.0 | 66.1 | 300.00 : 280.20 : 3.4% |
| # 50 | 0.355 | 6.36 | 2.2 | 36.1 | 63.9 | |
| # 80 | 0.180 | 0.00 | 0.0 | 36.1 | 63.9 | OBSERVACIONES: |
| # 100 | 0.150 | 62.85 | 21.7 | 57.8 | 42.2 | |
| # 200 | 0.075 | 56.65 | 19.5 | 77.3 | 22.7 | |
| < # 200 | FONDO | 65.8 | 22.7 | 100.0 | 0.0 | |

Descripción suelo: Arena limosa con grava

CURVA GRANULOMÉTRICA




 WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros de Piura N° 84999


 Chalingor Obregon
 Técnico de Laboratorio de Suelos

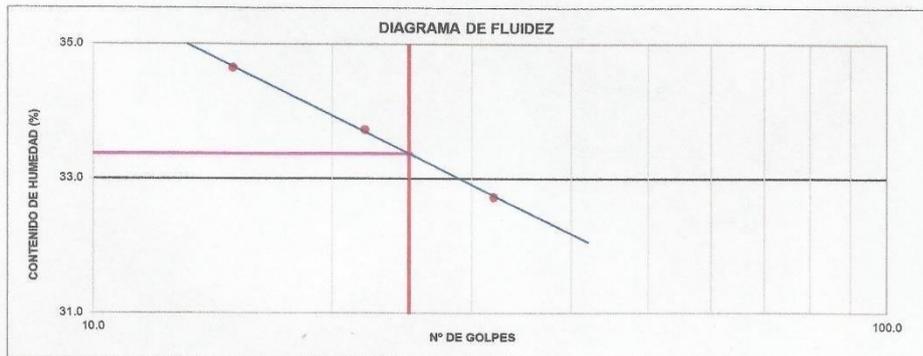
Figura 34. Análisis Granulométrico - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos"

80% + Arena de duna 20%

| | | | |
|---|---|--------------------|--------------------------------|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | | |
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | |
| LÍMITES DE ATTERBERG | | | |
| <small>MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-99 Y T-90</small> | | | |
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 2 - 008 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 03/10/20 | ING° RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | FECHA | 04/10/20 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|--|
| N° TARRO | 1 | 2 | 3 | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 52.36 | 51.09 | 55.26 | |
| TARRO + SUELO SECO | 42.99 | 41.98 | 45.06 | |
| AGUA | 9.37 | 9.13 | 10.20 | |
| PESO DEL TARRO | 14.36 | 14.89 | 15.62 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 28.63 | 27.07 | 29.44 | |
| % DE HUMEDAD | 32.7 | 33.7 | 34.6 | |
| N° DE GOLPES | 32 | 22 | 15 | |

| LÍMITE PLÁSTICO | | | | |
|----------------------|-------|-------|--|--|
| N° TARRO | 50 | 51 | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 19.96 | 19.72 | | |
| TARRO + SUELO SECO | 17.90 | 17.90 | | |
| AGUA | 2.06 | 1.82 | | |
| PESO DEL TARRO | 9.12 | 10.25 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | 8.78 | 7.65 | | |
| % DE HUMEDAD | 23.5 | 23.8 | | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 33.4 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 23.6 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 9.7 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |

WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros, N° 94089

Chalinger Obregon Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 35. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 80% + Arena de duna 20%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 ASTM D-1883 AASHTO T-193

| | | |
|-------------------|--|-------------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE [N° REG. | KATMON 4 - 04 |
| | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | ING. RESP. Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | MUESTREO 03/10/20 |
| UBICACIÓN: | | ENSAYO 23/12/16 |

| DENSIDAD SECA | | | | | | |
|---------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| Molde N°: | 01 | | 02 | | 03 | |
| N° de capas: | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° de golpes por capa: | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra: | Sumergida | | Sumergida | | Sumergida | |
| | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada |
| Peso molde + suelo húmedo | 12587 | 12678 | 12299 | 12447 | 11805 | 12016 |
| Peso del molde | 8208 | 8208 | 8145 | 8145 | 7900 | 7900 |
| Volumen del molde | 2136.9 | 2136.9 | 2111.3 | 2111.3 | 2114.0 | 2114.0 |
| % de humedad | 13.64 | 15.92 | 13.6 | 17.83 | 13.6 | 19.92 |
| Densidad seca | 1.803 | 1.805 | 1.732 | 1.729 | 1.626 | 1.624 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tarro N° | 01 | | 02 | | 03 | |
| Tarro + suelo húmedo | 228.30 | 312.40 | 291.30 | 391.30 | 281.40 | 356.40 |
| Tarro + suelo seco | 200.90 | 269.50 | 256.40 | 332.10 | 247.70 | 297.20 |
| Peso del agua | 27.4 | 42.9 | 34.9 | 59.2 | 33.7 | 59.2 |
| Peso de tarro | | | | | | |
| Peso del suelo seco | 200.9 | 269.5 | 256.4 | 332.1 | 247.7 | 297.2 |
| % de humedad | 13.64% | 15.92% | 13.61% | 17.83% | 13.61% | 19.92% |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------------|---------------|-----------------|------|---------------|-----------------|------|---------------|-----------------|------|
| FECHA dd/mm/aa | HORA | TIEMPO h | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | % |
| 19/12/16 | 15:30 | 0 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 20/12/16 | 15:30 | 24 | 52.0 | 0.52 | 0.41 | 56.0 | 0.56 | 0.44 | 61.0 | 0.61 | 0.48 |
| 21/12/16 | 15:30 | 48 | 66.0 | 0.66 | 0.52 | 72.0 | 0.72 | 0.57 | 78.0 | 0.78 | 0.61 |
| 22/12/16 | 15:30 | 72 | 89.0 | 0.89 | 0.70 | 94.0 | 0.94 | 0.74 | 101.0 | 1.01 | 0.80 |
| 23/12/16 | 15:30 | 96 | 92.0 | 0.92 | 0.72 | 102.0 | 1.02 | 0.80 | 112.0 | 1.12 | 0.88 |

| CBR | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|--------------------------|-------------|------------|--------|-------------|------------|--------|-------------|------------|--------|
| PENETRACIÓN (x10 ⁻¹) | | Carga Estándar Kg/cm2 | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| mm | pulg | | Lectura | Corrección | Kg/cm2 | Lectura | Corrección | Kg/cm2 | Lectura | Corrección | Kg/cm2 |
| 0.635 | 0.025 | | 32 | 32 | 1.6 | 20 | 20 | 1.0 | 13 | 13 | 0.6 |
| 1.270 | 0.050 | | 88 | 88 | 4.3 | 59 | 59 | 2.9 | 38 | 38 | 1.9 |
| 1.905 | 0.075 | | 181 | 181 | 8.9 | 98 | 98 | 4.8 | 75 | 75 | 3.7 |
| 2.540 | 0.100 | 70.31 | 289 | 289 | 14.3 | 187 | 187 | 9.2 | 136 | 136 | 6.7 |
| 3.810 | 0.150 | | 488 | 488 | 24.1 | 285 | 285 | 14.1 | 185 | 185 | 9.1 |
| 5.080 | 0.200 | 105.46 | 654 | 654 | 32.3 | 415 | 415 | 20.5 | 172 | 172 | 8.5 |
| 6.350 | 0.250 | | 998 | 998 | 49.2 | 574 | 574 | 28.3 | 364 | 364 | 18.0 |
| 7.620 | 0.300 | | 1100 | 1100 | 54.3 | 799 | 799 | 39.4 | 456 | 456 | 22.5 |
| 10.160 | 0.400 | | 1300 | 1300 | 64.1 | 895 | 895 | 44.2 | 500 | 500 | 24.7 |
| 12.700 | 0.500 | | 1400 | 1400 | 69.1 | 920 | 920 | 45.4 | 520 | 520 | 25.7 |


WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 84080


Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 36. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural)
"Los Pocitos" 80% + Arena de duna 20%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 ASTM D-1883 AASHTO T-193

| | | | |
|-------------------|--|-------------------|-------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE | N° REG. | KATMON 4 - 04 |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 80 - 20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| UBICACIÓN: | | MUESTREO | 03/10/20 |
| | | ENSAYO | 23/12/16 |

| DENSIDAD SECA | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------------------|-------------|------------|-----------|-------------|------------|--------|-------------|------------|--------|-----------|------|------|
| Molde N°: | 01 | | 02 | | 03 | | | | | | | | | |
| N° de capas: | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | |
| N° de golpes por capa: | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | |
| Condición de la muestra: | Sumergida | | Sumergida | | Sumergida | | | | | | | | | |
| | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | | | | | | | | |
| Peso molde + suelo húmedo | 12587 | 12678 | 12299 | 12447 | 11805 | 12016 | | | | | | | | |
| Peso del molde | 8208 | 8208 | 8145 | 8145 | 7900 | 7900 | | | | | | | | |
| Volumen del molde | 2136.9 | 2136.9 | 2111.3 | 2111.3 | 2114.0 | 2114.0 | | | | | | | | |
| % de humedad | 13.64 | 15.92 | 13.6 | 17.83 | 13.6 | 19.92 | | | | | | | | |
| Densidad seca | 1.803 | 1.805 | 1.732 | 1.729 | 1.626 | 1.624 | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro + suelo húmedo | 228.30 | 312.40 | 291.30 | 391.30 | 281.40 | 356.40 | | | | | | | | |
| Tarro + suelo seco | 200.90 | 269.50 | 256.40 | 332.10 | 247.70 | 297.20 | | | | | | | | |
| Peso del agua | 27.4 | 42.9 | 34.9 | 59.2 | 33.7 | 59.2 | | | | | | | | |
| Peso de tarro | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco | 200.9 | 269.5 | 256.4 | 332.1 | 247.7 | 297.2 | | | | | | | | |
| % de humedad | 13.64% | 15.92% | 13.61% | 17.83% | 13.61% | 19.92% | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA dd/mm/aa | HORA | TIEMPO h | LECT. | | | EXPANSIÓN | | | LECT. | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | dial | mm | % | dial | mm | % | dial | mm | % | dial | mm | % |
| 19/12/16 | 15:30 | 0 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 20/12/16 | 15:30 | 24 | 52.0 | 0.52 | 0.41 | 56.0 | 0.56 | 0.44 | 61.0 | 0.61 | 0.48 | 61.0 | 0.61 | 0.48 |
| 21/12/16 | 15:30 | 48 | 66.0 | 0.66 | 0.52 | 72.0 | 0.72 | 0.57 | 78.0 | 0.78 | 0.61 | 78.0 | 0.78 | 0.61 |
| 22/12/16 | 15:30 | 72 | 89.0 | 0.89 | 0.70 | 94.0 | 0.94 | 0.74 | 101.0 | 1.01 | 0.80 | 101.0 | 1.01 | 0.80 |
| 23/12/16 | 15:30 | 96 | 92.0 | 0.92 | 0.72 | 102.0 | 1.02 | 0.80 | 112.0 | 1.12 | 0.88 | 112.0 | 1.12 | 0.88 |
| CBR | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN (x10 ⁻¹) | | Carga Estándar Kg/cm2 | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | | | | |
| mm | pulg | | Lectura | Corrección | Kg/cm2 | Lectura | Corrección | Kg/cm2 | Lectura | Corrección | Kg/cm2 | | | |
| 0.635 | 0.025 | | 32 | 32 | 1.6 | 20 | 20 | 1.0 | 13 | 13 | 0.6 | | | |
| 1.270 | 0.050 | | 88 | 88 | 4.3 | 59 | 59 | 2.9 | 38 | 38 | 1.9 | | | |
| 1.905 | 0.075 | | 181 | 181 | 8.9 | 98 | 98 | 4.8 | 75 | 75 | 3.7 | | | |
| 2.540 | 0.100 | 70.31 | 289 | 289 | 14.3 | 187 | 187 | 9.2 | 136 | 136 | 6.7 | | | |
| 3.810 | 0.150 | | 488 | 488 | 24.1 | 285 | 285 | 14.1 | 185 | 185 | 9.1 | | | |
| 5.080 | 0.200 | 105.46 | 654 | 654 | 32.3 | 415 | 415 | 20.5 | 172 | 172 | 8.5 | | | |
| 6.350 | 0.250 | | 998 | 998 | 49.2 | 574 | 574 | 28.3 | 364 | 364 | 18.0 | | | |
| 7.620 | 0.300 | | 1100 | 1100 | 54.3 | 799 | 799 | 39.4 | 456 | 456 | 22.5 | | | |
| 10.160 | 0.400 | | 1300 | 1300 | 64.1 | 895 | 895 | 44.2 | 500 | 500 | 24.7 | | | |
| 12.700 | 0.500 | | 1400 | 1400 | 69.1 | 920 | 920 | 45.4 | 520 | 520 | 25.7 | | | |



Chalinger
Chalinger Obregón Flores
Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 37. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 80% + Arena de duna 20%

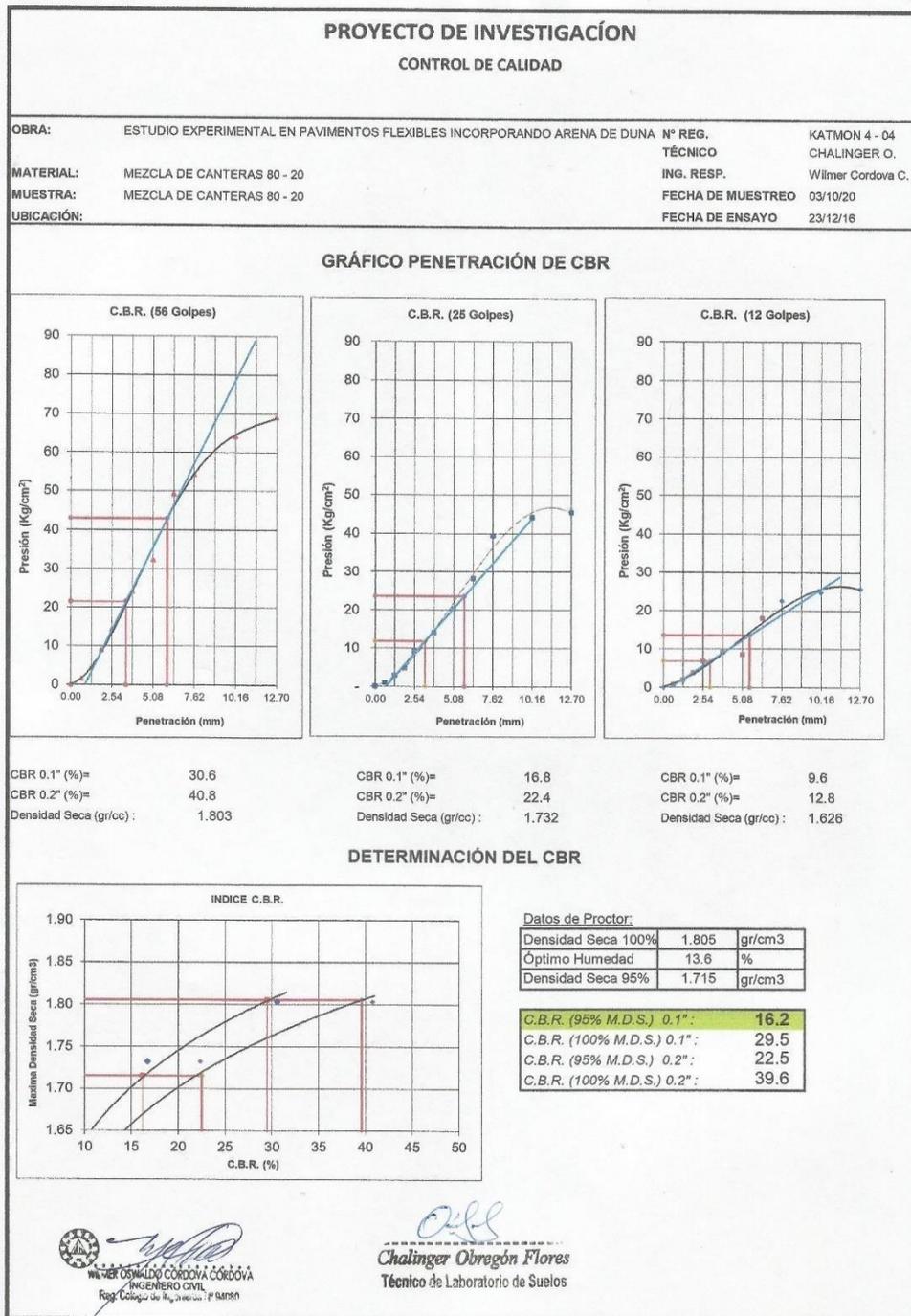
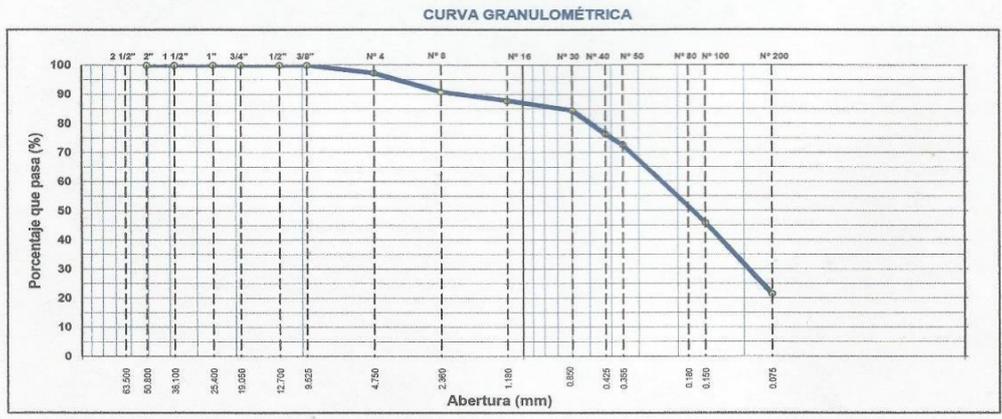


Figura 38. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 80% + Arena de duna 20%

| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CONTROL DE CALIDAD | |
|--|---|
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | |
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA |
| UBICACIÓN | |
| Nº REGISTRO | : KATMON 1 - 007 |
| TÉCNICO | : CHALINGER O. |
| INGº RESP. | : Wilmer Cordova C. |
| FECHA | : 17/09/20 |
| HECHO POR | : KATIA FIESTAS : ROMAN MONTERO |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 238.1 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 238.1 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 238.1 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 31.3 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 24.2 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 7.0 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-2-4 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SM |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado % 200 |
| # 4 | 4.750 | 6.47 | 2.7 | 2.7 | 97.3 | |
| # 8 | 2.360 | 15.36 | 6.5 | 9.2 | 90.8 | % Grava = 2.7 % |
| # 16 | 1.180 | 7.25 | 3.0 | 12.2 | 87.8 | % Arena = 75.7 % |
| # 30 | 0.600 | 7.86 | 3.3 | 15.5 | 84.5 | % Fino = 21.5 % |
| # 40 | 0.425 | 19.24 | 8.1 | 23.6 | 76.4 | % HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad |
| # 50 | 0.355 | 8.98 | 3.8 | 27.4 | 72.6 | 250.00 238.10 5.0% |
| # 80 | 0.180 | 6.55 | 2.8 | 30.1 | 69.9 | OBSERVACIONES: |
| # 100 | 0.150 | 57.00 | 23.9 | 54.1 | 46.0 | |
| # 200 | 0.075 | 58.00 | 24.4 | 78.4 | 21.6 | |
| < # 200 | FONDO | 51.4 | 21.5 | 100.0 | 0.0 | |

Descripción suelo: Arena limosa




WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ing. Pichincha 7º 68796


Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 39. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 70% + Arena de duna 30%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONMTROL DE CALIDAD**

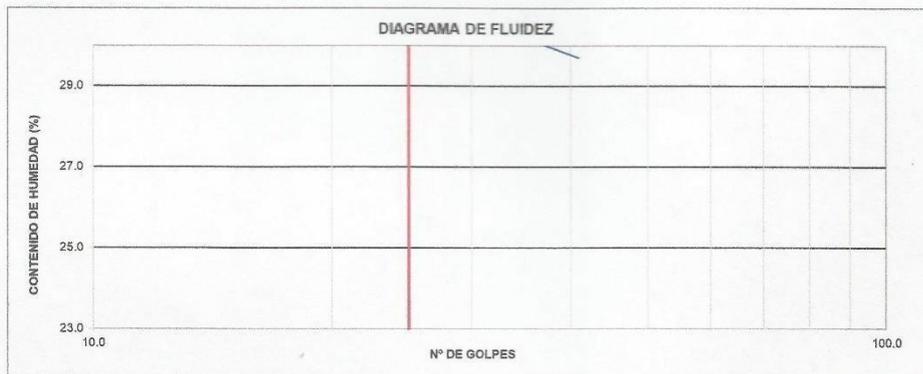
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | | | |
|--------------------------|--|--------------------|-------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 2 - 007 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | ING° RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | FECHA | 17/09/20 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA | HECHO POR | KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | | | ROMAN MONTERO |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|--|
| N° TARRO | 17 | 18 | 19 | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 51.12 | 53.26 | 52.65 | |
| TARRO + SUELO SECO | 42.88 | 44.21 | 43.49 | |
| AGUA | 8.44 | 9.05 | 9.16 | |
| PESO DEL TARRO | 15.24 | 15.24 | 15.74 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 27.44 | 28.97 | 27.75 | |
| % DE HUMEDAD | 30.8 | 31.2 | 33.0 | |
| N° DE GOLPES | 31 | 23 | 15 | |

| LÍMITE PLÁSTICO | | | | |
|----------------------|-------|-------|--|--|
| N° TARRO | 12 | 13 | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 23.56 | 24.36 | | |
| TARRO + SUELO SECO | 20.75 | 21.60 | | |
| AGUA | 2.81 | 2.76 | | |
| PESO DEL TARRO | 9.12 | 10.25 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | 11.63 | 11.35 | | |
| % DE HUMEDAD | 24.2 | 24.3 | | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 31.3 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 24.2 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 7.0 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |



WILMER OSVALDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 84080



Chalinger Oregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 40. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 70% + Arena de duna 30%)

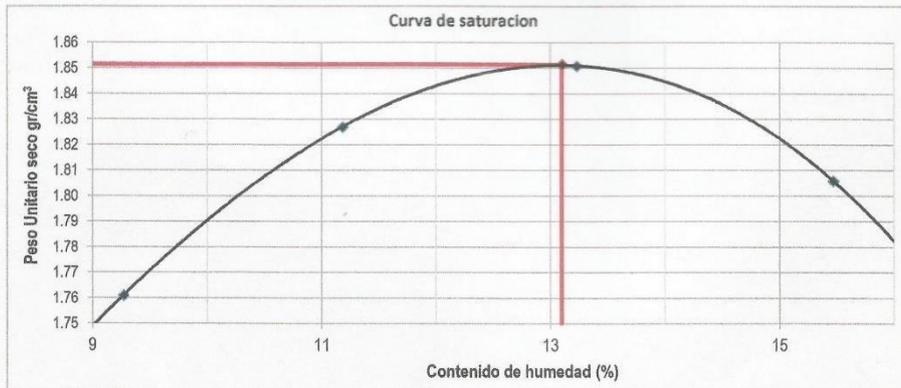
| | | |
|----------------------------------|--|--|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| |
|--|
| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO |
| MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D |

| | | | |
|------------------|--|--------------------|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 3 - 007 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTREO | 16/09/20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | FECHA | 17/09/2020 |
| CANTERA | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

| COMPACTACIÓN | | | | | |
|---|--------------|--|--------|-------------|--|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓ | : "A" | | | | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | : 25 | | | | |
| NUMERO DE CAPAS | : 5 | | | | |
| NÚMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 5865.0 | 5765.0 | 5825.0 | 5815.0 | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1800 | 1900 | 1960 | 1950 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 1.925 | 2.032 | 2.096 | 2.085 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.761 | 1.927 | 1.851 | 1.806 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE N° | | | | | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 208.6 | 204.6 | 228.9 | 225.3 | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 190.9 | 184.0 | 202.1 | 195.1 | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| PESO DE AGUA (gr) | 17.7 | 20.6 | 26.7 | 30.2 | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 190.9 | 184.0 | 202.1 | 195.1 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 9.3 | 11.2 | 13.2 | 15.5 | |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.852 | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 13.1 | |



WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA

 INGENIERO CIVIL

 Reg. C.º de Ingeniería N.º 54559

Chalinger Obregón Flores

 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 41. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 70% + Arena de duna 30%)

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 ASTM D-1883 AASHTO T-193

| | | | |
|-------------------|---|-------------------------|-------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REG. TÉCNICO: | KATMON 4 - 03 CHALINGER O. |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | ING. RESP.: | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | MUESTREO: | 16/09/20 |
| UBICACIÓN: | | ENSAYO: | 23/12/16 |

| DENSIDAD SECA | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------------------|---------------|-------------------------|--------|---------------|-------------------------|--------|---------------|-------------------------|------|
| Molde N°: | 02 | | | 03 | | | 05 | | | | |
| N° de capas: | 5 | | | 5 | | | 5 | | | | |
| N° de golpes por capa: | 56 | | | 25 | | | 12 | | | | |
| Condición de la muestra: | Sumergida | | | Sumergida | | | Sumergida | | | | |
| | Sin Mojar | Mojada | | Sin Mojar | Mojada | | Sin Mojar | Mojada | | | |
| Peso molde + suelo húmedo | 12579 | 12639 | | 12100 | 12240 | | 12000 | 12219 | | | |
| Peso del molde | 8145 | 8145 | | 7900 | 7900 | | 7945 | 7945 | | | |
| Volumen del molde | 2111.3 | 2111.3 | | 2114.0 | 2114.0 | | 2101.1 | 2101.1 | | | |
| % de humedad | 13.20 | 14.80 | | 13.3 | 17.00 | | 13.2 | 19.30 | | | |
| Densidad seca | 1.855 | 1.854 | | 1.754 | 1.755 | | 1.705 | 1.705 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | |
| Tarro + suelo húmedo | 285.32 | 245.25 | | 236.54 | 225.56 | | 286.23 | 225.36 | | | |
| Tarro + suelo seco | 252.06 | 213.63 | | 208.80 | 192.78 | | 252.87 | 188.90 | | | |
| Peso del agua | 33.3 | 31.6 | | 27.7 | 32.8 | | 33.4 | 36.5 | | | |
| Peso de tarro | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco | 252.1 | 213.6 | | 208.8 | 192.8 | | 252.9 | 188.9 | | | |
| % de humedad | 13.20% | 14.80% | | 13.29% | 17.00% | | 13.19% | 19.30% | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
| FECHA dd/mm/aa | HORA | TIEMPO h | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | LECT. dial | EXPANSIÓN mm % | | LECT. dial | EXPANSIÓN mm % | | LECT. dial | EXPANSIÓN mm % | |
| 19/12/16 | 15:30 | 0 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 20/12/16 | 15:30 | 24 | 36.0 | 0.36 | 0.28 | 43.0 | 0.43 | 0.34 | 55.0 | 0.55 | 0.43 |
| 21/12/16 | 15:30 | 48 | 59.0 | 0.59 | 0.46 | 72.0 | 0.72 | 0.57 | 90.0 | 0.90 | 0.71 |
| 22/12/16 | 15:30 | 72 | 72.0 | 0.72 | 0.57 | 95.0 | 0.95 | 0.75 | 110.0 | 1.10 | 0.87 |
| 23/12/16 | 15:30 | 96 | 89.0 | 0.89 | 0.70 | 103.0 | 1.03 | 0.81 | 123.0 | 1.23 | 0.97 |
| CBR | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN (x10 ⁻¹) | | Carga Estándar Kg/cm2 | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | | MOLDE N° 05 | | |
| mm | pulg | | Lectura | Corrección Kg Kg/cm2 | | Lectura | Corrección Kg Kg/cm2 | | Lectura | Corrección Kg Kg/cm2 | |
| 0.635 | 0.025 | | 35 | 35 | 1.7 | 24 | 24 | 1.2 | 14 | 14 | 0.7 |
| 1.270 | 0.050 | | 88 | 88 | 4.3 | 63 | 63 | 3.1 | 36 | 36 | 1.8 |
| 1.905 | 0.075 | | 178 | 178 | 8.8 | 100 | 100 | 4.9 | 79 | 79 | 3.9 |
| 2.540 | 0.100 | 70.31 | 288 | 288 | 14.2 | 150 | 150 | 7.4 | 100 | 100 | 4.9 |
| 3.810 | 0.150 | | 398 | 398 | 19.6 | 235 | 235 | 11.6 | 198 | 198 | 9.8 |
| 5.080 | 0.200 | 105.46 | 508 | 508 | 25.1 | 387 | 387 | 19.1 | 278 | 278 | 13.7 |
| 6.350 | 0.250 | | 715 | 715 | 35.3 | 502 | 502 | 24.8 | 352 | 352 | 17.4 |
| 7.620 | 0.300 | | 856 | 856 | 42.2 | 599 | 599 | 29.6 | 399 | 399 | 19.7 |
| 10.160 | 0.400 | | 998 | 998 | 49.2 | 654 | 654 | 32.3 | 456 | 456 | 22.5 |
| 12.700 | 0.500 | | 1056 | 1056 | 52.1 | 699 | 699 | 34.5 | 487 | 487 | 24.0 |


WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú N° 88989

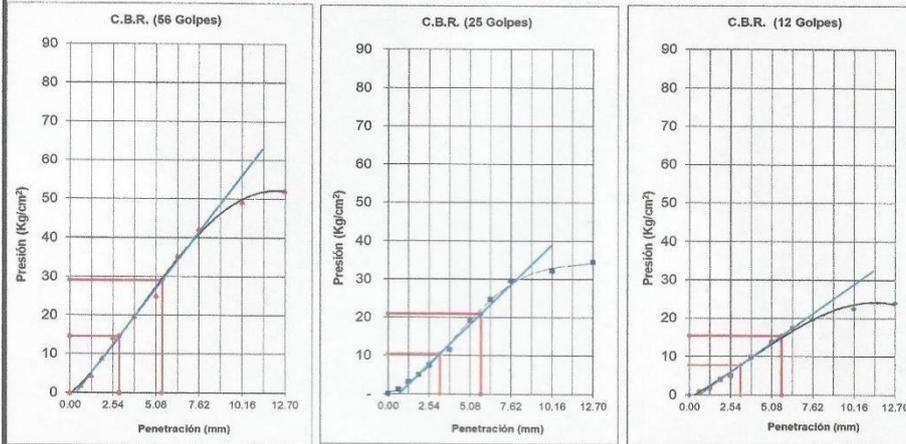

Chalinger Obregon Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 42. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 70% + Arena de duna 30%

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD

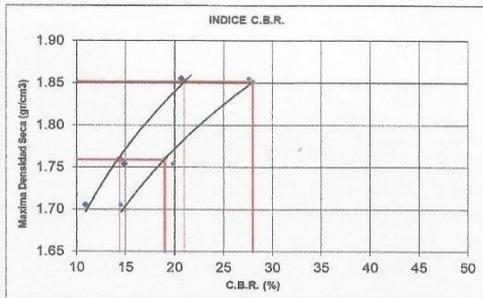
| | | | |
|-------------------|---|---------------------------|-------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REG. TÉCNICO: | KATMON 4 - 03 CHALINGER O. |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | ING. RESP.: | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 70 - 30 | FECHA DE MUESTREO: | 16/09/20 |
| UBICACIÓN: | | FECHA DE ENSAYO: | 23/12/16 |

GRÁFICO PENETRACIÓN DE CBR



| | | | | | |
|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| CBR 0.1" (%)= | 20.7 | CBR 0.1" (%)= | 14.9 | CBR 0.1" (%)= | 10.9 |
| CBR 0.2" (%)= | 27.6 | CBR 0.2" (%)= | 19.8 | CBR 0.2" (%)= | 14.6 |
| Densidad Seca (gr/cc) : | 1.855 | Densidad Seca (gr/cc) : | 1.754 | Densidad Seca (gr/cc) : | 1.705 |

DETERMINACIÓN DEL CBR



Datos de Proctor:

| | | |
|--------------------|-------|--------|
| Densidad Seca 100% | 1.852 | gr/cm3 |
| Óptimo Humedad | 13.1 | % |
| Densidad Seca 95% | 1.759 | gr/cm3 |

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : | 14.4 |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : | 21.0 |
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : | 19.0 |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : | 28.0 |


 WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Colegio de Ingenieros de Piura

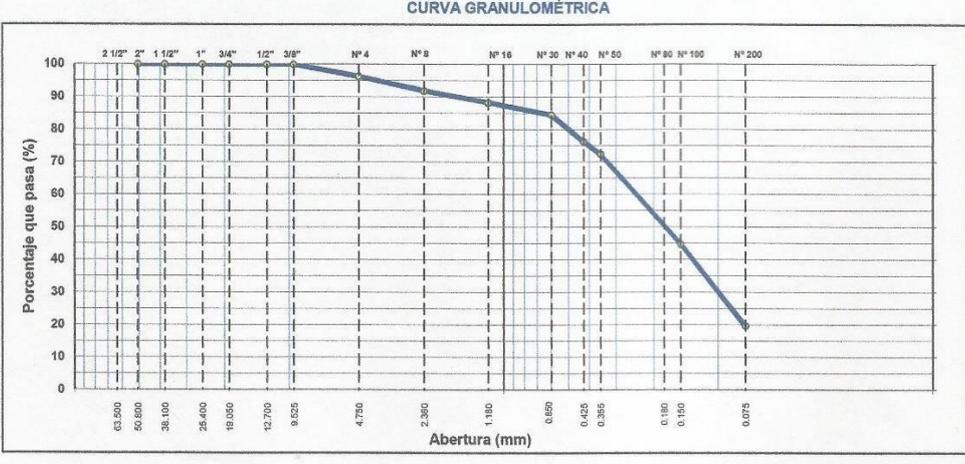

 Chaling Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 43. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 70% + Arena de duna 30%

| | | | |
|---|---|-------------------|------------------------------------|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | | |
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | |
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | : KATMON 1 - 006 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | TÉCNICO | : CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | ING° RESP. | : Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | FECHA | : 17/09/20 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA | HECHO POR | : KATIA FIESTAS : ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 238.1 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 238.1 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 238.1 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 29.3 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 24.0 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 5.3 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-2-4 [0] |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SM |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200 |
| # 4 | 4.750 | 8.84 | 3.7 | 3.7 | 96.3 | % Grava = 3.7 % |
| # 8 | 2.360 | 10.56 | 4.4 | 8.1 | 91.9 | % Arena = 78.6 % |
| # 16 | 1.180 | 8.56 | 3.6 | 11.7 | 88.3 | % Fino = 19.7 % |
| # 30 | 0.600 | 8.96 | 3.8 | 15.5 | 84.5 | % HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad |
| # 40 | 0.425 | 19.62 | 8.2 | 23.7 | 76.3 | 250.00 238.14 5.0% |
| # 50 | 0.355 | 9.19 | 3.9 | 27.6 | 72.4 | |
| # 80 | 0.180 | 6.65 | 2.8 | 30.4 | 69.6 | OBSERVACIONES: |
| # 100 | 0.150 | 59.21 | 24.9 | 55.2 | 44.8 | |
| # 200 | 0.075 | 59.77 | 25.1 | 80.3 | 19.7 | |
| < # 200 | FONDO | 46.8 | 19.6 | 100.0 | 0.0 | |

Descripción suelo: Arena limosa



Walmer Cordova
WALMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros P° 94990

Chalinger Obregon Flores
Chalinger Obregon Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 44. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 60% + Arena de duna 40%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONMTROL DE CALIDAD**

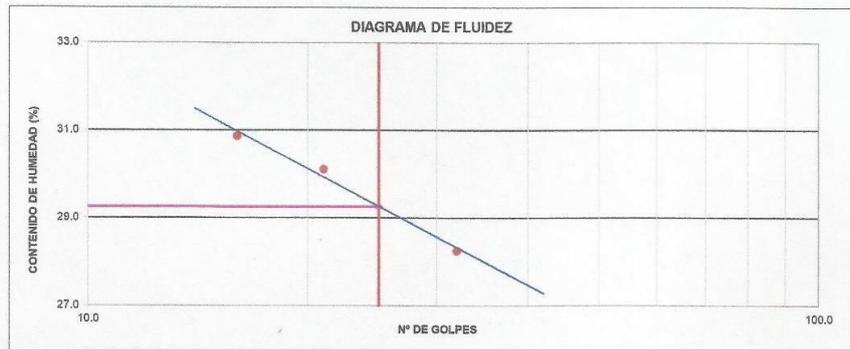
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

| | | | |
|--------------------------|--|--------------------|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 2 - 006 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 18/09/20 | ING° RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | FECHA | 17/09/20 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|--|--|
| N° TARRO | 5 | 6 | 7 | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 52.01 | 54.00 | 53.12 | | |
| TARRO + SUELO SECO | 43.95 | 45.18 | 45.02 | | |
| AGUA | 8.06 | 8.82 | 8.10 | | |
| PESO DEL TARRO | 15.42 | 15.69 | 16.78 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | 28.53 | 29.29 | 26.24 | | |
| % DE HUMEDAD | 28.3 | 30.1 | 30.9 | | |
| N° DE GOLPES | 32 | 21 | 16 | | |

| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
|----------------------|-------|-------|--|
| N° TARRO | 12 | 13 | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 21.48 | 20.45 | |
| TARRO + SUELO SECO | 19.09 | 18.48 | |
| AGUA | 2.99 | 1.97 | |
| PESO DEL TARRO | 9.12 | 10.25 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 9.97 | 8.23 | |
| % DE HUMEDAD | 24.0 | 23.9 | |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 29.3 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 24.0 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 5.3 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |


WILMER OSVALDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú


Chalinger Oregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 45. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 60% + Arena de duna 40%

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

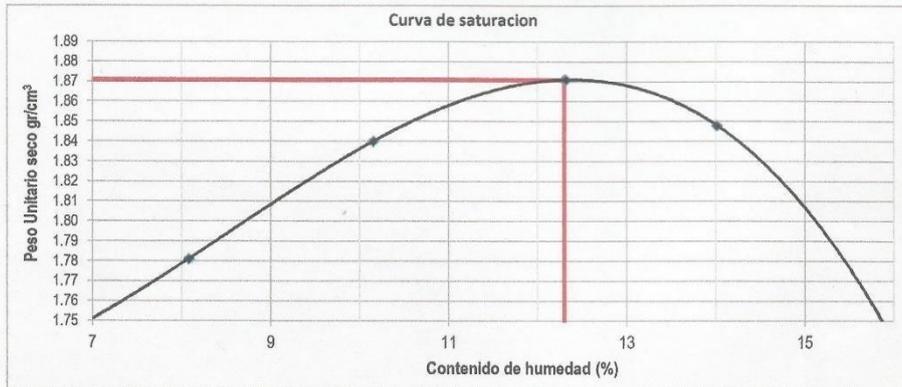
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

| | | | |
|------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 3 - 006 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTREO | 16/09/20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | FECHA | 17/09/2020 |
| CANTERA | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

COMPACTACIÓN

| | | | | | |
|---|--------|--|--------|--------|--|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN | :"A" | | | | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | : 25 | | | | |
| NUMERO DE CAPAS | : 5 | | | | |
| NÚMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 5665.0 | 5760.0 | 5830.0 | 5835.0 | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1800 | 1895 | 1965 | 1970 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm³) | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³) | 1.925 | 2.026 | 2.101 | 2.107 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.781 | 1.840 | 1.871 | 1.848 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE N° | | | | | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 223.8 | 238.2 | 226.6 | 228.1 | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 207.1 | 216.3 | 201.7 | 200.1 | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| PESO DE AGUA (gr) | 16.7 | 22.0 | 24.9 | 28.0 | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 207.1 | 216.3 | 201.7 | 200.1 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 8.1 | 10.2 | 12.3 | 14.0 | |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.871 | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 12.3 | |





 WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA

 INGENIERO CIVIL

 RING - Callejea - No. 10, Chiclaya - P. 51001



 Chalinger Coregín Flores

 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 46. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 60% + Arena de duna 40%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 ASTM D- 1883 AASHTO T- 193

| | | | |
|-------------------|--|------------|-------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | N° REG. | KATMON 4 - 03 |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| UBICACIÓN: | | MUESTREO | 16/09/20 |
| | | ENSAYO | 23/12/16 |

| DENSIDAD SECA | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|------------------|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|
| Molde N°: | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| N° de capas: | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | |
| N° de golpes por capa: | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | |
| Condición de la muestra: | Sumergida | | Sumergida | | Sumergida | | | | | | |
| | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | | | | | |
| Peso molde + suelo húmedo | 12909 | 13009 | 12700 | 12880 | 12490 | 12742 | | | | | |
| Peso del molde | 8456 | 8456 | 8456 | 8456 | 8456 | 8456 | | | | | |
| Volumen del molde | 2119.5 | 2119.5 | 2119.5 | 2119.5 | 2119.5 | 2119.5 | | | | | |
| % de humedad | 12.30 | 14.80 | 12.3 | 17.00 | 12.3 | 19.30 | | | | | |
| Densidad seca | 1.871 | 1.871 | 1.782 | 1.784 | 1.695 | 1.695 | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | |
| Tarro + suelo húmedo | 285.32 | 245.25 | 236.54 | 225.56 | 286.23 | 225.36 | | | | | |
| Tarro + suelo seco | 254.06 | 213.63 | 210.55 | 192.78 | 254.87 | 188.90 | | | | | |
| Peso del agua | 31.3 | 31.6 | 26.0 | 32.8 | 31.4 | 36.5 | | | | | |
| Peso de tarro | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco | 254.1 | 213.6 | 210.6 | 192.8 | 254.9 | 188.9 | | | | | |
| % de humedad | 12.30% | 14.80% | 12.34% | 17.00% | 12.30% | 19.30% | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
| FECHA dd/mm/aa | HORA | TIEMPO h | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | EXPANSIÓN % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | EXPANSIÓN % | LECT. dial | EXPANSIÓN mm | EXPANSIÓN % |
| 19/12/16 | 15:30 | 0 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 20/12/16 | 15:30 | 24 | 36.0 | 0.36 | 0.28 | 43.0 | 0.43 | 0.34 | 55.0 | 0.55 | 0.43 |
| 21/12/16 | 15:30 | 48 | 59.0 | 0.59 | 0.46 | 72.0 | 0.72 | 0.57 | 90.0 | 0.90 | 0.71 |
| 22/12/16 | 15:30 | 72 | 72.0 | 0.72 | 0.57 | 95.0 | 0.95 | 0.75 | 110.0 | 1.10 | 0.87 |
| 23/12/16 | 15:30 | 96 | 89.0 | 0.89 | 0.70 | 103.0 | 1.03 | 0.81 | 123.0 | 1.23 | 0.97 |
| CBR | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN (x10 ⁻¹) | | Carga Estándar Kg/cm2 | MOLDE N° 2 | | | MOLDE N° 3 | | | MOLDE N° 5 | | |
| mm | pulg | | Lectura dial | Corrección Kg | Corrección Kg/cm2 | Lectura dial | Corrección Kg | Corrección Kg/cm2 | Lectura dial | Corrección Kg | Corrección Kg/cm2 |
| 0.635 | 0.025 | | 38 | 38 | 1.9 | 24 | 24 | 1.2 | 14 | 14 | 0.7 |
| 1.270 | 0.050 | | 93 | 93 | 4.6 | 63 | 63 | 3.1 | 46 | 46 | 2.3 |
| 1.905 | 0.075 | | 198 | 198 | 9.8 | 110 | 110 | 5.4 | 83 | 83 | 4.1 |
| 2.540 | 0.100 | 70.31 | 423 | 423 | 20.9 | 196 | 196 | 9.7 | 140 | 140 | 6.9 |
| 3.810 | 0.150 | | 698 | 698 | 34.4 | 300 | 300 | 14.8 | 200 | 200 | 9.9 |
| 5.080 | 0.200 | 105.46 | 895 | 895 | 44.2 | 426 | 426 | 21.0 | 295 | 295 | 14.6 |
| 6.350 | 0.250 | | 1020 | 1020 | 50.3 | 598 | 598 | 29.5 | 352 | 352 | 17.4 |
| 7.620 | 0.300 | | 1129 | 1129 | 55.7 | 846 | 846 | 41.7 | 482 | 482 | 23.8 |
| 10.160 | 0.400 | | 1328 | 1328 | 65.5 | 925 | 925 | 45.6 | 519 | 519 | 25.6 |
| 12.700 | 0.500 | | 1436 | 1436 | 70.8 | 956 | 956 | 47.2 | 540 | 540 | 26.6 |


WILMER CORDOVA CORDOVA
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros P 94080


Chalinger Obregon Flores
Tecnico de Laboratorio de Suelos

Figura 47. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 60% + Arena de duna 40%

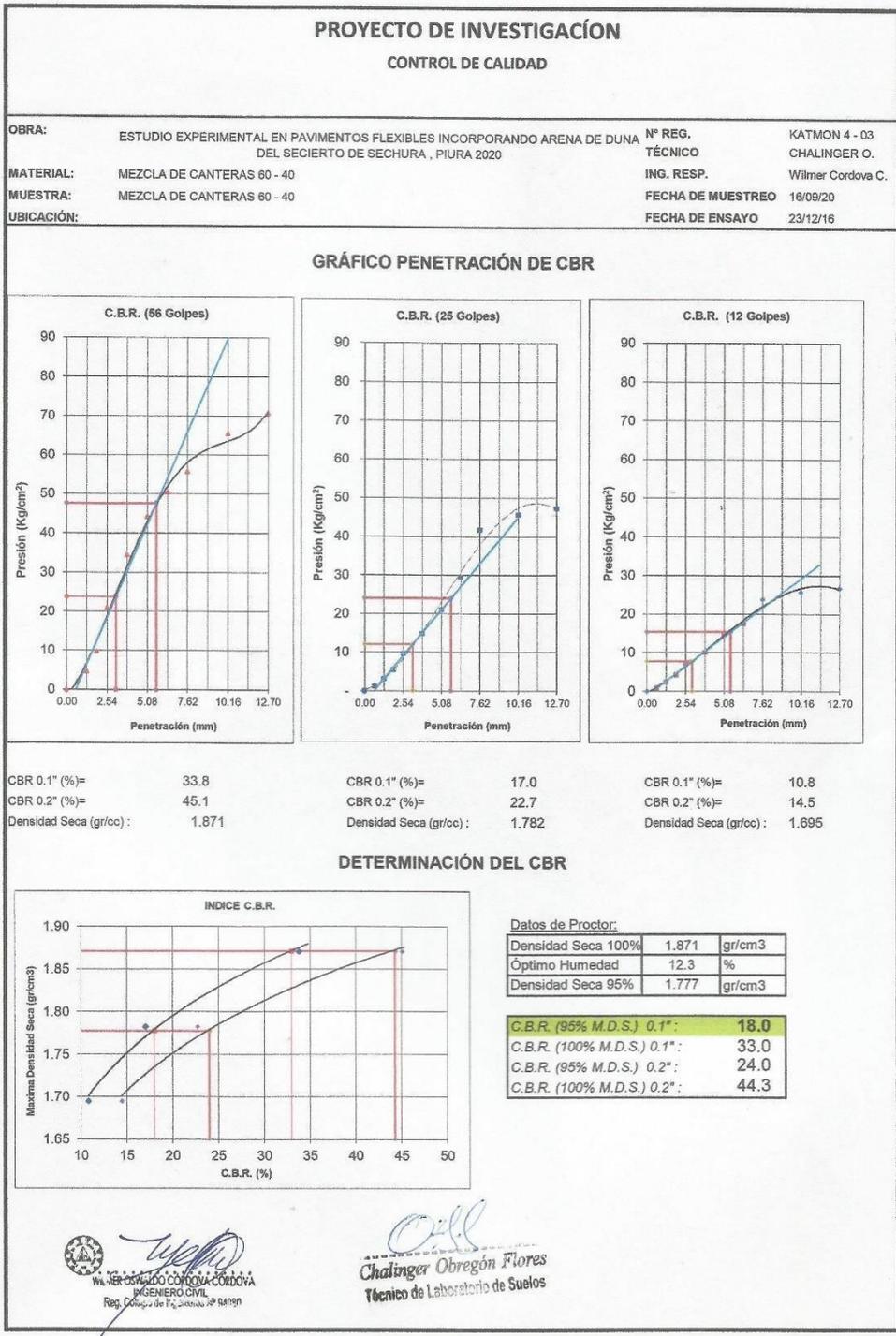


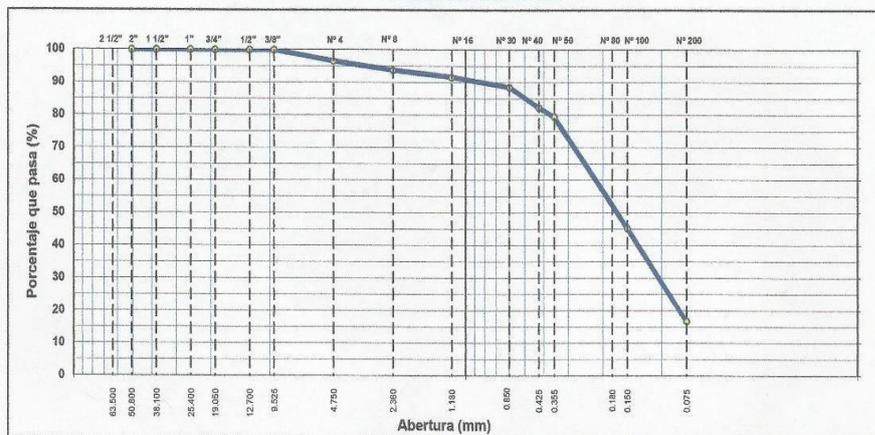
Figura 48. Ensayo de CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 60% + Arena de duna 40%

| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | CONTROL DE CALIDAD | |
|--|--|--------------------|--------------------------------|
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | |
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA , PIURA 2020 | | Nº REGISTRO : KATMON 1 - 005 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 50 - 50 | | TÉCNICO : CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | | INGº RESP. : Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 50 - 50 | | FECHA : 17/09/20 |
| CANTERA | POSITOS MAS ARENA FINA | | HECHO POR : KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | | | : ROMAN MONTERO |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL = 239.7 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO = 239.7 gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO = 239.7 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO = 25.2 % |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO = 21.2 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | ÍNDICE PLÁSTICO = 4.0 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO = A-2-4 (0) |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS = SC - SM |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200 |
| # 4 | 4.750 | 8.39 | 3.5 | 3.5 | 96.5 | % Grava = 3.5 % |
| # 8 | 2.360 | 6.53 | 2.7 | 6.2 | 93.8 | % Arena = 79.7 % |
| # 16 | 1.180 | 5.23 | 2.2 | 8.4 | 91.6 | % Fino = 16.8 % |
| # 30 | 0.600 | 7.26 | 3.0 | 11.4 | 88.6 | % HUMEDAD = P.S.H. P.S.S % Humedad |
| # 40 | 0.425 | 14.85 | 6.2 | 17.6 | 82.4 | 250.00 239.68 4.3% |
| # 50 | 0.355 | 6.79 | 2.8 | 20.5 | 79.5 | OBSERVACIONES: |
| # 80 | 0.180 | 5.09 | 2.1 | 22.6 | 77.4 | |
| # 100 | 0.150 | 77.11 | 32.2 | 54.8 | 45.3 | |
| # 200 | 0.075 | 68.27 | 28.5 | 83.2 | 16.8 | |
| < # 200 | FONDO | 40.2 | 16.8 | 100.0 | 0.0 | |

| | |
|--------------------|----------------------|
| Descripción suelo: | Arena limo arcillosa |
|--------------------|----------------------|

CURVA GRANULOMÉTRICA



Wilmer Cordova
 WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú N.º 14888

Chalinger
 Chalinger Oregón Flores
 Técnico de Laboratorio N.º 010105

Figura 49. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 50% + Arena de duna 50%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD**

ENSAYO DE CBR

MTC E 132 ASTM D-1883 AASHTO T-193

| | | | |
|-------------------|---|-------------------------|-------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REG. TÉCNICO: | KATMON 4 - 02 CHALINGER O. |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 50 - 50 | ING. RESP.: | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 50 - 50 | MUESTREO: | 16/09/20 |
| UBICACIÓN: | | ENSAYO: | 23/12/16 |

| DENSIDAD SECA | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|------------|-----------|-------------|------------|--------|-------------|------------|--------|-----------|----|---|
| Molde N°: | 07 | | 04 | | 01 | | | | | | | | | |
| N° de capas: | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | |
| N° de golpes por capa: | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | |
| Condición de la muestra: | Sumergida | | Sumergida | | Sumergida | | | | | | | | | |
| | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | Sin Mojar | Mojada | | | | | | | | |
| Peso molde + suelo húmedo | 11833 | 11938 | 11760 | 11876 | 11990 | 12142 | | | | | | | | |
| Peso del molde | 7740 | 7740 | 7888 | 7888 | 8208 | 8208 | | | | | | | | |
| Volumen del molde | 2118.6 | 2118.6 | 2104.0 | 2104.0 | 2136.9 | 2136.9 | | | | | | | | |
| % de humedad | 13.61 | 16.38 | 13.6 | 17.13 | 13.6 | 18.33 | | | | | | | | |
| Densidad seca | 1.700 | 1.703 | 1.619 | 1.618 | 1.558 | 1.556 | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro + suelo húmedo | 176.1 | 215.6 | 219.0 | 199.1 | 161.1 | 214.6 | | | | | | | | |
| Tarro + suelo seco | 155.0 | 185.3 | 192.7 | 170.0 | 141.8 | 181.4 | | | | | | | | |
| Peso del agua | 21.1 | 30.3 | 26.3 | 29.1 | 19.3 | 33.2 | | | | | | | | |
| Peso de tarro | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco | 155.0 | 185.3 | 192.7 | 170.0 | 141.8 | 181.4 | | | | | | | | |
| % de humedad | 13.61% | 16.38% | 13.65% | 17.13% | 13.61% | 18.33% | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA dd/mm/aa | HORA | TIEMPO h | LECT. | | | EXPANSIÓN | | | LECT. | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | dial | mm | % | dial | mm | % | dial | mm | % | dial | mm | % |
| 19/12/16 | 15:30 | 0 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 20/12/16 | 15:30 | 24 | 30.0 | 0.30 | 0.24 | 34.0 | 0.34 | 0.27 | 49.0 | 0.49 | 0.39 | | | |
| 21/12/16 | 15:30 | 48 | 51.0 | 0.51 | 0.40 | 68.0 | 0.68 | 0.54 | 92.0 | 0.92 | 0.72 | | | |
| 22/12/16 | 15:30 | 72 | 62.0 | 0.62 | 0.49 | 89.0 | 0.89 | 0.70 | 115.0 | 1.15 | 0.91 | | | |
| 23/12/16 | 15:30 | 96 | 74.0 | 0.74 | 0.58 | 96.0 | 0.96 | 0.76 | 119.0 | 1.19 | 0.94 | | | |
| CBR | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN (x10 ⁻¹) | | Carga Estándar Kg/cm2 | MOLDE N° 07 | | | MOLDE N° 04 | | | MOLDE N° 01 | | | | | |
| mm | pulg | | Lectura | Corrección | | Lectura | Corrección | | Lectura | Corrección | | | | |
| 0.635 | 0.025 | | dial | Kg | Kg/cm2 | dial | Kg | Kg/cm2 | dial | Kg | Kg/cm2 | | | |
| 1.270 | 0.050 | | 26 | 26 | 1.3 | 20 | 20 | 1.0 | 15 | 15 | 0.7 | | | |
| 1.905 | 0.075 | | 86 | 86 | 4.2 | 58 | 58 | 2.9 | 48 | 48 | 2.4 | | | |
| 2.540 | 0.100 | 70.31 | 158 | 158 | 7.8 | 102 | 102 | 5.0 | 85 | 85 | 4.2 | | | |
| 3.810 | 0.150 | | 329 | 329 | 16.2 | 185 | 185 | 9.1 | 145 | 145 | 7.2 | | | |
| 5.080 | 0.200 | 105.46 | 458 | 458 | 22.6 | 279 | 279 | 13.8 | 204 | 204 | 10.1 | | | |
| 6.350 | 0.250 | | 589 | 589 | 29.1 | 385 | 385 | 19.0 | 298 | 298 | 14.7 | | | |
| 7.620 | 0.300 | | 789 | 789 | 38.9 | 487 | 487 | 24.0 | 356 | 356 | 17.6 | | | |
| 10.160 | 0.400 | | 979 | 979 | 48.3 | 579 | 579 | 28.6 | 485 | 485 | 23.9 | | | |
| 12.700 | 0.500 | | 1091 | 1091 | 53.8 | 687 | 687 | 33.9 | 520 | 520 | 25.7 | | | |
| | | | 1220 | 1220 | 60.2 | 859 | 859 | 42.4 | 542 | 542 | 26.7 | | | |


WILMER OSMUNDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Coleg. de Ing. Civil - N° 84630

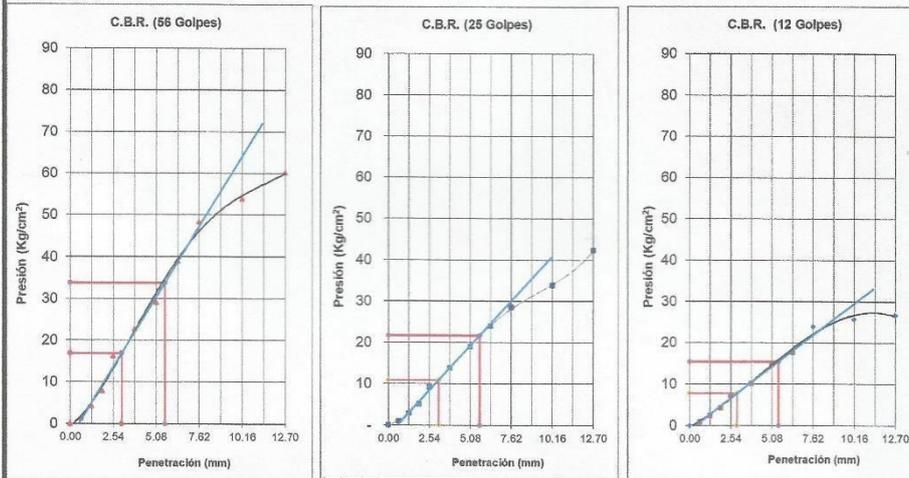

 Chalmers Osmundo Cordova
 Wilmer Osmundo Cordova
 Ingeniero Civil - Suelos

Figura 52. Ensayo CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 50% + Arena de duna 50%

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONTROL DE CALIDAD

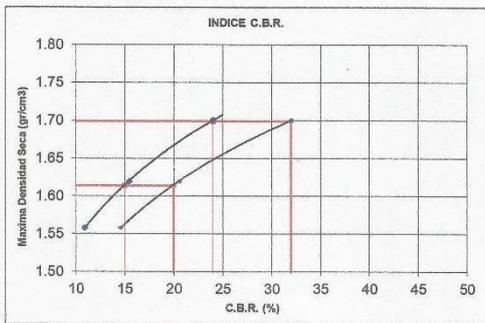
| | | | |
|-------------------|---|--------------------------|-------------------------------|
| OBRA: | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REG. TÉCNICO | KATMON 4 - 02 CHALINGER O. |
| MATERIAL: | MEZCLA DE CANTERAS 50 - 50 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA: | MEZCLA DE CANTERAS 50 - 50 | FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 |
| UBICACIÓN: | | FECHA DE ENSAYO | 23/12/16 |

GRÁFICO PENETRACIÓN DE CBR



| | | | | | |
|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|
| CBR 0.1" (%)= | 24.0 | CBR 0.1" (%)= | 15.4 | CBR 0.1" (%)= | 10.9 |
| CBR 0.2" (%)= | 32.0 | CBR 0.2" (%)= | 20.6 | CBR 0.2" (%)= | 14.6 |
| Densidad Seca (gr/cc): | 1.700 | Densidad Seca (gr/cc): | 1.619 | Densidad Seca (gr/cc): | 1.558 |

DETERMINACIÓN DEL CBR



Datos de Proctor:

| | | |
|--------------------|-------|--------------------|
| Densidad Seca 100% | 1.699 | gr/cm ³ |
| Óptimo Humedad | 13.6 | % |
| Densidad Seca 95% | 1.614 | gr/cm ³ |

| | |
|----------------------------------|-------------|
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": | 15.0 |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": | 24.0 |
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": | 20.0 |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": | 32.0 |


WILMER CORDOVA CORDOVA
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Inge. No. 84720


Chalinger Obregon Flore
Técnico de Laboratorio de Suelos

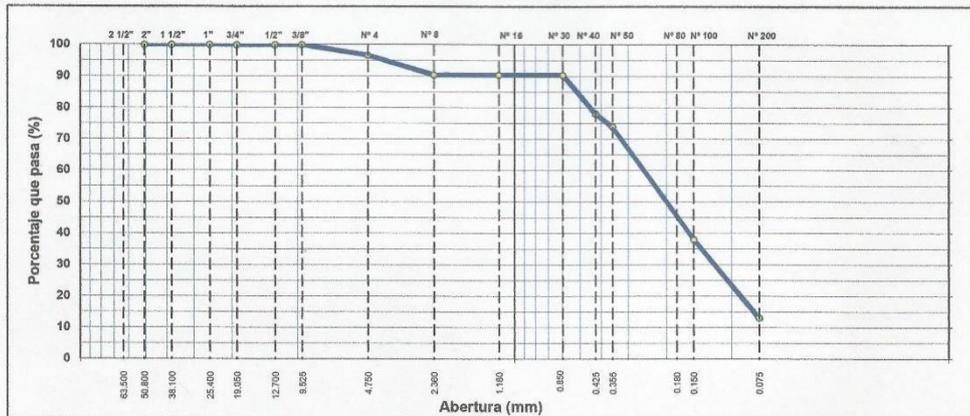
Figura 53. Ensayo CBR - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 50% + Arena de duna 50%

| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CONTROL DE CALIDAD | | | |
|--|---|--|--------------------------------|
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | |
| MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | |
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | | Nº REGISTRO : KATMON 1 - 010 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | | TÉCNICO : CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | | INGº RESP. : Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | | FECHA : 17/09/20 |
| CANTERA | ARENA FINA - POSITOS | | HECHO POR : KATIA FIESTAS |
| UBICACIÓN | | | : ROMAN MONTERO |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | |
|---------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|--------------|-----------|--|
| 3" | 76.200 | | | | | PESO TOTAL | = | 239.2 | gr | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | PESO LAVADO | = | 239.2 | gr | |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | PESO FINO | = | 239.2 | gr | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.0 | LÍMITE LÍQUIDO | = | 21.3 | % | |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | LÍMITE PLÁSTICO | = | 18.2 | % | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | INDICE PLÁSTICO | = | 3.1 | % | |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | CLASF. AASHTO | = | A-2-4 | (0) | |
| 3/8" | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCCS | = | SM | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | Ensayo Malla #200 | P. S. Seco. | P. S. Lavado | % 200 | |
| # 4 | 4.750 | 8.00 | 3.3 | 3.4 | 96.7 | % Grava | = | 3.4 | % | |
| # 8 | 2.360 | 14.85 | 6.2 | 9.6 | 90.4 | % Arena | = | 63.5 | % | |
| # 15 | 1.180 | 0.00 | 0.0 | 9.6 | 90.4 | % Fino | = | 13.1 | % | |
| # 30 | 0.600 | 0.00 | 0.0 | 9.6 | 90.4 | % HUMEDAD | P. S. H. | P. S. S. | % Humedad | |
| # 40 | 0.425 | 29.34 | 12.3 | 21.8 | 78.2 | | | | | |
| # 50 | 0.355 | 10.15 | 4.2 | 26.1 | 73.9 | | | | | |
| # 80 | 0.180 | 0.00 | 0.0 | 26.1 | 73.9 | | | | | |
| # 100 | 0.150 | 85.77 | 35.9 | 61.9 | 38.1 | | | | | |
| # 200 | 0.075 | 59.69 | 25.0 | 86.9 | 13.1 | | | | | |
| < # 200 | FONDO | 31.4 | 13.1 | 100.0 | 0.0 | | | | | |

Descripción suelo: Arena limosa

CURVA GRANULOMÉTRICA



WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros "P. Piura"

Chalinger Obregon Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 54. Análisis Granulométrico por Tamizado - Suelo arcilloso (suelo natural)
"Los Pocitos" 40% + Arena de duna 60%

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
CONMTROL DE CALIDAD**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

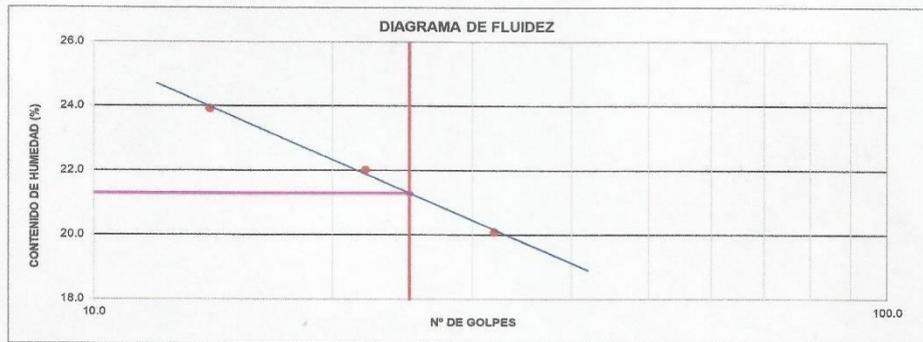
| | | | |
|--------------------------|---|--------------------|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 2 - 0010 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| FECHA DE MUESTREO | 16/09/20 | ING° RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | FECHA | 17/09/20 |
| CANTERA | ARENA FINA - POSITOS | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

LÍMITE LÍQUIDO

| N° TARRO | 7 | 8 | 9 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 60.23 | 62.36 | 58.65 |
| TARRO + SUELO SECO | 52.56 | 53.82 | 50.23 |
| AGUA | 7.67 | 8.54 | 8.42 |
| PESO DEL TARRO | 14.36 | 15.02 | 15.04 |
| PESO DEL SUELO SECO | 38.20 | 38.80 | 35.19 |
| % DE HUMEDAD | 20.1 | 22.0 | 23.9 |
| N° DE GOLPES | 32 | 22 | 14 |

LÍMITE PLÁSTICO

| N° TARRO | 16.17 | 16 |
|----------------------|-------|-------|
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 19.56 | 19.87 |
| TARRO + SUELO SECO | 18.02 | 18.54 |
| AGUA | 1.54 | 1.33 |
| PESO DEL TARRO | 9.58 | 11.23 |
| PESO DEL SUELO SECO | 8.44 | 7.31 |
| % DE HUMEDAD | 18.2 | 18.2 |



| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 21.3 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 18.2 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 3.1 |

| OBSERVACIONES |
|---------------|
| |


WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 REG. COL. DE INGENIEROS Nº 14555


Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 55. Límites de Atterberg - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 40% + Arena de duna 60%

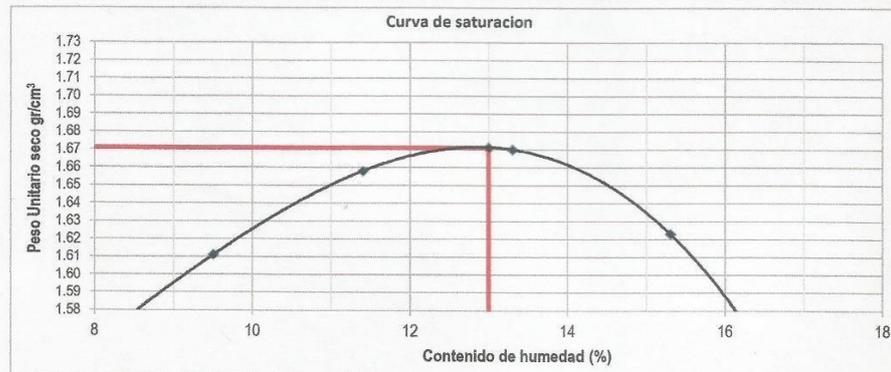
| | | |
|----------------------------------|--|--|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

| |
|--|
| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO |
| MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D |

| | | | |
|------------------|---|--------------------|--------------------------------|
| OBRA | ESTUDIO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES INCORPORANDO ARENA DE DUNA DEL SECIERTO DE SECHURA, PIURA 2020 | N° REGISTRO | KATMON 3 - 0010 |
| MATERIAL | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | TÉCNICO | CHALINGER O. |
| MUESTREO | 16/09/20 | ING. RESP. | Wilmer Cordova C. |
| MUESTRA | MEZCLA DE CANTERAS 60 - 40 | FECHA | 17/09/2020 |
| CANTERA | | HECHO POR | KATIA FIESTAS ROMAN MONTERO |
| UBICACIÓN | | | |

| COMPACTACIÓN | | | | | |
|---|--------------|--------|--------|--|-------------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN | : "A" | | | | |
| N° DE GOLPES POR CAPA | : 25 | | | | |
| NÚMERO DE CAPAS | : 5 | | | | |
| NÚMERO DE ENSAYO | 1 | 2 | 3 | | |
| PESO (SUELO + MOLDE) (gr) | 5515.0 | 5592.0 | 5635.0 | 5615.0 | |
| PESO DE MOLDE (gr) | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | 3865.0 | |
| PESO SUELO HÚMEDO (gr) | 1650 | 1727 | 1770 | 1750 | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) | 935.2 | 935.2 | 935.2 | 935.2 | |
| DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³) | 1.764 | 1.847 | 1.893 | 1.871 | |
| DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.611 | 1.658 | 1.670 | 1.623 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| RECIPIENTE N° | | | | | |
| PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr) | 265.3 | 256.4 | 278.4 | 254.4 | |
| PESO (SUELO SECO + TARA) (gr) | 242.2 | 230.1 | 245.7 | 220.6 | |
| PESO DE LA TARA (gr) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| PESO DE AGUA (gr) | 23.0 | 26.2 | 32.7 | 33.8 | |
| PESO DE SUELO SECO (gr) | 242.2 | 230.1 | 245.7 | 220.6 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 9.5 | 11.4 | 13.3 | 15.3 | |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.671 | | | ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 13.0 |



WILMER CORDOVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ing. 226660 - P 84090

Chalinger Obregón Flores
 Técnico de Laboratorio de Suelos

Figura 56. Ensayo de Proctor Modificado - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" 40% + Arena de duna 60%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ANEXO 04:

PANEL

TOPOGRÁFICO

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL:

Efecto de arena de duna en la estabilización de suelos arcillosos en
carretera Nueva Esperanza – Los Pocitos, Sechura, Piura.

AUTORES:

FIESTAS PAZO, KATIA VALERIA

MONTERO RUIZ, ROMÁN



(a)



(b)

Figura 57. Jornada de búsqueda de material - Suelo arcilloso (suelo natural) "Los Pocitos" (a) y (b) Material tomado para estudio



(a)



(b)

Figura 58. Jornada de búsqueda del material, anexo Los Pocitos(a) Calicata. (b) Perfil estratigráfico, Arena de Duna



(a)



(b)

Figura 59. Jornada de búsqueda de material Cantera Mala Vidas (a) y (b) Material tomado para estudio



(a)



(b)



(c)

Figura 60. (a) Tamizando, (b) Número de Tamices utilizados y; (c) Material que se pasará por el tamiz



(a)



(b)

Figura 61. (a) Vertiendo el porcentaje de agua y; (b) Mezclado de materiales

superficie de la muestra



(a)



(b)



(c)

Figura 62. (a) material a usar en ensayo Proctor; (b) compactación en molde y; (c) enrase de la superficie de la muestra



(a)



(b)



(c)

Figura 63. (a), (b) y (c) Ensayo de CBR



Figura 64. Levantamiento Topográfico Tramo Los Pocitos – Nueva Esperanza (Definición del BM)



(a)



(b)

Figura 65. (a) y (b) Levantamiento Topográfico Tramo Los Pocitos – Nueva Esperanza (Definición de Progresivas)