

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir
espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Ricardina Abigail De La Cruz Velasquez

ASESOR

Joaquin Hernan Rojas Oblitas
<https://orcid.org/0000-0002-6521-0215>

Chiclayo, 2023

**Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para
reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021**

PRESENTADA POR

Ricardina Abigail De La Cruz Velasquez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Lucas Ludeña Gutierrez

PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino

SECRETARIO

Joaquin Hernan Rojas Oblitas

VOCAL

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada a Dios, puesto que me ha brindado la sabiduría y fortaleza para poder llegar a esta etapa, venciendo cualquier obstáculo. Además, va dedicada a mis padres, Fany Velasquez Ordoñez y Octaviano De La Cruz Rangel, quienes son mi fuerza, motivación y soporte.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por mantenerme con salud, además de abrirme las puertas permitiéndome llevar a cabo esta tesis y por darme siempre la oportunidad de seguir adelante. También, a mis padres, quienes son los pilares fundamentales en mi vida, que gracias a su sacrificio, esfuerzo y confianza puesta en mí, es que estoy logrando culminar esta tesis, a mi hermano y hermana por ser mi motivación y aliento para poder seguir cumpliendo mis metas.

A mi asesor, Ing. Joaquin Rojas Oblitas, por ser mi guía desde que empecé con este proyecto, por su paciencia, conocimiento y consejos compartidos, los cuales han sido de vital importancia para poder desarrollar y ejecutar esta tesis.

A los técnicos laboratoristas, Henry Rivadeneyra y Marco Casanova, quienes me brindaron su apoyo en la etapa de los ensayos de suelos.

A mis profesores, quienes me han brindado su sabiduría durante mi formación universitaria.

Finalmente, y por ello no menos importante, a mis amistades: Anghela, Isamary, Mirian, Lesly, Jorge, Roque, Antony y Ronaldo, por el apoyo y compañía en muchos momentos, tanto de alegrías como de perseverancias, y que crearon las mejores anécdotas en esta etapa universitaria.

DE LA CRUZ VELASQUEZ RICARDINA ABIGAIID - TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
Revisión de la literatura.....	18
Antecedentes	18
Bases teóricas	22
Marco Normativo	22
Definición de términos	23
Pavimentos flexibles	25
Geosintéticos	26
Materiales y métodos	33
Materiales.....	33
Geomallas.....	33
Concreto asfáltico.....	35
Base Granular.....	36
Subbase Granular	38
Suelo de subrasante	39
Método, tipo y nivel de investigación	40
Hipótesis y Operacionalización de variable	41
Población y muestra	41
Técnica e instrumentos de recolección de datos	43
Técnica e instrumentos de procesamiento de datos.....	43
Procedimiento	44
a) Investigación en laboratorio	44
- Estudios al suelo natural.....	44
- Estudios a la muestra que se empleará como base granular y subbase granular	51
- Aplicación de la geomalla en capas estructurales del pavimento.....	54
b) Investigación en gabinete	56
- Herramientas	56

c) Ejecución del proyecto	58
- Área de estudio.....	58
- Ejecución del tramo experimental.....	60
- Verificación de la efectividad de la reducción de espesores	61
Resultados	63
ESAL.....	63
Estudio de suelos.....	64
Estudios del material granular.....	65
a) Resultados del estudio para subbase granular	65
b) Resultados del estudio para base granular.....	66
Incorporación de la geomalla en capa estructural del pavimento flexible	66
Diseño del pavimento flexible Convencional	68
Diseño del pavimento flexible con la geomalla biaxial BX3030.....	68
a) Aplicación de la geomalla biaxial BX3030 en la base granular.....	68
b) Aplicación de la geomalla biaxial BX3030 en la subrasante	69
Análisis de ubicación óptima de geomalla biaxial BX3030.....	70
Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales	73
Evaluación costo beneficio.....	75
Discusiones	77
Conclusiones	80
Recomendaciones.....	82
Colaboradores	83
Referencias.....	84
Anexos.....	87

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Geomalla	27
Ilustración 2. Clasificación de los geosintéticos	27
Ilustración 3. Método de fabricación.....	29
Ilustración 4. Geomalla unida	31
Ilustración 5. Geomalla tejida	31
Ilustración 6. Geomalla uniaxiales	32
Ilustración 7. Geomalla biaxial	32
Ilustración 8. Geomalla biaxial - GEOACE.....	33
Ilustración 9. Geomalla multiaxial	33
Ilustración 10. Ubicación de la estación.....	56
Ilustración 11. Porcentaje de vehículos según su tipo.....	99
Ilustración 12. CBR de acuerdo con el tipo de carreteras	102
Ilustración 13. Coeficiente Estructural de Capa de Concreto Asfáltico	103
Ilustración 14. Coeficiente Estructural de Capa Base	104
Ilustración 15. Coeficiente Estructural de Capa Subbase Granular	104
Ilustración 16. Monograma para determinar el Número Estructural.....	105
Ilustración 17. Aplicación para determinar el Número Estructural.....	105

Lista de tablas

Tabla 1. Función de cada geosintéticos.....	28
Tabla 2. Usos granulométricos especificados	35
Tabla 3. Requerimientos mínimos para el material de base granular.....	37
Tabla 4. Requerimientos mínimos para el agregado grueso.....	37
Tabla 5. Requerimientos mínimos para el agregado fino.....	38
Tabla 6. Requerimientos mínimos para el material de base granular.....	38
Tabla 7. Requerimientos mínimos para el material de subbase granular	39
Tabla 8. Tabla de operacionalización de variables.....	41
Tabla 9. Leyes de comportamiento para determinar la deflexión	62
Tabla 10. Deflexiones admisibles obtenidas para un EE de 4×10^6	62
Tabla 11. Cálculo del IMDS	63
Tabla 12. Cálculo del ESAL	64
Tabla 13. Resultados de los ensayos y análisis de suelos	64
Tabla 14. Resultados de los ensayos y análisis del material de cantera	65
Tabla 15. Gradación del material de cantera.....	65

Tabla 16. Resultados de los ensayos y análisis del material de cantera	66
Tabla 17. Comparación de espesores del diseño patrón con los otros diseños donde se añade la geomalla biaxial BX3030.....	70
Tabla 18. Resultados de la viga Benkelman del tramo experimental.....	72
Tabla 19. Resultados de la deflexión admisible del tramo experimental de 20 m	72
Tabla 20. Precio Unitario de ambas propuestas	75
Tabla 21. Precio Unitario de ambas propuestas por metro lineal.....	76
Tabla 22. Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje	98
Tabla 23. Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje.....	98
Tabla 24. Tasa de crecimiento del parque automotor	98
Tabla 25. Días de estudio de tráfico	99
Tabla 26. Factores de equivalencia de carga para diferentes configuraciones de sus ejes y carga	100
Tabla 27. Niveles de confiabilidad en base a los ejes equivalentes	101
Tabla 28. Índice de serviciabilidad inicial en base a los ejes equivalentes	101
Tabla 29. Índice de serviciabilidad final en base a los ejes equivalentes.....	102
Tabla 30. Calidad de drenaje.....	103
Tabla 31. Coeficientes de drenaje	103
Tabla 32. Identificación de impactos	181
Tabla 33. Matriz de Leopold del diseño convencional	181
Tabla 34. Matriz de Leopold del diseño con geomalla	182

Lista de fotos

Foto 1. Geomalla biaxial extruida BX3030.....	34
Foto 2. Visita a Cantera Hitos – La Cría Fuente: Propia.....	36
Foto 3. Material que será estudiado en laboratorio	36
Foto 4. Calicata de donde se extrajo la muestra para subrasante	39
Foto 5. Calicata de donde se extrajo la muestra para subrasante	40
Foto 6. Niveles de extracción de la muestra.....	45
Foto 7. Muestra de suelo	46
Foto 8. Colocación al horno de la muestra lavada, luego extraída y tamizada	46
Foto 9. Colocación al horno de la muestra luego extraída y pesada	47
Foto 10. Ensayo de Límites.....	47
Foto 11. Ensayo de Proctor	48
Foto 12. Muestra para la humedad y peso de la muestra seca compactada más molde	49
Foto 13. Ensayo de expansión.....	49

Foto 14. Ensayo de penetración y dial	49
Foto 15. Material estudiado para base granular y visita a la Cantera Hitos	51
Foto 16. límite líquido y límite plástico	52
Foto 17. Peso del material más el 30% de piedra de ½.....	53
Foto 18. Proceso de trabajo es húmedo y muestra extraída del horno	53
Foto 19. Geomalla biaxial extruida	54
Foto 20. Colocación de la geomalla	54
Foto 21. Peso del material con el 30% de piedra de media.....	55
Foto 22. Geomalla ubicada a 3cm de la superficie.....	55
Foto 23. Tramo por ejecutar	60
Foto 24. Corroboración del brazo de la viga, relación 1:2	61
Foto 25. Colocación de la geomalla biaxial BX3030 en la subrasante	67
Foto 26. Colocación de la geomalla biaxial BX3030 en la base	67
Foto 27. Conteo vehicular del lunes	94
Foto 28. Conteo vehicular del martes.....	94
Foto 29. Conteo vehicular del miércoles.....	95
Foto 30. Conteo vehicular del jueves	95
Foto 31. conteo vehicular del viernes.....	96
Foto 32. Conteo vehicular del sábado	96
Foto 33. conteo vehicular del domingo.....	97
Foto 34. Tramo por ejecutar	115
Foto 35. Inicio de obra	115
Foto 36. Empieza la excavación.....	116
Foto 37. Tramo por ejecutar	116
Foto 38. Empieza la excavación.....	117
Foto 39. Empieza la excavación.....	117
Foto 40. Remoción de pavimento existente	118
Foto 41. Eliminación de Material del pavimento antiguo	118
Foto 42. Eliminación de Material del pavimento antiguo de la parte final	119
Foto 43. Material para subbase traído de la cantera Hitos	119
Foto 44. Humedece el material de subbase	120
Foto 45. Material para subbase traído de la cantera Hitos	120
Foto 46. Motoniveladora uniformiza el material buscando la humedad optima	121
Foto 47. Corte de geomalla biaxial extruida	121
Foto 48. Geomalla biaxial extruida	122
Foto 49. Nivel de subrasante	122
Foto 50. Motoniveladora prepara el suelo para que ingrese el rodillo liso	123

Foto 51. Compactación con rodillo liso	123
Foto 52. Colocación de la geomalla biaxial en la subrasante.....	124
Foto 53. Compactación con rodillo liso	124
Foto 54. Colocación in situ de la geomalla biaxial	124
Foto 55. Geomalla biaxial in situ	125
Foto 56. Colocación in situ de la geomalla biaxial	125
Foto 57. Geomalla biaxial queda entre la interfaz de la subrasante y subbase.....	126
Foto 58. Motoniveladora compacta la subbase	127
Foto 59. Rodillo liso ingresa a compactar la subrasante	127
Foto 60. Compactación de los 10m sin geomalla.....	128
Foto 61. Ejecución del tramo experimental.....	128
Foto 62. Corroboración de espesor para el pavimento con geomalla.....	129
Foto 63. Corroboración de espesor para el pavimento sin geomalla.....	129
Foto 64. Empezamos el segundo día de ejecución de obra	130
Foto 65. Piedra de ½ de cantera Tres Tomas más el material de subbase de cantera Hitos.....	130
Foto 66. Material de cantera Hitos humedecido.....	131
Foto 67. Obtención del material para base granular.....	131
Foto 68. Material para base granular listo para ser esparcido	132
Foto 69. Subbase lista para colocar la base granular.....	132
Foto 70. Colocación de la base granular	133
Foto 71. Agregado de base granular esparcido	133
Foto 72. Agregado de base granular esparcido	134
Foto 73. Compactación con rodillo liso	134
Foto 74. Nivel colocado para realizar la plantilla	135
Foto 75. Colocación de plantilla al extremo derecho de la vía	135
Foto 76. Colocación al extremo izquierdo de la vía.....	135
Foto 77. Corte de acuerdo con la plantilla.....	136
Foto 78. señalización de la plantilla	136
Foto 79. Rodillo liso.....	136
Foto 80. Base granular lista.....	137
Foto 81. Base granular terminada	137
Foto 82. Espesor restante para la carpeta asfáltica.....	138
Foto 83. Ensayo Densidad de Campo	138
Foto 84. Aplicación de Imprimación asfáltica MC-30.....	139
Foto 85. Tiempo de reposo para que seque la imprimación.....	139
Foto 86. Sellador de la carpeta asfáltica.....	140
Foto 87. Inicio de la colocación de la carpeta asfáltica.....	140

Foto 88. Vaciado del asfalto a la asfáltadora.....	141
Foto 89. Esparcido manual del asfalto	141
Foto 90. Medida del espesor de la carpeta asfáltica	142
Foto 91. Esparcido del asfalto	142
Foto 92. Compactación de carpeta asfáltica.....	143
Foto 93. Espolvoramiento de arena.....	143
Foto 94. Sellado final con el rodillo neumático	144
Foto 95. Fin de la obra	144
Foto 96. Antes de la obra	145
Foto 97. Después de la obra	145
Foto 98. Corroboración del brazo de la viga, relación 1:2	192
Foto 99. Inicio del ensayo	192
Foto 100. Toma de valores de la lectura del dial dictadas por el Técnico	193
Foto 101. Toma de valores del lado izquierdo	193
Foto 102. Toma de valores del pavimento antiguo lado izquierdo	194
Foto 103. Toma de valores del pavimento antiguo lado derecho.....	194
Foto 104. Toma de valores del pavimento antiguo lado izquierdo	195

Resumen

Esta investigación, se desarrolló en la ciudad de Lambayeque partiendo de una problemática real que es el estado actual de los pavimentos flexibles. Es por ello que tiene como objetivo estudiar la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles en la provincia de Lambayeque. Como ya es bien sabido, la geomalla biaxial es un tipo de geosintéticos que ofrece resistencia a solicitaciones en dos direcciones y que posee un alto grado de rigidez. Para que esta investigación se lleve a cabo se tuvo que buscar el tipo de geomalla que se empleara, así como también se tuvo que investigar y realizar estudios a materiales granulares que cumpla con los requerimientos del manual de carreteras, posterior a ello se tiene que analizar el lugar óptimo donde se colocara la geomalla, además se obtendrá las deflexiones para demostrar la efectividad del proyecto. Los resultados que se obtuvieron con respecto al suelo es que de acuerdo con la Clasificación de Suelos (SUCS) es una arcilla arenosa de baja plasticidad, además obtuvo un CBR de 7% al 95% de la M.D.S. El tipo de geomalla con el cual se experimentó es la geomalla Biaxial Extruida BX3030 fabricada de polipropileno, posterior a ello se ensayó el material granular para determinar que sus propiedades sean las solicitadas, luego se experimentó la influencia de la geomalla biaxial BX3030 en cada material (subrasante y base granular), de donde resultó que al aplicar la geomalla en la subrasante el valor del CBR aumenta de un 7% a un 18.6% al 95% de la M.D.S.; de la misma forma se obtuvo un aumento de CBR al aplicar la geomalla en la base, siendo este de un 106.9% a un 165.10%. Después, se realizó el diseño donde se resultó que la geomalla es colocada en la interfaz de la subrasante y subbase, ya que ahí es donde se consigue una mayor reducción de espesores siendo este de 25cm en comparación al diseño del pavimento convencional. Además, se comprobó la efectividad de esta metodología utilizando el ensayo de la Viga Benkelman, el cual determinó que el pavimento convencional tiene una deflexión de 0.58mm mientras que el pavimento reforzado con geomalla biaxial BX3030 obtuvo 0.44mm de deflexión. Finalmente se obtuvo que para el tramo experimental que es de 6.10m por 10m, se tiene un ahorro de ahorro de S/.46.10 que representan un 11.91% de ahorro entre ambas propuestas de diseño, siendo significativo el diseño donde se emplea la geomalla.

PALABRAS CLAVES: geomalla biaxial, CBR, espesores, deflexión, subrasante.

Abstract

This research was developed in the city of Lambayeque based on a real problem that is the current state of flexible pavements. That is why it aims to study the influence of the application of geogrids to reduce thicknesses in flexible pavements in the province of Lambayeque. As is well known, the biaxial geogrid is a type of geosynthetics that offers resistance to stresses in two directions and has a high degree of rigidity. For this research to be carried out, the type of geogrid that was used had to be sought, as well as it was necessary to investigate and carry out studies on granular materials that meet the requirements of the road manual, after that the optimal place where the geogrid will be placed has to be analyzed, in addition, the deflections will be obtained to demonstrate the effectiveness of the project. The results obtained with respect to the soil is that according to the Soil Classification (SUCS) it is a sandy clay of low plasticity, it also obtained a CBR of 7% to 95% of the M.D.S. The type of geogrid with which it was experimented is the Biaxial Extruded Geogrid BX3030 made of polypropylene, after that the granular material was tested to determine that its properties are as requested, then the influence of the biaxial geogrid BX3030 was experienced in each material (subgrade and granular base), from where it turned out that when applying the geogrid in the subgrade the value of the CBR increases from 7% to 18.6% to 95% M.D.S.; in the same way, an increase in CBR was obtained when applying the geogrid at the base, this being from 106.9% to 165.10%. Then, the design was made where it turned out that the geogrid is placed at the interface of the subgrade and subbase, since that is where a greater reduction of thicknesses is achieved, this being 25cm compared to the conventional pavement design. In addition, the effectiveness of this methodology was tested using the Benkelman Beam test, which determined that conventional pavement has a deflection of 0.58mm while pavement reinforced with BX3030 biaxial geogrid obtained 0.44mm of deflection. Finally, it was obtained that for the experimental section that is 6.10m by 10m, there is a saving saving of S / .46.10 that represents an 11.91% saving between both design proposals, being significant the design where the geogrid is used.

Keywords: biaxial geogrid, CBR, thicknesses, deflection, subgrade.

Introducción

Los geosintéticos actualmente se vienen utilizando en la industria de la construcción de obras de infraestructura vial, esta es una tecnología nueva que forma parte de la estructura interna de los pavimentos flexibles, en este sentido la intervención de los geosintéticos se da de una manera positiva ya que dan aportes como el de refuerzo, separación, drenaje, entre otros. Dentro de esta clasificación se destacan a las geomallas y los geotextiles ambos pueden actuar como parte de refuerzo en la subrasante y la base del pavimento.

En Perú contamos con un serio problema en cuanto a las rutas pavimentadas nacionales, ya que estas presentan fallas como los agrietamientos, piel de cocodrilo, entre otras y eso se debe a que el tipo de suelo en el que se apoya la estructura del pavimento empieza a ser deficiente ante la transitabilidad o ante el requerimiento para los cuales fueron diseñados. Una influencia es la sobrecarga que se acentúa en la capa de rodadura, ocasionando fisuramientos los cuales con el tiempo llegan a ser parte del sistema de conducción de agua a la parte estructural del pavimento, es así como poco a poco empieza el deterioro continuando con las bases granulares, subbase, subrasante, y así influyendo en la pérdida de las propiedades mecánicas del suelo.

Según el Informe de Competitividad Global 2018-2019, el cual está bajo la responsabilidad del Foro Económico Mundial, el Perú se encuentra ocupando el lugar 85 de 140 países en cuanto al rubro de Infraestructura. De acuerdo con el último informe se tiene un inventario de 168,473.06 kms de la longitud de la carretera en el Perú, del cual aproximadamente el 16% se encuentra pavimentada [1]. En cuanto a las estadísticas que proporciona el Ministerio de Transportes en el estudio de Infraestructura Vial, se tiene sobre la longitud de la red vial existente del sistema nacional de carretera según el tipo de superficie por años, al mes de julio del 2021 cuenta con un kilometraje de no pavimentada en red vial nacional de 4511 y a nivel departamental 23689 km, cifras donde no se está considerando aquellas carreteras de tercera clase que de acuerdo a su demanda ascienden de categoría [2].

Por otro lado, a nivel nacional se tiene la problemática que existe en cuanto al diseño convencional de pavimento flexible, ya que en la actualidad en el Perú se cuenta con una sola metodología, donde la única manera de poder contar con una pavimentación en buenas condiciones, será resultado de haber asegurado las capas de la parte estructural del pavimento; es por ello, donde señalamos que este típico diseño convencional requiere de una mayor cantidad de material por los espesores que resultan en dicho diseño y ello conlleva a una mayor explotación de canteras, como también un mayor impacto ambiental, mayores costos y tiempos en cuanto a la ejecución del proyecto. Simultáneamente, en este diseño convencional existe otra problemática relacionada con la paralización de obras, que de acuerdo al informe de la contraloría hasta el año 2015 se obtuvo un número de obras paralizadas en el sector transporte de 44 obras, que equivalen

a una inversión total de 308 millones de soles, mientras que hasta el año 2019 se reportó un total de obras paralizadas en el sector transportes y comunicaciones de 88 obras; ahora bien siendo específica en este año 2021 la contraloría detectó atraso y deficiencia en la construcción de la carretera La Costanera 2 ubicada en Piura, donde se evidencio que el relleno compactado con material no establecido en el expediente técnico podría generar que el suelo no soporte la capacidad considerada en el diseño del pavimento presentando posteriormente algún tipo de falla como hundimientos, en la inspección de campo también se evidencian que no se estaba considerando el tipo de material que recomienda la norma en cuanto a requisitos de los materiales [3].

Con respecto a una problemática local se tiene el tipo de suelo con el cual cuenta la ciudad de Lambayeque, ya que de acuerdo al proyecto de INDECI, en su estudio de ciudades sostenibles refiere que esta ciudad cuenta con suelos arcillosos de alta plasticidad o limosos de alta plasticidad, dando probabilidades a la existencia del fenómeno de expansión de suelos, también refiere que las que presentan esta característica son al Nor – Este y al Nor – Oeste de la ciudad, mencionando puntos específicos como: La calle 2 de Octubre, San Martin, Miguel Grau, Bolognesi, Huamachuco, Juan Manuel Iturregui, entre otros. De la misma forma también menciona las zonas que son tentativas para presentar licuefacción, especificando puntos críticos como P.P.J.J. San Martin, A.A.H.H. Las Dunas, Urbanización Guardia Republicana, Fundo La Peña y Sector Nuevo Mocce.

Entonces, la referencia de estos dos últimos puntos líneas arriba se resume en que el diseño convencional requiere de espesores significativos y que aparte aún existe una gran demanda sobre los agregados o materiales que se emplearán para proyectos viales, ya que la cifra de carreteras aún por pavimentar es considerable; esto trae consigo una alta demanda de materiales para el rubro de construcción de carreteras, en consecuencia es que existe los estudios de potencia de cada cantera, ya que así se define el periodo de explotación y el material con el que se cuenta por explotar, resumiendo en que toda cantera tiene una vida útil y que la disposición de su material es finita. Dentro de la región Lambayeque encontramos la cantera Tres Tomas que tiene una potencia de estrato de 8m, contando con un volumen explotable de 131742.07 m³ y un área de explotación aproximadamente de 33147.49 m², el material que ofrece puede usarse para relleno y subbase en el rubro de proyectos de carreteras, otra cantera con la que se cuenta en la región es La Victoria, que posee un área de 1.04 hectáreas posible para la extracción de material y cuenta con una potencia de 11942.34 m³ de material, en consecuencia se puede sustentar de que cada cantera posee una cantidad de material finita por ofrecer [4].

La reducción de espesores de subbase y base del pavimento flexible se consigue con la aplicación de geosintéticos, ya que, al tener un soporte mayor de cantidad de esfuerzos cortantes,

superiores al suelo natural, estas geomallas y geotextiles incrementan los valores requeridos para resistir las cargas solicitadas [5].

El presente proyecto investigativo tiene la siguiente formulación del problema: ¿Es posible reducir los espesores de los pavimentos flexibles, utilizando geomallas en la provincia de Lambayeque?

El proyecto de investigación de estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles en la provincia de Lambayeque cuenta con las justificaciones respectivas:

Justificación Técnica, en la actualidad el rubro de infraestructura vial en relación a los proyectos de pavimentación flexible, se viene desarrollando con la misma metodología del diseño convencional teniendo en cuenta que hay nuevas tecnologías las cuales traerían grandes beneficios con su aplicación, sin embargo no se emplean ya que no hay una normativa peruana que pueda abalar ese procedimiento constructivo; es por ello, que se propone elaborar un diseño añadiéndole geomallas en la interfase de las capas estructurales del pavimento, considerando que este tipo de geosintéticos cuentan con los estudios probatorios correspondientes elaborados por parte de las empresas que lo fabrican, para así servir de respaldo de contar con excelentes propiedades físico-mecánicas con las cuales se complementan y refuerzan al suelo, es por ello que en beneficio de esa incorporación se quiere realizar el estudio y posterior demostración de que la aplicación de estas geomallas también contribuyen y son las responsables de la reducción de espesores de capas y subbase del pavimento flexible.

Justificación Económica, la demostración de la reducción de espesores en consecuencia de la aplicación de las geomallas en proyectos viales específicamente para el diseño de pavimentos flexibles, trae beneficios como la reducción de agregado a emplear, reducción en hora máquina y tiempo, por consiguiente el proyecto sería más económico dando como resultado un aumento de la productividad en cuanto a construcción de carreteras ya que el diseño convencional emplea un mayor espesor en sus capas (bases y subbases); por ende, emplea mayor agregado o material por el nuevo cambio de uso de tecnologías.

Justificación Social, con la empleabilidad de los geosintéticos específicamente de las geomallas, con la cual se busca comprobar la reducción de espesores en los pavimentos flexibles, para así contribuir en la reducción de explotación de las canteras, consiguiendo un menor impacto ambiental; así también, otro punto a favor es que este tipo de geomallas no requiere de mano de obra calificada puesto a que su colocación es simple y ahí se aprovecharía en contratar a una persona que sea parte de la comunidad donde se desarrolle el proyecto.

Los objetivos que se proponen para el presente proyecto investigativo son:

El objetivo general es estudiar la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles en la provincia de Lambayeque, 2021

Los objetivos específicos son: conocer e identificar la clasificación, aplicación y propiedades físico-mecánicas de las geomallas disponibles en la industria actual; realizar ensayos de laboratorio al suelo que se utilizara donde se aplicara el diseño; determinar los espesores de las capas del pavimento flexible convencional; determinar el tipo de geomalla con el cual se realizará el diseño y entre que interfaz se colocará dicha geomalla; realizar un diseño de pavimento flexible empleando la geomalla; realizar el diseño en un tramo experimental de 20 m; comparar los diseños del pavimento convencional con la otra alternativa de diseño donde se emplea geomalla; comprobar la reducción de los espesores del pavimento flexible, reforzado con geomalla; realizar un estudio de Impacto Ambiental; finalmente evaluar la relación costo y beneficio que se obtendrá al aplicar la geomalla.

Revisión de la literatura

Se han revisado diversas investigaciones relacionadas con la influencia de la aplicación de las geomallas para lograr reducir espesores en bases y subbases en el diseño de pavimentos flexibles, esta revisión es a nivel internacional como nacional.

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

TESIS DE MÁSTER: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICANDO GEOMALLAS DE PROPILENO COMO SISTEMA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL 2013.

Lizárraga [6], como parte introductoria el autor refiere que la inclusión de geosintéticos es una tecnología moderna para poder aplicarse en carreteras, especificando a las geomallas de propileno y de fibra de vidrio, como un reforzamiento estructural, ya que se conseguirá mitigar los problemas de deficiencia estructural que puedan presentar las capas del mencionado pavimento, posterior a ello para demostrar que las geomallas biaxiales se estableció cuatro secciones de construcción con materiales de indiferentes propiedades, corroborando de esa manera mediante métodos de diseños empíricos como AASHTO 93 y también se empleó softwares para una mejor fundamentación. Los resultados que se obtenidos permitieron demostrar que existe una significativa reducción de espesores en el diseño de la capa asfáltica, siendo la variación de un 28% a un 37% y esto se debe a que la geomalla contribuye absorbiendo los esfuerzos de tensión a tracción y reduce las deformaciones horizontales que puedan aparecer. Y de esta forma culmina referenciando que la incorporación de la tecnología favorece en una reducción significativa de los espesores de diseño de las capas del pavimento flexible.

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL USO DE GEOMALLAS BIAXIALES COMO ELEMENTO DE REFUERZO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA, GIRARDOT, 2020

Álvarez, Bermúdez [7], la problemática de esta tesis es que en la actualidad los pavimentos flexibles convencionales en Colombia no llegan a cumplir su ciclo de vida para el periodo que fue diseñado, dentro de los factores que origina eso está el aumento de tráfico y los cambios de temperatura que también afecta a la pavimentación. Por ello esta investigación tiene como objetivo analizar los beneficios y comparar los diseños con un tipo de geosintéticos (geomallas). El diseño que se empleó se base en el método AASHTO – 93 tanto para el diseño convencional como para el reforzado con una geomalla biaxial. En cuanto a los resultados en el diseño convencional se obtuvo una estructura de 62.5 cm y la estructura que corresponde al diseño reforzado fue de 45.5 cm, con ello determinó que el uso de las geomallas optimiza el espesor de

las capas estructurales con un valor de 17 cm. Finalmente concluye con la exposición de un análisis comparativo entre los dos diseños, donde se destaca que el que esta reforzado con la geomalla aumenta la vida útil, brinda resistencia y minimiza los daños que pueda presentar el pavimento por factores ambientales del suelo.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DEL USO DE GEOTEXILES Y GEOMALLAS EN EL ACOMODO DE PARTÍCULAS DE UN SUELO ARENOSO DETERMINADA A TRAVÉS DE ENSAYOS GEOTECNICOS TRADICIONALES, Santiago , 2020

Velásquez [8], esta tesis presenta como problemática a los suelos que son deficientes ya que muchas veces son los que generan algún tipo de falla en el pavimento inclusive antes de cumplir con su vida útil, es por ello por lo que existen los mejoramientos de estos suelos llegando a incrementar la resistencia y su capacidad portante. El objetivo mediante el cual gira esta investigación es el analizar el comportamiento del acomodo de las partículas en un suelo determinado, esta evaluación se realizará con la incorporación de geotextil y geomalla de tipo triaxial. Con respecto a los ensayos se realizaron el ensayo del Proctor modificado, ensayo de densidades máximas y mínimas y la determinación de la capacidad por tante a través del ensayo de CBR. los resultados que se lograron en esta investigación es que la incorporación de geosintéticos no muestra una variación significativa. Por otro lado, resulto identificarse una banda de magnitudes de la resistencia del suelo a la penetración equivalente de incrementos de ángulos de fricción en 2° a 5° respectivamente para geomalla y geotextil.

Antecedentes Nacionales

DISEÑO DE UNA BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLA BIAxIAL; PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRAMO TAYABAMBA – ONGON, PROVINCIA DE PATAZ. LA LIBERTAD, 2019

Miranda [9], la presente investigación expresa como objetivo general evaluar el uso de la geomalla tipo biaxial como refuerzo estructural del pavimento flexible entre las capas de la base y subbase en la carretera Tramo Tayabamba, Ongon, Provincia de Patáz, La Libertad. El procedimiento que se siguió es en base al método de AASHTO 93, se analizó los parámetros como: diseño de tráfico y la determinación del módulo de resiliencia, el cual se obtiene mediante el CBR que se consiguió con los ensayos de laboratorio. Posterior a ello se realizó el diseño con dos tipos de geomallas: geomalla biaxial LBO 202 que es de 20 KN y la LBO 302 que es de 30 KN, la metodología que se empleó para el cálculo de los espesores de lavase y subbase fue con el método Geosoft Pavco V3.0, en cuanto a la metodología de la investigación es de tipo experimental, teniendo un enfoque cuantitativo. Finalmente, como resultados se tuvo que la

geomalla LBO 202 reduce 4% en la base y 43% en la subbase; mientras que, con la geomalla biaxial LBO 302 se reduce un 8% en la base y un 50% en la subbase de la estructura del pavimento, en términos generales se obtuvo una disminución de 2.31% y 3.73% respectivamente.

APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EN COMPORTAMIENTO MÉCANICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA. LIMA 2021.

Perales, Arce [10], esta tesis muestra la problemática de la que padece las vías pavimentadas y sus deterioros que surgen a corto plazo; es por ello, que tiene como objetivo general la aplicación de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos, buscando perfeccionar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la zona que es la Avenida César Canevaro, en el distrito de San Juan de Miraflores en Lima Metropolitana; esta investigación cuenta con un análisis cuantitativo experimental de tipo descriptivo, donde se busca realizar una evaluación al comportamiento mecánico logrado por la aplicación de las geomallas en la carpeta asfáltica, y para lograrlo se realizó una evaluación que consiste en extraer tres muestras del pavimento con refuerzo y otras tres sin refuerzo para posterior a ellos evaluar su resistencia a la compresión, deformación máxima y rigidez. Finalmente se obtuvo que existe un incremento de la resistencia a compresión simple de 14%, además una deformación menor en un 21% y en cuanto a la rigidez, este aumento en 64%.

INFLUENCIA DE LOS GEOSINTÉTICOS EN EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, 2018.

Guzmán [11], esta tesis expone la problemática en relación con el diseño y construcción de las obras viales en el país, ya que menciona la existencia de una incertidumbre generada por la diversa geomorfología con el que cuenta el país, así también la diversidad que hay en los materiales geológicos y sus precios respectivos; en consecuencia, el objetivo general que se propone es establecer la influencia de los geosintéticos en el dimensionamiento de los espesores de las capas del pavimento flexible. El tipo de investigación es aplicada a nivel descriptiva – explicativa, contando con un método deductivo y diseño no experimental transversal explicativo, la población considerada es del distrito de Huamalí, y la muestra es de 3.4 km. Como resultados se obtuvo que la aplicación de geomallas tipo B P-BX12 30 KN/m interviene en la reducción del espesor de la subbase, difiriendo entre 3 a 5 cm; sin embargo, para la capa asfáltica y para la base no influyó en el dimensionamiento del espesor.

Antecedentes Locales

DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO UTILIZANDO GEOMALLAS DE FIBRA DE VIDRIO EN URBANIZACIÓN EL INGENIERO I, CHICLAYO, 2019

Villegas [12], la problemática que existe en la ciudad de Chiclayo son las excesivas fallas estructurales y desprendimientos en superficie de rodadura, esto genera molestia en los transeúntes dando una serviciabilidad de la transitabilidad vehicular deficiente, esta tesis enfoca exactamente su problemática en la Urbanización el ingeniero I, donde se evidenció la deficiente carpeta asfáltica que presenta la zona así como también expone que pese a los métodos de rehabilitación y mantenimiento dicha condición deficiente se sigue manteniendo. Es por ello por lo que la presente tesis tiene como objetivo general realizar el diseño del pavimento asfáltico empleando geomallas de fibra de vidrio en la zona anteriormente mencionada. Los datos que se estudiaron fueron de tránsito vehicular, computo de número de ejes equivalentes y determinación del Número estructural de diseño, así como también la determinación de espesores para el pavimento tradicional y para el pavimento reforzado con geomallas de fibra de vidrio. Los ensayos constan de 4 calicatas en campo de las cuales se realizó el análisis granulométrico, el valor del CBR de diseño y Proctor modificado. La metodología empleada en el diseño fue en base a AASTHO 93 para el diseño tradicional y el Manual de diseño con geosintéticos PAVCO. En sus resultados se tiene que se logró realizar el diseño y donde se presentó la reducción del espesor de capa alcanzando un 28% a nivel de carpeta asfáltica con respecto al diseño tradicional.

PAVIMENTO CON GEOSINTÉTICOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA EN LA CAPA ESTRUCTURAL DE LA AVENIDA TRÉBOLES PROVINCIA Y DISTRITO DE CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2019

Sosa [13], la problemática de esta tesis se basa en las condiciones deficientes que se encuentra la ciudad de Chiclayo en cuanto a pavimentación, ya que el tipo de suelo no es un factor que contribuya en la durabilidad de los pavimentos puesto a que los suelos poseen propiedades escasas, en muchas zonas un incremento de la napa freáticas es la responsable que el suelo se encuentre inestable. La presente investigación tiene como objetivo general Diseñar el pavimento con Geosintéticos para mejorar la resistencia en la Capa Estructural de la Avenida Tréboles Provincia y Distrito de Chiclayo – Lambayeque, año 2018. La técnica para recolectar datos fue a través de ensayos, normas, tesis libros y manuales, consiguiendo una visión clara en el procedimiento que se sigue. Por parte de los ensayos de terrenos los cuales tuvieron una profundidad de 1.50 m, se siguieron los lineamientos de la ASTM mientras que, para el tamizado de finos, contenido de humedad, límites de consistencia y CBR se consideró los parámetros descritos en la AASHTO. Finalmente los resultados que se obtuvieron en base a las muestras de las calicatas se cuenta con un suelo compuesto por limos y arcillas con un CBR de 7.22%, se logró calcular un ESAL de

diseño o ejes equivalentes de 8, 728, 340.39 EE, la geomalla que se empleo fue biaxial extruida MACGRID EGB 20 y que posee un CBR entre el rango de 6%-10%, por otro lado en cuanto a material existe una diferencia del 6.41% entre el pavimento convencional y el pavimento con geotextil y la otra diferencia entre el pavimento convencional y el pavimento con geomalla es de 4.39%.

Bases teóricas

Marco Normativo

a) Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos

Esta Norma Técnica de Edificación, busca establecer los requisitos mínimos que se deben considerar al momento de realizar el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, teniendo como referencia a la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, para así garantizar la durabilidad, comportamiento adecuado y emplear el material necesario a lo largo del ciclo de vida de los pavimentos urbanos. Esta Norma es aplicable en zona urbana de todas las ciudades del Perú.

b) Manual de carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección de Suelos y Pavimentos.

Forma parte del Manual de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial formalizado por el D.S. N° 034-2008-MTC, está conformado por documentos técnicos normados a nivel nacional y de requerimientos establecidos para su fiel cumplimiento por parte de las instituciones responsables del rubro de infraestructura vial, ya sea Nacional, Regional y Local. Este Manual posee un objetivo que es aportar con criterios necesarios en materia de suelos y pavimentos, los cuales favorezcan en el diseño de las capas estructurales y de la superficie de rodadura ya sea en carreteras pavimentadas como también en las no pavimentadas, añadiéndole la estabilidad necesaria en su parte estructural para así cumplir con los requerimientos para las cuales fueron diseñadas [14].

c) Design of Pavement Structures

Es el manual para realizar el diseño de pavimentos flexibles, en él se encuentra el método AASHTO 93, que consiste en un procedimiento a base de modelos que fueron elaborados en función de la performance del pavimento, cargas vehiculares y resistencia de la subrasante para determinar los espesores. Dentro de ello está la guía AASHTO – 93 que tiene por propósito determinar el espesor de cada capa de la estructura del pavimento en base al cálculo de un parámetro denominado Número Estructural requerido (SNr)

d) Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures (AASHTO R 50-09)

Esta es una guía estándar que proporciona el soporte a los diseñadores de pavimentos que se encuentran interesados en aplicar los geosintéticos, con el objetivo de reforzar la capa base de la estructura del pavimento flexible. El propósito de esta guía está en reforzar la base aplicando un geosintético en alguna interfaz de las capas estructurales del pavimento flexible [15].

e) Manual de Diseño con Geosintéticos

Este manual es producto de un proceso de estudio y diseño de la aplicación de geosintéticos, desarrollado por Geosistemas PAVCO S.A. y que lo presenta a todo Latinoamérica como una metodología nueva de diseño para separación y estabilización de vías. Lo que este manual busca es mejorar las condiciones estructurales del pavimento a través de un diseño racional donde interviene la aplicación de geomallas, geotextiles, geomembranas, entre otros. La metodología que se es reforzada es el cálculo del SN de la estructura en base a la metodología AASHTO-93 [16].

Definición de términos

→ Propiedades físico – mecánicas del suelo

- Granulometría: de acuerdo con el manual de carreteras indica que es la explicación de la distribución de los tamaños del agregado, determinando el porcentaje de piedra, grava, arena, limo, arcilla que pueda existir en la muestra del suelo.
- Contenido de humedad: es el resultado de la relación de peso del agua entre el peso seco del suelo.
- Plasticidad: el manual lo presenta como aquella propiedad que le da estabilidad al suelo, y que depende de la cantidad de finos que pueda tener el agregado y lo determina mediante los límites de Atterberg.
- CBR – Proctor: es un ensayo el con el cual se puede determinar la resistencia al corte que posee un suelo y que posteriormente se puede calcular el espesor de los pavimentos, considerando unas curvas que resultan de ensayos experimentales.

→ Estudio de tránsito

- Índice Medio Diario Anual (IDMA): de acuerdo con el manual de carreteras en su sección suelos y pavimentos nos refiere que es la representación para las cantidades de vehículos diarios por los 365 días del año previstas en una dirección de la carretera, dicha representación es en base al promedio aritmético.
- Número de Ejes Equivalentes (ESAL): siguiendo como referencia al manual de carreteras tenemos que es la estimación de unidades pesadas que conducen en una

dirección y la cual se establece en una relación, representando al carril donde interviene mayor número de Ejes Equivalentes.

→ Pavimentos

Se denomina pavimentos al grupo de capas que conforman determinado material respectivamente y que cumplen la función de recibir y transmitir las cargas que son generadas por la transitabilidad de los vehículos, a las capas inferiores en magnitudes reducidas a las proporcionadas en las capas superiores. Siendo el orden de la constitución de las capas de la siguiente forma: carpeta asfáltica, base granular y subbase granular.

- Subrasante: es la capa de terreno natural, que se encarga de soportar a la estructura del pavimento, la extensión puede ser de una profundidad considerable ya que no debe afectar a la carga de diseño cuando se empieza a dar la transitabilidad correspondiente.
- Subbase: es la capa estructural con espesor definido y que se encarga de soportar las cargas que son transmitidas por la carpeta asfáltica y por la base.
- Base: es la capa del pavimento que soporta a la carpeta de rodadura y cuyas funciones son de soportar, distribuir y transmitir las cargas generadas por el pase vehicular, hacia la subrasante.
- Carpeta de rodadura: es la capa superficial que se encuentra asfaltada y que posee una función primordial de resistir el tránsito de una manera directa.

→ Parámetros según AASHTO 93 – Diseño convencional

- ESAL: Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kn o 8.2t, es la representación de las cargas del tráfico vehicular aplicadas al pavimento y que el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección: Suelos y Pavimentos lo denomina Ejes equivalentes y cuyas siglas son EE.
- Numero Estructural requerido: es el espesor total del pavimento por colocar para luego se convierta en un espesor efectivo para cada capa del pavimento.
- Confiabilidad: de acuerdo con el método AASHTO este parámetro representa el comportamiento de una estructura determinada durante el periodo para el cual fue diseñado.
- Serviciabilidad: es el índice de comodidad que la proporciona el usuario en base al nivel de transitabilidad que exista. Dicho valor va de 0 a 5.
- Módulo resiliente: es el parámetro que indica la rigidez que posee el suelo, y que se determina mediante un ensayo siguiendo los lineamientos que proporciona AASHTO.
- Desviación estándar: se obtiene en base a la variación del tránsito, así como también factores que intervienen en el comportamiento del pavimento. Según AASHTO los

intervalos a considerar deben variar entre 0.40 y 0.50, mientras que el manual de carreteras opta por tomar un valor conservador siendo este de 0.45.

Pavimentos flexibles

El pavimento flexible es una estructura constituida por diversas capas que le garantizan la transmisión de cargas del tránsito hasta llegar al terreno natural, evitando la deformación de las mismas. Este tipo de pavimento se caracteriza por contar con una carpeta de rodadura asfaltada y por la constitución de capas granulares (subbase y la base). En cuanto al proceso de la absorción de cargas, primero se absorbe.

b) Método AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos flexibles

El método AASHTO 1993 consta primordialmente en calcular el número estructural (SN) para el pavimento; con el fin de calcular la resistencia estructural que el mismo necesita, para una cierta capacidad de soporte del suelo (M_R), tránsito total (W_{18}) y valor final de la serviciabilidad y de ciertas circunstancias ambientales. Para el cálculo de este número estructural, este método aplica la siguiente representación:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

Donde:

- W_{18} = Número de aplicaciones de ejes simples equivalentes de 18000 lb (80kN)
- SN= Número estructural
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de serviciabilidad inicial y terminal
- M_R = Módulo de resiliencia (lb/plg^2)
- S_0 = Desviación estandar combinada de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento (0.40-0.50)
- Z_R = Parámetro estadístico asociado a la confiabilidad respecto a la predicción del tráfico.

Para hallar el Número Estructural Propuesto (SNR), el método AASHTO presenta una ecuación aplicable a los datos procesado anteriormente, y así mismo se relaciona con los coeficientes estructurales.

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 : Coeficiente estructural de las capas

d_1, d_2, d_3 : Espesor en centímetros de las capas

m_2, m_3 : Coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase

Geosintéticos

Durante todo el tiempo el hombre a buscado las mejores maneras, formas y condiciones para vivir; así como también busca los mejores materiales que le rodean para poder construir, el más usado sin lugar a duda es el suelo, y a su alrededor muchas investigaciones, es por ello que el tema de reforzamiento del suelo es algo que siempre ha estado y está presente puesto a que las investigaciones aún continúan, ya que el suelo es base de cualquier proyecto de investigación y mucho depende de su estabilización para así poder asegurar una obra. Por ello, siendo específicos en obras viales se trae una tecnología poco común en nuestro país donde se aplica este tipo de geosintéticos, puntualmente para este caso las geomallas. Empezamos diciendo que los geosintéticos son materiales industrializados y elaborados con sustancias químicas en muchos de los casos con polímeros, convirtiéndolos en tejidos, láminas, fibras, entre otros [17].

De acuerdo con la ASTM D4439, un geosintético se conceptualiza como un producto plano fabricado con material polimérico empleado con suelo, roca, tierra u otro material relacionado con la ingeniería geotécnica como parte integrante de un proyecto, estructura o sistema creado por el hombre [18].

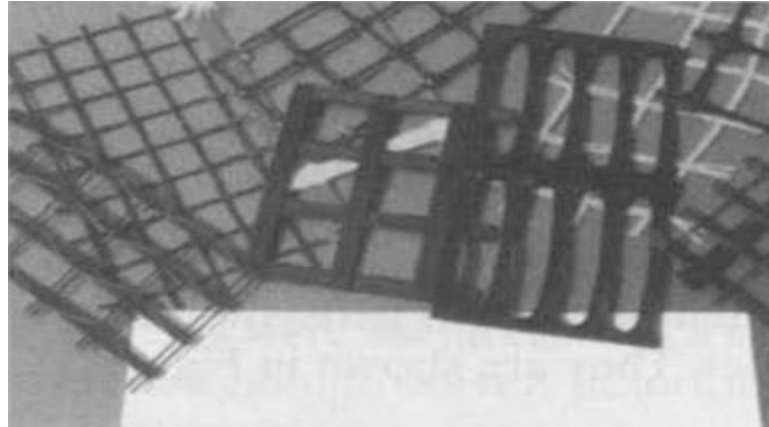


Ilustración 1. Geomalla

Fuente: Koerner

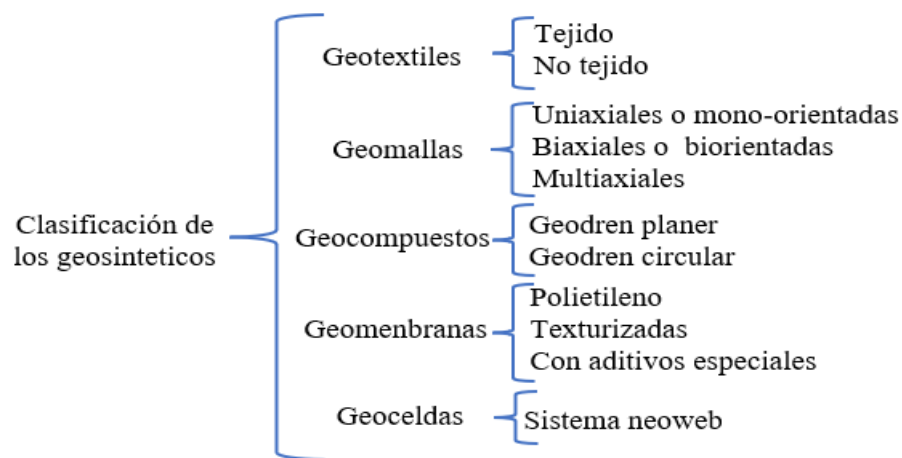


Ilustración 2. Clasificación de los geosintéticos

Fuente: Núñez Condori

Según lo recomendado por la International Geosynthetic Society. Las abreviaturas GST y GCP se pueden utilizar para representar geosintéticos y geocompuesto, respectivamente.

Abreviaturas y símbolos gráficos de los productos geosintéticos recomendados por la Sociedad Internacional de Geosintéticos.

Geosynthetics	Graphical symbols	Abbreviations
Geogrid		GGR

Dr. Sanjay Kumar en su texto menciona que son muchas las áreas de la ingeniería civil donde se ha dado un rápido crecimiento de los geosintéticos en los últimos tiempos y eso se debe a las características básicas favorables con las que cuentan dichos geosintéticos, las cuales son: que es un material no corrosivo; es altamente

resistente a la degradación biológica y química; durabilidad a largo plazo bajo la cubierta del suelo hasta 120 años aproximadamente; alta flexibilidad; volumen mínimo; ligereza; facilidad de almacenamiento y transporte; simplicidad de instalación; acelera el proceso de construcción y finalmente su empleabilidad es económica y respetuosa con el medio ambiente.

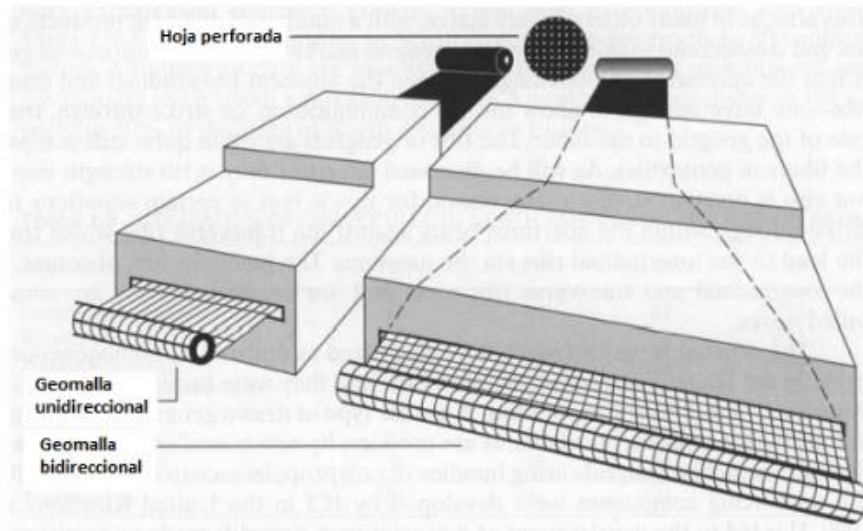
TIPO DE GEOSINTÉTICO	FUNCIÓN PRINCIPAL				
	SEPARACIÓN	REFUERZO	FILTRACIÓN	DRENAJE	CONFINAMIENTO
GEOTEXTIL (GT)	✓	✓			
GEOMALLA (GG)		✓			
GEOMEMBRANA (GM)					✓
GEOS. REVESTIDO DE ARCILLA (GCL)					✓
GEOESPUMA (GF)	✓				
GEOCOMPUESTO (GC)	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 1. Función de cada geosintéticos
Fuente: Koerner, RM. 2016. *Designing with geosynthetics*

→ Geomallas

Las geomallas son elementos diseñados y fabricados en base a polímeros, que están conformadas por una red regular de costillas conectadas integralmente, poseen abertura de necesario tamaño para así mantener la trabazón con el suelo, piedra u otro material geotécnico que pueda presentarse. En su mayoría de investigaciones las geomallas han sido estudiadas como parte estabilizadora de las capas del pavimento flexible, brindándoles así un soporte o refuerzo adicional, así también proporcionan una mayor rigidez en el sentido longitudinal.

En cuanto al proceso de fabricación se comienza con una hoja de grueso calibre del polímero apropiado, los espesores típicos son de 4 a 6 mm luego se perforan agujeros en la lámina siguiendo un patrón regular, posterior a ello se dibuja la lámina uniaxial o biaxialmente. El estirado se realiza a temperaturas y velocidades de arrastre controladas, para evitar la fractura, al mismo tiempo permitir el flujo dúctil de las cadenas moleculares en una condición alargada. La variable clave en este proceso de fabricación de las geomallas es la relación de estiramiento; sin embargo, existen otras variables que son importantes como: el peso molecular, la distribución del peso molecular y el grado de ramificación o entrecruzamiento, además de los aumentos significativos en el módulo, la resistencia, la sensibilidad a la fluencia de las nervaduras alargadas se reduce en gran medida por el proceso de estirado.



*Ilustración 3. Método de fabricación
Fuente: Tensar*

Es por ello por lo que en esta investigación nos basamos en la tabla de función de cada uno de los geosintéticos que señala el autor Koerner para poder seleccionar a la geomalla como objeto de estudio, ya que ofrece la función de refuerzo, entonces se aprovechará para poder estudiar si tiene alguna repercusión su uso en los espesores de pavimentos flexible.

Materiales para la fabricación de las geomallas

Las materias primas que se emplean para la fabricación de geosintéticos son los polímeros, ya que poseen un alto peso molecular además de tener una gama de aplicaciones en la sociedad moderna.

Los polímeros usados para la fabricación de geomallas son principalmente el polímero termoplástico semicristalino y polímero termoplástico amorfo, ya que en general el polímero termoplástico puede calentarse repetidamente hasta su punto de ablandamiento, moldeado o trabajado como se desee; luego, es enfriado para conservar esa forma remodelada; a pesar de ello la estructura del polímero permanece esencialmente inalterada. Dentro de los ejemplos de materiales termoplásticos encontramos al polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC) y poliéster (PET)

- a) Polietileno (PE) es un polímero termoplástico y el más empleado en todo el mundo. Su nombre proviene del monómero eteno que es con el que se crea el polímero, el polietileno se subdivide en diferentes categorías que se basan en sus propiedades físicas (densidad) y mecánicas, esta última propiedad cuenta con variables como la extensión y el tipo de ramificación, la estructura cristalina y el peso molecular. A su vez este polímero se subclasifica en:

- Polietileno de alta densidad (HDPE): polietileno el cual posee un bajo grado de ramificación, pero que cuenta con fuerzas intermoleculares fuertes además de una alta fuerza de tensión. Densidad superior a 0.940 gr/cm³
 - Polietileno de media densidad (MDPE): es el polietileno que posee una densidad ligeramente menor que el HDPE. Densidad entre 0.940 – 0.926 gr/cm³.
 - Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE): polietileno sustancialmente lineal, que cuenta con un número significativo de propiedades como gran fuerza de tracción, resistencia a las perforaciones, pero con la posibilidad de originar películas más delgadas. Densidad entre 0.925–0.919 gr/cm³.
 - Polietileno de baja densidad (LDPE): tiene un alto grado de ramificación, es por lo que posee una menor resistencia a tracción y mayor ductilidad. Densidad entre 0.925–0.910 gr/cm³.
- b) Polipropileno (PP): es un tipo de termoplástico comúnmente utilizado dentro del grupo de los geosintéticos, en gran parte por su rentabilidad, este polímero se crea a través de la polimerización de gas de propileno, es resultado del craqueo a altas temperaturas del petróleo, hidrocarburos y propano.
- c) Policloruro de vinilo (PVC): es un polímero ampliamente utilizado, es un plástico duro que se hace más suave y flexible por la adición de plastificantes.
- d) Poliéster (PET): formado a partir del alcohol etilenglicol y el ácido tereftálico de su derivado tereftalato de etileno (PET), los poliésteres se refieren a las grandes familias de los polímeros sintéticos.
- e) Poliamida (PA): es un polímero que contiene monómeros unidos por enlaces peptídicos.
- f) Poliestireno (PS): es aquel polímero hecho del monómero estireno, que se fabrica comercialmente a partir del petróleo. Por lo general se puede derretir a temperaturas altas para moldeado o extrusión, para su posterior resolidificado.

Clasificación de las geomallas

a) Por su fabricación:

a.1) Geomallas extruidas

Este tipo de geomalla son polímeros donde se usan el polietileno de alta densidad (HDPE) y el polipropileno (PP) para su fabricación. Su proceso de elaboración es manufacturado, ya que es una lámina compuesta por un polímero determinado, dicha lámina será perforada y estirada desarrollando

su esfuerzo de tensión. Este tipo de geomallas poseen un alto módulo de rigidez.

a.2) Geomallas unidas

Son geomallas que su proceso de fabricación consta de costillas de poliéster de alta resistencia soldadas durante su proceso de fusión. La unión se da gracias a una cobertura de polipropileno, en función a su número y espaciamiento de sus costillas se podría hablar de una mayor rigidez y mayor resistencia.

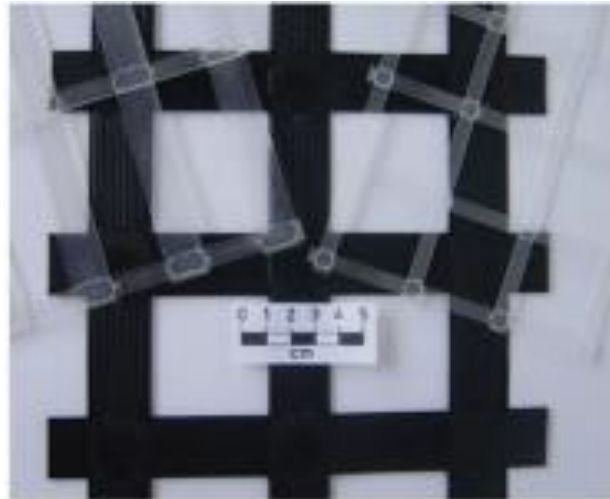


Ilustración 4. Geomalla unida

Fuente: An introduction to geosynthetic engineering-Sanjay Kumar Shukla

a.3) Geomallas tejidas

Su fabricación depende de fibras de poliéster de alta resistencia, donde su unión se da de forma que las costillas son unidas mediante tejido o enredado de las juntas, en general son las más flexibles en relación con las de tipo extruidas y unidas.



Ilustración 5. Geomalla tejida

Fuente: An introduction to geosynthetic engineering-Sanjay Kumar Shukla

b) Por el sentido del desarrollo del refuerzo

b.1) Geomallas uniaxiales:

En este tipo de geomalla su estiramiento es de manera longitudinal por ello desarrollan una alta resistencia a la tensión en una sola dirección. El uso de este tipo de geomallas es en la aplicación donde las cargas se presentan en una sola dirección como por ejemplo la estabilización de taludes.

$$\sigma_{t \text{ long}} > \sigma_{t \text{ transv}}$$



Ilustración 6. Geomalla uniaxiales

Fuente: An introduction to geosynthetic engineering-Sanjay Kumar Shukla

b.2) Geomalla biaxial

En este tipo de geomalla su estiramiento se da en dos direcciones: longitudinal y transversal, al igual que la anterior su proceso de fabricación es a través de perforaciones uniformes, posee una resistencia a la tensión en dos sentidos: longitudinal y transversal. El uso de este tipo de geomallas es en la aplicación donde las cargas se presenten en dos direcciones como por ejemplo en el refuerzo de pavimentos o caminos.

$$\sigma_{t \text{ long}} = \sigma_{t \text{ transv}}$$



Ilustración 7. Geomalla biaxial

Fuente: An introduction to geosynthetic engineering-Sanjay Kumar Shukla



Ilustración 8. Geomalla biaxial - GEOACE
Fuente: Propia

b.3) Geomalla triaxial

En este tipo de geomalla la resistencia a la tracción se da en múltiples direcciones, posee una tracción en sus 360°, su resistencia a la tensión es radial ya que se da en todas las direcciones, sus aberturas son de forma triangular. El uso de este tipo de geomallas es también en el refuerzo de suelo.

$\sigma_t 360^\circ$

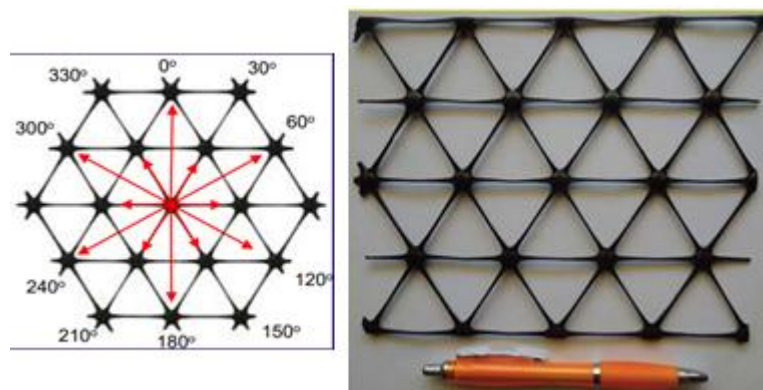


Ilustración 9. Geomalla multiaxial
Fuente: An introduction to geosynthetic engineering-Sanjay Kumar Shukla

De acuerdo con lo que se pudo indagar se concluyó que, para el tipo de geomallas uniaxiales y biaxiales, sí se encuentran en sus tres tipos que son: extruida, unida y tejida; mientras que por el tipo triaxial solo se encontró del tipo extruida.

Materiales y métodos

Materiales

Geomallas

Para el caso de las geomallas biaxiales se tienen que son elementos bidimensionales y que poseen nudos rígidos que garantizan un mejor confinamiento. En cuanto a sus

funciones este tipo de geosintéticos se encarga de la transmisión de esfuerzos en lo que va de la estructura del pavimento, ya que como se sabe los esfuerzos principales están en una sola dirección por la forma en la que se presenta la presión lateral generados por la transitabilidad vehicular.

El tipo de geomalla el cual será objeto de estudio de esta investigación es la de geomalla tipo biaxial extruida.

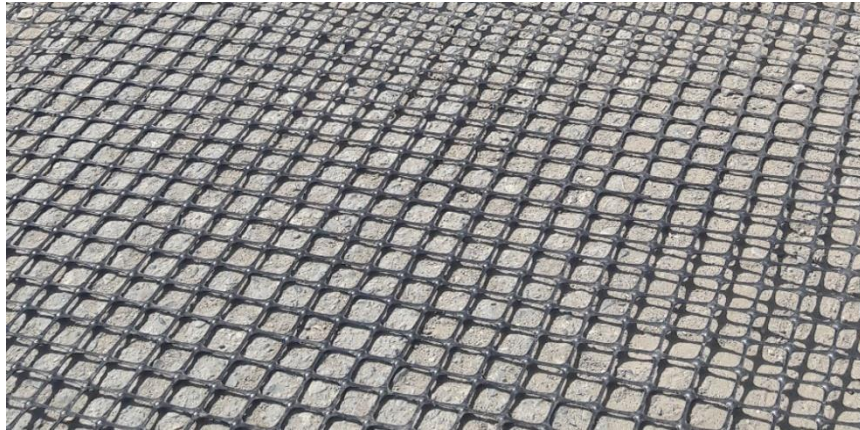


Foto 1. Geomalla biaxial extruida BX3030

Fuente: Propia

Propiedades físicas de las geomallas biaxiales:

Polímero del que está hecha la geomalla es de polipropileno (PP), el tamaño de la abertura de esta geomalla biaxial es de 34 mm en su abertura nominal de la malla longitudinal (MD) y a 36 mm en la abertura nominal de la malla transversal (TD); en cuanto al espesor de la geomalla se tiene que para su lado longitudinal es de 2 mm y para el lado transversal se tiene 1.5 mm cumpliendo con lo requerido en la norma ASTM D1777

Propiedades mecánicas de las geomallas biaxiales:

Resistencia a la tensión: resistencia al 2% de su deformación es de 10.5 kN/m para ambas direcciones, y para la resistencia a la tensión al 5% es de 21 kN/m para ambas direcciones, tal como lo sugiere la Norma ASTM D6637.

Resistencia última a la tensión: este tipo de geomalla ofrece una resistencia de 30 kN/m como lo señala la Norma ASTM D6637.

Elongación al esfuerzo último: de acuerdo con los ensayos realizados por el área de calidad de la fabricación de la geomalla el proveedor proporciona un 10% de elongación al esfuerzo último.

Resistencia de juntas: se busca una resistencia ideal para lograr resistir sollicitaciones de cargas elevadas que son resultados de transmitir cargas hacia las costillas. Para este caso, la geomalla de tipo biaxial ofrece un 95% de resistencia, en base a lo requerido en la Norma GRI GG2.

Rigidez a la flexión: las geomallas biaxiales ofrecen aproximadamente una rigidez de 3 930 000 mg.cm, en conformidad con la Norma ASTM D1388.

Concreto asfáltico

Constituye a la capa de rodadura la cual cuenta con espesor de 7 cm y para este proyecto se empleó el asfalto en caliente, contando con una mezcla asfáltica en caliente con cemento asfáltico tipo PEN 60/70 (MAC-2), tal como se detalla en el informe técnico que se encuentra en el la parte de Anexos.

La mezcla asfáltica es definida por la agrupación de agregados gruesos, finos, cemento asfáltico PEN 60-70 y aditivo mejorador de adherencia. La gradación con la que cuenta este diseño es del tipo MAC-2, la cual se encuentra establecida dentro de las Especificaciones Técnicas de la Norma Manual de Carreteras EG-2016. El contenido óptimo de cemento asfáltico para el diseño fue de 5.75%.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA			VARIACIÓN PERMISIBLE EN
	MAC-1	MAC-2	MAC-3	% DEL PESO DE LOS ÁRIDOS
25,0 mm (1")	100	-	-	+5
19,0 mm (3/4")	80 - 100	100	-	+5
12,5 mm (1/2")	67 - 85	80 - 100	-	+5
9,5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100	+5
4,75 mm (N°4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87	+5
2,00 mm (N°10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61	+4
425 mm (N°40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29	+3
180 mm (N°80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19	
75 mm (N°200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10	+1

Tabla 2. Usos granulométricos especificados
Fuente: ASFALPACA - EMS Asfaltos

Base Granular

Para este diseño de pavimentación flexible se realizaron los ensayos requeridos al material extraído de la Cantera Hitos que se encuentra ubicada en el Centro Poblado La Cría – carretera a Chongoyape y cuyas coordenadas son: 661 088.4 Este y 9 256 609.8 Norte con la finalidad de cumplir con los requerimientos que manda el Manual de Carreteras.



Foto 2. Visita a Cantera Hitos – La Cría Fuente: Propia



Foto 3. Material que será estudiado en laboratorio Fuente: Propia

Los requisitos que se buscan en el laboratorio para que el material sea empleado como base son los siguientes:

- ✓ Requerimientos granulométricos para base granular:

Con el cumplimiento de este requerimiento se busca una composición final bien graduada

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Tabla 3. Requerimientos mínimos para el material de base granular
Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

También se debe cumplir con lo siguiente:

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes (<math><10^6</math>)	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes (>math>\geq 10^6</math>)	Mín. 100%

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

- ✓ Requerimientos agregado grueso:

Se le denomina así al material que es retenido por la malla N°4, en este caso es el proceso por el cual pasará el material extraído de cantera y las características que debe cumplir es la siguiente:

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Tabla 4. Requerimientos mínimos para el agregado grueso
Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

✓ Requerimientos agregado fino

Agregado fino se le denomina al material que pasa por la malla N°4 y los requerimientos que debe cumplir es el siguiente:

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	----	15%

Tabla 5. Requerimientos mínimos para el agregado fino
Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

Subbase Granular

El material que será ensayado y analizado si cumple con los requerimientos para subbase granular, también se empleará el material que se extrajo de la Cantera Hitos y los requerimientos son los siguientes:

✓ Requerimientos granulométricos para subbase granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Tabla 6. Requerimientos mínimos para el material de base granular
Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

✓ Requerimientos de ensayos especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	-.-	-.-	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-.-	D 4791	-.-	20% máx.	20% máx.

Tabla 7. Requerimientos mínimos para el material de subbase granular
Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

Suelo de subrasante

Para el procesamiento y posterior análisis de datos de subrasante se realizó una calicata en la zona de estudio, muestra que será ensayada en laboratorio logrando determinar el límite líquido, un índice de plasticidad y el contenido de humedad natural.

De la misma forma se determinará a que tipo de suelo pertenece de acuerdo con la clasificación SUCS y clasificación AASHTO.



Foto 4. Calicata de donde se extrajo la muestra para subrasante
Fuente: Propia



Foto 5. Calicata de donde se extrajo la muestra para subrasante
Fuente: Propia

Método, tipo y nivel de investigación

Método de investigación

El método de investigación en este proyecto es cuantitativo, ya que se desarrolla un plan para medir las variables y para que confirmen la hipótesis consolidando los resultados en una teoría. Además, que las variables que se manejan son magnitudes cuantificables.

Tipo de investigación

El tipo de la presente investigación es: aplicada, ya que se investigará con el fin de determinar y establecer un juicio práctico en base a los conocimientos bien definidos que se lograron alcanzar durante la carrera profesional de Ingeniería Civil Ambiental.

Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo – correlacional, ya que a nivel descriptivo se tiene que se estudia y se manifiesta un determinado fenómeno, tal y como es, lo que se busca es recalcar las propiedades primordiales para cuantificar y evaluar aspectos, dimensiones o componentes. Mientras que por el nivel correlacional se enfoca en determinar de manera medible la relación que hay en dos o más variables como lo es en este caso.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es transversal, puesto que se enfoca en un momento y tiempo determinado.

Hipótesis y Operacionalización de variable

Formulación de la hipótesis

Si, se realiza un diseño de pavimento flexible empleando las geomallas biaxiales; entonces se logrará reducir los espesores en los pavimentos flexibles en la provincia de Lambayeque.

Operacionalización de variables

Variables dependientes: espesores de las capas de la estructura del pavimento flexible

Variables independientes: geomallas biaxiales

VARIABLES		CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente	La Geomalla Biaxial	Según GEOACE, las geomallas son componentes fabricados con resinas selectas de propilenos, las cuales son inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos; poseen resistencia al desgaste, rasaduras y punzonamiento, logrando resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección.	Propiedades Físico mecánicas	Resistencia (Kg/cm ³)
Variable Dependiente	Espesores de las capas estructurales del pavimento flexible	Según el Manual de Carreteras, el pavimento es una estructura conformado por varias capas granulares, sobre la subrasante del camino, dichas capas pueden ser subbase, base y la carpeta de rodadura.	- Subbase - Base	Espesor (cm) o pulg.

Tabla 8. Tabla de operacionalización de variables

Fuente: Propia

Población y muestra

✓ Población

Para la presente investigación se considera como población la calle Víctor Raúl Haya De La Torre, específicamente en la zona que se encuentra pavimentada, pero siendo su condición actual un estado intransitable, ver en anexos, teniendo aproximadamente 1.26 Km.

✓ Muestra

Como muestra para este caso, se tomará una longitud de 20 m de la calle Víctor Raúl Haya De La Torre, exactamente en la zona que esta adyacente a la manzana K, del cual será 10 m de pavimento flexible con la colocación de geomalla y los otros 10 m son de pavimento flexible del diseño convencional.

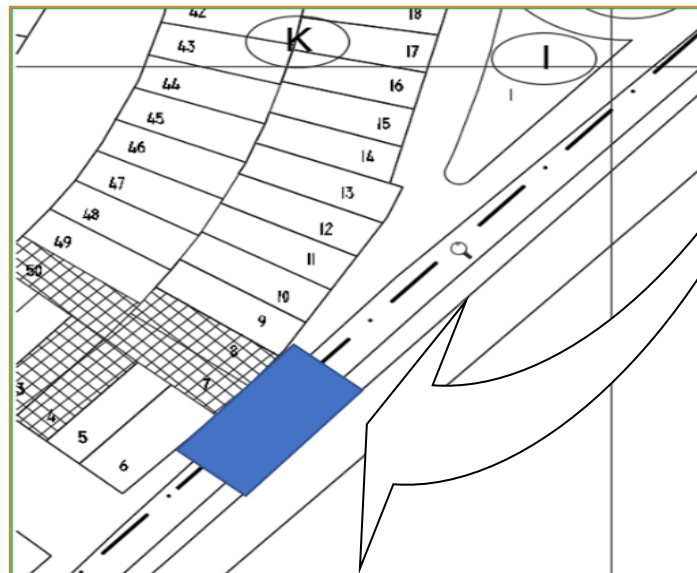
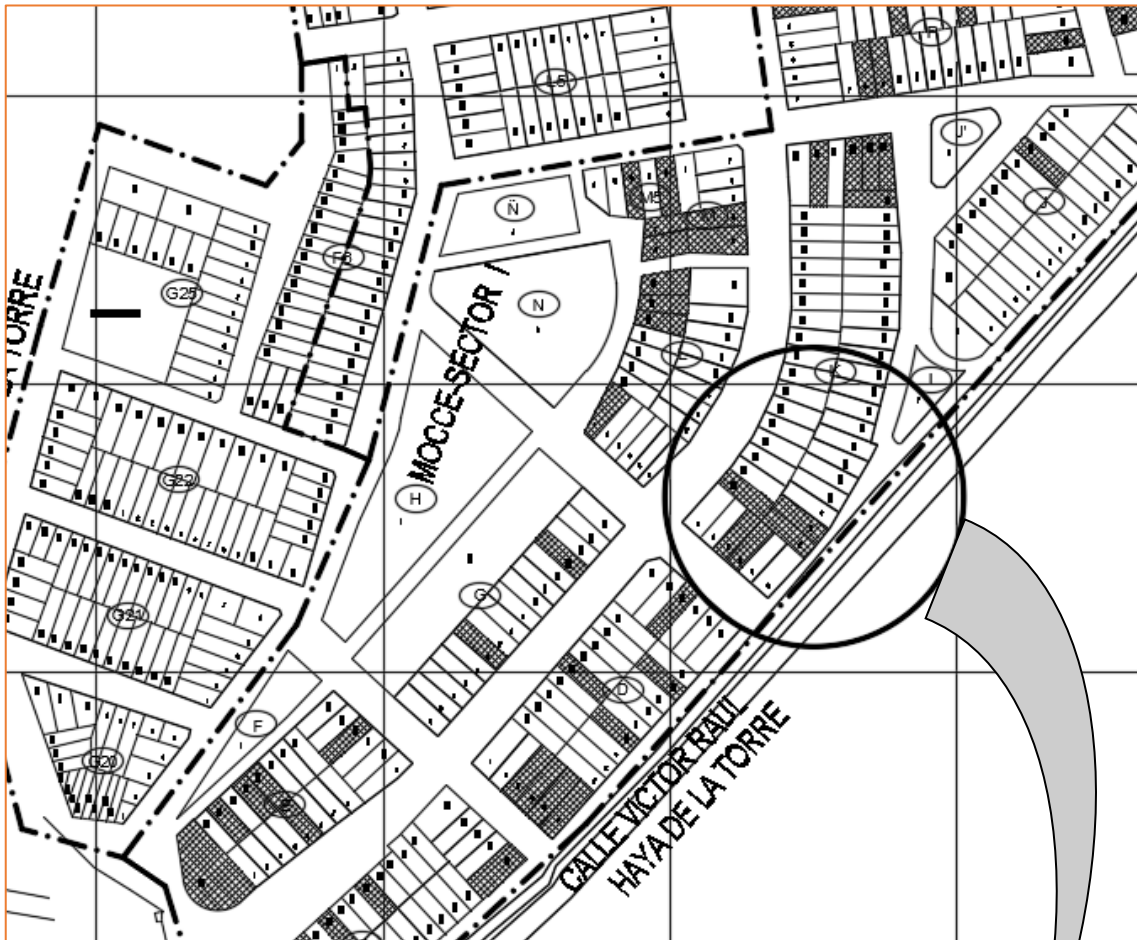


Imagen 1. Ubicación de la zona de estudio.
Fuente: Municipalidad Provincial de Lambayeque

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos empleados en la recopilación de datos son:

- Revisión documental: se realizó la indagación bibliográfica con temas referentes al planteado en esta investigación, para lograr identificar puntos e ideas estratégicas y relevantes que puedan contribuir dando algún soporte intelectual a esta investigación. Las consultas bibliográficas referentes al trabajo de investigación fueron en base a:
Normas técnicas peruanas, métodos de diseño de pavimento flexible
Guías de diseño, artículos y libros.

- Revisión literarias: es fundamental la información que respalde a los antecedentes que se puedan considerar en este trabajo de investigación, ya que son estudios que evidencian la existencia de una problemática relacionada al tema planteado, para ello se recurrió a la referencia de Tesis, las cuales datan de hace cinco años atrás como máximo.

- Encuestas: a fin de recaudar los datos cuantitativos de una diversidad de características de la población; se recopila la información para la transitabilidad mediante el conteo de tránsito para encontrar el IMDa.

- Guías de observación: se logrará establecer y determinar los datos en base a los estudios de mecánica de suelos, tipo de geomalla y parámetros AASHTO 93.

Técnica e instrumentos de procesamiento de datos

Con respecto a la obtención de los resultados, para el análisis de la investigación se realizaron los ensayos de mecánica de suelos a la subrasante y también ensayos de índice de plasticidad con CBR, a diversas muestras extraídas de cantera para poder obtener el material adecuado para el diseño posterior, luego de ello se realizaron comparaciones de los diferentes diseños y finalmente se realizó el ensayo de la viga Benkelman.

Procedimiento

El procedimiento será explicado y desarrollado en tres etapas:

a) Investigación en laboratorio

Este apartado contará con tres partes: la primera será el estudio del suelo natural, que será la subrasante de la capa estructural del pavimento; la segunda será el estudio y análisis al material que se utilizará para la base granular y subbase granular y la tercera etapa consistirá en analizar la influencia de la intervención de la geomalla en capas estructurales del pavimento.

Con el estudio de suelos lo que busca es conocer e identificar las características físicas y mecánicas, con las que cuenta el suelo de la calle Víctor Raúl Haya de la Torre perteneciente a el sector Nuevo Mocce, ubicado en la provincia de Lambayeque; conocer ello nos facilitará la obtención de los parámetros que se requiere para la elaboración del diseño del pavimento que se propone en este proyecto.

Entonces para la primera etapa se realizará los estudios de propiedades físicas como lo son:

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 204)
- ✓ Limite liquido (MTC E 110) y limite plástico (MTC E 111)
- ✓ Clasificación de suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO

Para identificar y cuantificar las propiedades mecánicas se tiene los siguientes ensayos:

- ✓ Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115)
- ✓ California Bearing Ratio – CBR (MTC E 132)

- Estudios al suelo natural

Para este proyecto por el tema de que es investigativo y que la muestra solo es 20m entonces se realizó una calicata de la cual se extrajeron tres muestras y que se dieron como manda el siguiente esquema:

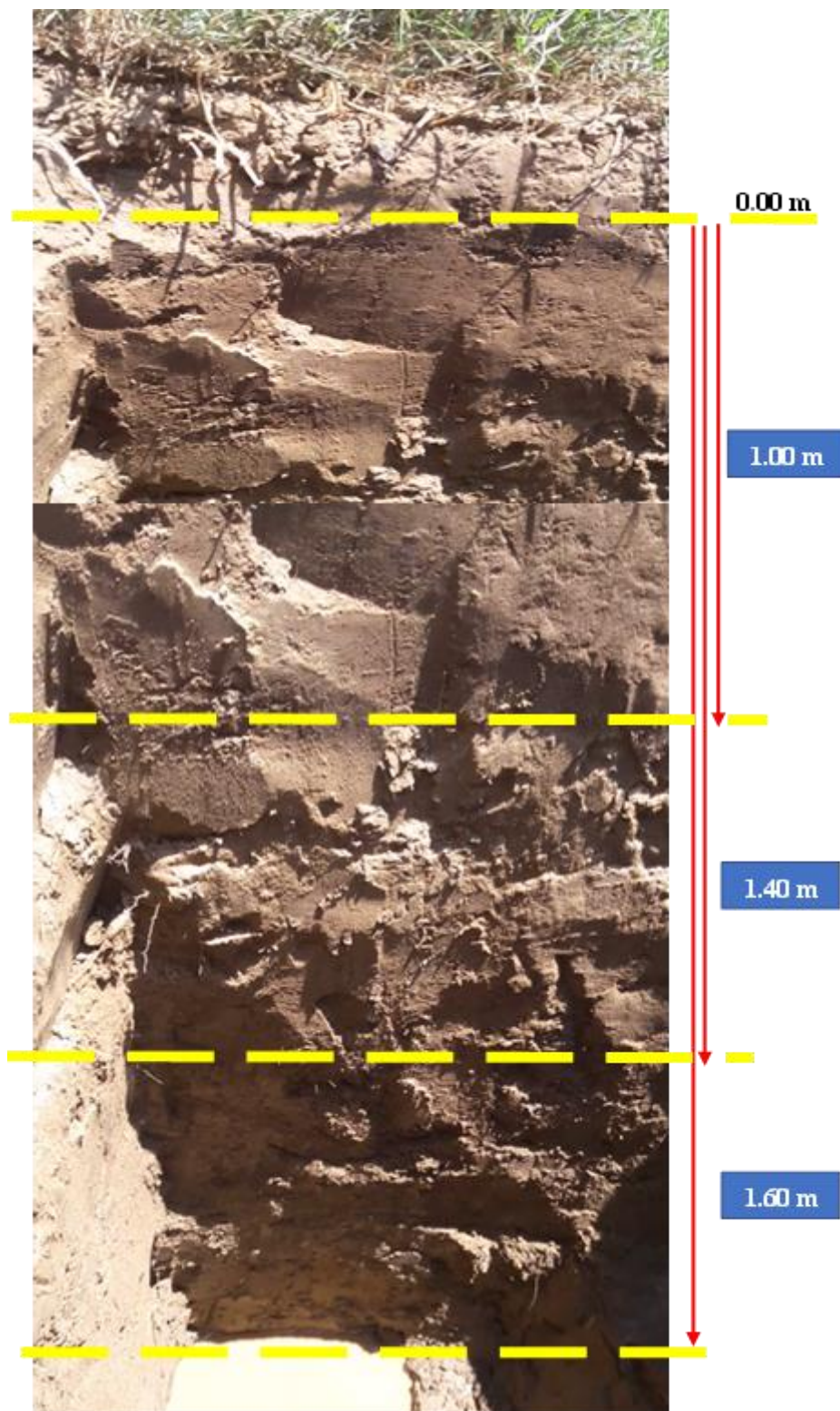


Foto 6. Niveles de extracción de la muestra
Fuente: Propia

Como se puede apreciar en imagen anterior, la muestra 1 se considera de los 0.00 m hasta 1.00m de profundidad, la muestra 2 se considera desde el 1.00m hasta 1.40m de profundidad y finalmente la tercera muestra se considera desde 1.40m hasta 1.60m de profundidad.

Los ensayos de laboratorio que se consideraron para esta primera etapa fueron los siguientes:

a.1) Análisis granulométrico – Normado por NTP 339.013 - AASTHO T88 y ASTM D422

En este ensayo se cuantifica la piedra, grava, arena, limo y arcilla que puede existir en el suelo extraído de la calicata, expresadas en porcentajes.

En cuanto al procedimiento que se realiza es el siguiente:

- Se expande la muestra para conseguir su secado de manera natural



Foto 7. Muestra de suelo

Fuente: Propia

- Se procede a realizar el lavado de la muestra para eliminar los finos que se presenten, así como otras partículas que pueda traer la muestra, posterior a ello se seca la muestra lavada para proceder a realizar el análisis granulométrico.



Foto 8. Colocación al horno de la muestra lavada, luego extraída y tamizada

Fuente: Propia

a.2) Humedad – Normado por ASTM D-2216

Es el cálculo de la humedad natural representada en porcentaje, lo que se mide es el peso del agua en relación con el peso seco del suelo y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Dónde:

$\%W$ = Porcentaje de Humedad

W_w = Peso de agua

W_s = Peso sólido

El procedimiento consiste en colocar al horno un mínimo de 200 gramos de muestra recién extraída de la calicata y sacarla al día siguiente para así calcular la humedad de la muestra.



Foto 9. Colocación al horno de la muestra luego extraída y pesada
Fuente: Propia

a.3) Límite líquido y plástico – Normado por AASTHO 789 y ASTM D4318

Límite líquido (LL) – Norma NTP 339.129: Es el cociente de la humedad límite y el estado de consistencia líquida y plástica del suelo. Para el procedimiento se toma un punto de partida que es 25 golpes, para tomar el contenido de humedad.



Foto 10. Ensayo de Límites
Fuente: Propia

Límite plástico (LP) – Norma NTP 339.129: Es la capacidad de reacción del suelo de deformarse sin conseguir romperse, hallándose de esa forma el contenido de agua entre el estado líquido y semisólido.

a.4) Proctor Modificado – Normado por NTP 339.141 y ASTM D1557

Es el ensayo de compactación que se le realiza a la muestra en el laboratorio, lo que se busca con dicha compactación del material es que logre una densidad mayor en el terreno y que debe tener una humedad anteriormente calculada en el laboratorio. Así mismo se halla la humedad óptima y la densidad máxima del suelo.



Foto 11. Ensayo de Proctor

Fuente: Propia

a.5) California Bearing Ratio (CBR) – Normado por NTP 339.145 y ASTM D1883

El ensayo de Relación de Soporte de California cuantifica la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, para posterior a ello poder evaluar la calidad del terreno para subrasante y demás capas estructurales del pavimento, esa resistencia de suelo se evalúa bajo condiciones de humedad y densidades controladas. La obtención del valor de CBR se da como lo muestra la siguiente fórmula:

$$C.B.R. = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo en muestra patrón}} \times 100$$

En muchas ocasiones los ensayos de CBR se realizan en función de las muestras compactadas al contenido de humedad óptima.



*Foto 12. Muestra para la humedad y peso de la muestra seca compactada más molde
Fuente: Propia*



*Foto 13. Ensayo de expansión
Fuente: Propia*



*Foto 14. Ensayo de penetración y dial
Fuente: Propia*

Para lo que respecta la clasificación de suelos, recordaremos que hay dos sistemas de clasificación: AASTHO y SUCS.

Para el primer sistema de clasificación AASTHO, se trabaja a partir de la composición granulométrica, límite líquido y también en base al índice de grupo, este sistema clasifica a los suelos en siete grupos enumerándolos de la siguiente manera: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7, siendo este último el de mala calidad.

Así mismo este sistema de clasificación divide al suelo en dos clases: suelos finos y suelos granulares. Los suelos finos o material limo arcilloso se le denomina al pasante del tamiz N° 200 (0.075 mm.) en porcentajes superiores al 35%, siendo los grupos A-4, A-5, A-6, A-7. Mientras que por el lado de los suelos granulares se tiene que son los que en cantidad de pasante del tamiz N° 200 (0.075 mm.) menor al 35%, los grupos que corresponden a este tipo de suelos son: A-1, A-2 y A-3, es en esta clasificación donde se halla el índice de grupo. Para determinar este índice de grupos se aplica la fórmula siguiente:

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

Donde:

a: es el pasante del tamiz N°200 representado en porcentaje, comprendido entre 35% y 75%, su representación en número entero va de 0 a 40.

b: es el pasante del tamiz N°200 representado en porcentaje, comprendido entre 15% y 55%, su representación en número entero va de 0 a 40.

c: correspondiente al límite líquido, comprendido entre 40% y 60%, su representación en número entero va de 0 a 20.

d: correspondiente al límite líquido, comprendido entre 35% y 75%, su representación en número entero va de 0 a 20.

Para el segundo sistema de clasificación que es SUCS, se tiene que este sistema lo divide en tres grupos: suelo de grano grueso, suelo de grano fino y el suelo altamente orgánico.

Los suelos de grano grueso se clasifican en gravas (G) y en arenas (S) y se caracteriza porque el retenido del tamiz N° 4 es más o menos el 50%, a su vez este grupo se subdivide en 4 grupos:

- ✓ Bien graduado (W): limpio cuando el porcentaje de pasante del tamiz N°200 sea inferior al 5%.
- ✓ Pobremente graduada (P): limpio cuando el porcentaje del pasante del tamiz N°200 sea menor al 5%

- ✓ Bien graduados (C): sucios cuando el porcentaje de partículas pasantes del tamiz N°200 mayor al 12%
- ✓ Pobremente graduados (P): sucios cuando el porcentaje de partículas pasantes del tamiz N°200 mayor al 12%

Los suelos de tipo CH y CL se caracterizan por puntos ubicados sobre la línea A, por otro lado, los suelos tipo OH, OL y MH se caracterizan porque la ubicación del punto esta debajo de la línea A. Con lo que respecta, a los suelos ML, exceptuando algunas pocas arenas finas arcillosas, representado por puntos situados debajo de la línea A.

- Estudios a la muestra que se empleará como base granular y subbase granular
Para este proyecto que es un tema investigativo y que involucra el diseño de un pavimento flexible, se tiene de forma necesaria la investigación de buscar el material adecuado de base granular y subbase granular que cumpla con los requerimientos mínimos que manda el Manual de Carreteras 2016.

Empezamos con el análisis para la subbase granular, el material se extrajo de la Cantera Hitos como ya se mencionó con anterioridad.



*Foto 15. Material estudiado para base granular y visita a la Cantera Hitos
Fuente: Propia*

Los ensayos a los que se sometió el material fueron los siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 204)

Para realizar el ensayo primero se hace el cuarteo al material para así conseguir una muestra más uniforme y se elige la cantidad que visualmente se vea más igual a nivel de agregado grueso y fino, se pesa aproximadamente 5.500 kg

Para el tamizado del agregado grueso, cortamos a ese material por la malla N°4 lo retenido en ese tamiz es el que procedemos a realizar el análisis granulométrico del agregado grueso.

Para el tamizado del agregado fino se cortó por la malla N° 4 y se trabaja con un peso de material de 500 gr. del total del retenido.

- Limite líquido (MTC E 110) y limite plástico (MTC E 111)



Foto 16. límite líquido y límite plástico
Fuente: Propia

Mientras que para la identificación y cuantificación las propiedades mecánicas se realizaron los ensayos siguientes:

- Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115)

Para este ensayo se eligió el método de compactación C, donde el molde tiene un diámetro de 6 pulgadas (152.4mm), el material que se utiliza es el pasante por el tamiz $\frac{3}{4}$ (19mm), el número de capas es de cinco y cada una cuenta con 56 golpes, este método se emplea cuando la cantidad de material de retenido del tamiz $\frac{3}{8}$ es más del 20% del material y el retenido del tamiz de $\frac{3}{4}$ es menos del 30%.

- California Bearing Ratio – CBR (MTC E 132)

Luego seguimos con el análisis para la base granular, el material que se trabajo fue el mismo que se estudió para la subbase granular, ya que de esos resultados se tenía un antecedente, entonces lo que se hizo fue mejorarlo, añadiéndole un porcentaje del 30% de piedra de $\frac{1}{2}$ de la Cantera Tres Tomas y de esa forma se logra cumplir los requerimientos solicitados. Los ensayos que se realizaron fueron los siguientes:

➤ Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 204)

Para el caso de la granulometría se tiene que es la misma que la analizada para la subbase, ya que cumple con los requerimientos solicitados.

➤ Límite líquido (MTC E 110) y límite plástico (MTC E 111)

El límite líquido y plástico también es el mismo que el apartado anterior de la subbase por ende se emplea el mismo desarrollo y se toman los mismos resultados, ya que el mejoramiento es a nivel de agregado grueso, por ello que la repercusión de esta adición no interviene en estos ensayos.

➤ Ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115)

Para el ensayo de Proctor si se tiene que realizar un desarrollo adicional ya que aquí sí puede existir un cambio en los resultados.



Foto 17. Peso del material más el 30% de piedra de 1/2
Fuente: Propia

➤ California Bearing Ratio – CBR (MTC E 132)



Foto 18. Proceso de trabajo es húmedo y muestra extraída del horno
Fuente: Propia

- Aplicación de la geomalla en capas estructurales del pavimento.

En esta etapa es donde se ensayará la influencia de la aplicación de la geomalla, ya que es aquí donde se realizará los ensayos de CBR con la geomalla insertada en la capa de la subrasante y en la base granular; ya que, el nuevo diseño de pavimento flexible que se propone se analizará y realizará en base a los valores de CBR que se obtendrán en esta etapa, de la misma forma se analizará en cuál de las capas ya sea subrasante o base granular se colocará la geomalla biaxial.

- ✓ Aplicación de la geomalla en la subrasante

El ensayo que será base de todo el análisis de este proceso será el CBR, para ello se corta la geomalla en formas circulares de forma que al colocarlas en el molde del CBR no tengan una fricción y que ingresen de manera normal.

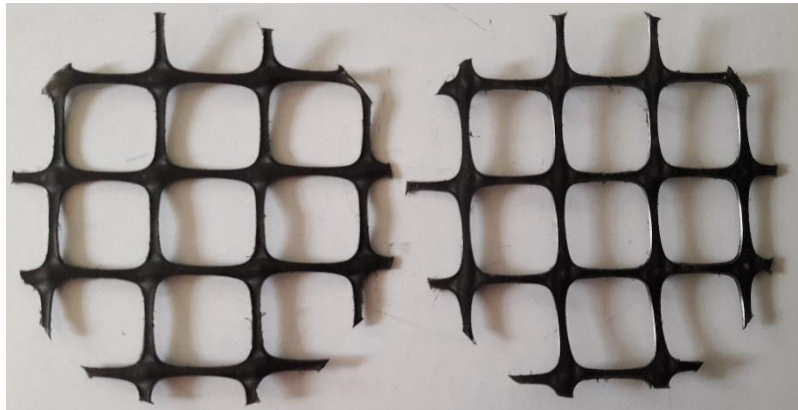


Foto 19. Geomalla biaxial extruida
Fuente: Propia

Colocación de la geomalla en la primera capa de cinco



Foto 20. Colocación de la geomalla
Fuente: Propia

✓ Aplicación de la geomalla en la base granular

Luego de haber encontrado el material para base granular cumpliendo con los requerimientos mínimos se continua con el ensayo de CBR agregando la geomalla en la primera capa (exactamente a 3cm de la superficie), como se dio en el caso anterior.



Foto 21. Peso del material con el 30% de piedra de media
Fuente: Propia

Lugar donde se colocó la geomalla:



Foto 22. Geomalla ubicada a 3cm de la superficie
Fuente: Propia

b) Investigación en gabinete

- Herramientas

Estudio de Tráfico

Esta investigación empieza con el empleo de las fichas que proporciona el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en las cuales se tomará apuntes del conteo vehicular diario, como se puede observar la tabla ubicada en el Anexo n°..., en cuanto a los factores de corrección de vehículos ligeros y vehículos pesados por unidad de peaje en promedio de los años 2010-2016 se trabajará con el mes de marzo y con el peaje de Mocce respectivamente. Con lo que respecta a tasa de crecimiento de vehículos ligeros y pesados se considerará a la región Lambayeque.

Para el desarrollo de este estudio se tiene que agregar la definición de cargas que está definido por el eje simple de 18000 lb que equivale a 18 kips. En consecuencia, se necesita del conocimiento del número de vehículos. Es por ello, que se realizó el conteo de vehículos en el lugar de estudio.

El estudio de tráfico tiene como finalidad cuantificar los vehículos que se trasladan por la calle Víctor Raúl Haya De La Torre, así mismo clasificarlos de acuerdo con los tipos que presenta el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Este estudio de tráfico fue desarrollado en la Provincia de Lambayeque, exactamente en el Sector Nuevo Mocce, siendo requisito básico para la elaboración del diseño de obras de pavimentación urbana.

El conteo del volumen de tráfico para este trabajo de investigación se realizó en la estación uno (E1), la cual se encuentra ubicada en la Calle Víctor Raúl Haya De La Torre en la Mz. K, así como se muestra en la siguiente imagen:



Ilustración 10. Ubicación de la estación
Fuente: Propia – Google Earth

Metodología AASHTO 93

Este procedimiento se emplea para el diseño de pavimentos flexibles, donde se obtiene un número estructural o también conocido por sus siglas SN, el cual indica el nivel de carga que soportará dicho pavimento ante las solicitaciones a las que será sometida la estructura. Para el desarrollo de esta metodología se requiere conocer parámetros como: ESAL, confiabilidad (%R), Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r), Desviación Estándar Combinada (S_o), Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), Número Estructural Propuesto (SNR), CBR, Módulo Resiliente, calidad de drenaje.

Nomogramas AASHTO

Estos monogramas se emplean para obtener los coeficientes estructurales de las capas de concreto asfáltico, base y subbase granular, y también para la determinación del Número Estructural.

Ecuación AASHTO 93

Que es el nombre de una aplicación la que halla de manera precisa el Número Estructural mediante la ecuación, teniendo los valores de la confiabilidad, Desviación Estándar, Serviciabilidad y Módulo resiliente de la subrasante.

c) Ejecución del proyecto

- Área de estudio

Ubicación del proyecto donde se ejecutará el tramo de prueba

- Departamento : Lambayeque
- Provincia : Lambayeque
- Localidad : Nuevo Mocce
- Calle : Víctor Raúl Haya De La Torre – Mz K
- Coordenadas : Coordenada Este 619743.00 m E
Coordenada Norte 9257935.00 m S



*Imagen 2. Mapa del Perú
Fuente: Google*



*Imagen 3. Mapa Provincial de Lambayeque
Fuente: Google*

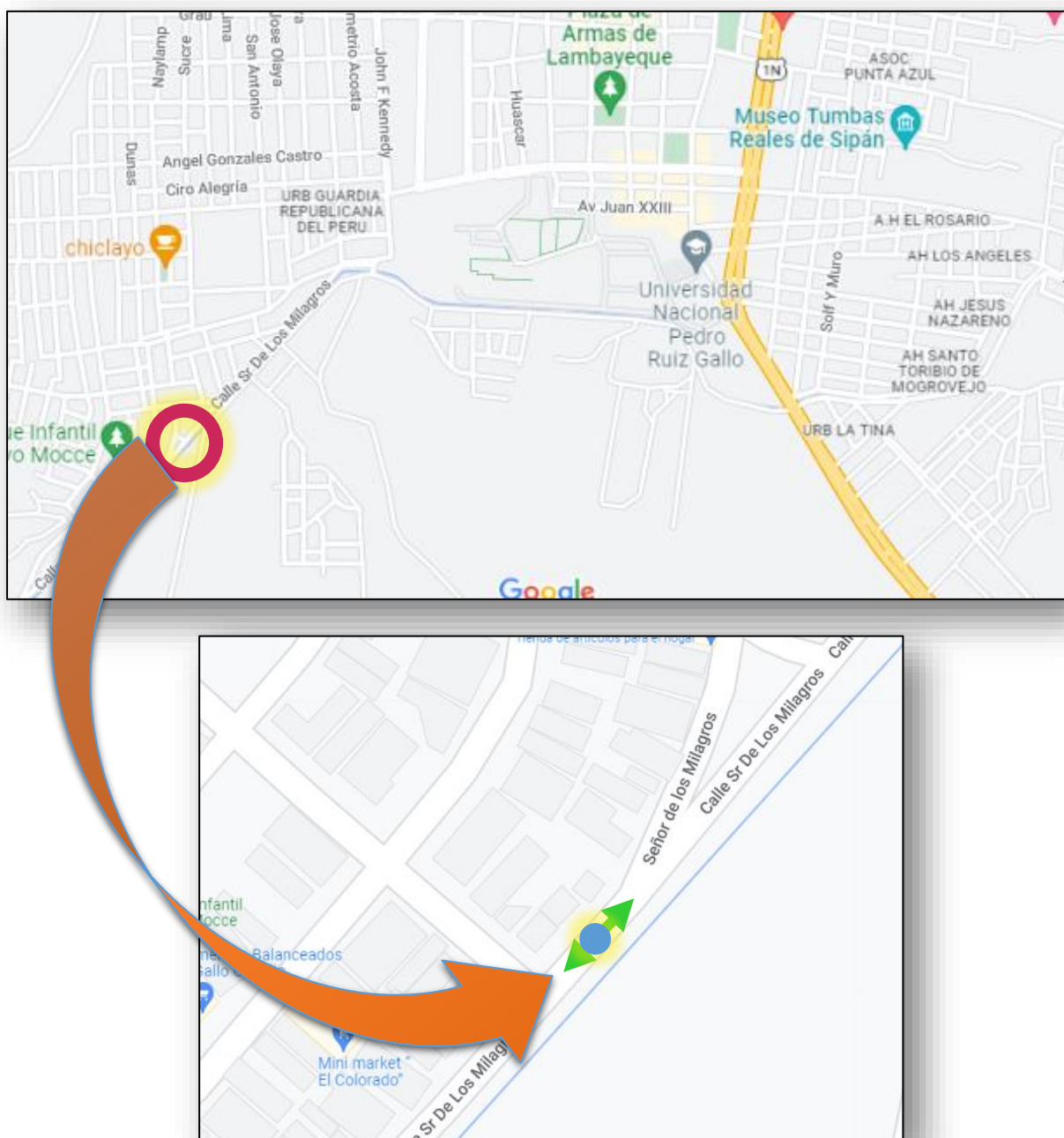


Imagen 4. Ubicación del tramo experimental

Fuente: Propia

➤ Condiciones climáticas

El clima es del tipo subtropical, evidenciando un clima cálido seco, templado en las estaciones de primavera, otoño e invierno y caluroso en las temporadas de verano.

➤ Topografía

La zona presenta una topografía plana propia de la región costa

- Ejecución del tramo experimental

La ejecución de esta obra que incluye este proyecto se realizó en 3 días: 03, 04 y 05 de junio del presente año. El primer día que es el 03 de junio se realizó la excavación que era remover el pavimento existente (en pésimas condiciones), se colocó el material de subbase granular traído de la cantera Hitos ubicada en el Sector La Cría.



Foto 23. Tramo por ejecutar
Fuente: Propia

El segundo día que es el 04 de junio se realizó la colocación del material de base granular traído de la cantera Hitos ubicada en el Sector La Cría, en este caso tal como se realizó en los estudios de laboratorio y que resultó agregarle un 30% de piedra de $\frac{1}{2}$ para aumentar el CBR, entonces aquí en campo también se realiza lo mismo.

Por otro lado, al finalizar y quedar lista la subbase se procede a realizar el ensayo de densidad de campo para así corroborar que el grado de compactación este conforme a lo que se obtuvo en el laboratorio.

El tercer día que es el 05 de junio se realizó la colocación de la carpeta asfáltica, cuyo espesor es de 7 cm sin esponjamiento.

- Verificación de la efectividad de la reducción de espesores

Luego de haber ejecutado el tramo experimental se procedió a realizar el ensayo de la Viga de Benkelman, con este ensayo se logra evaluar la deficiencia (deformación elástica) del pavimento, en base al debilitamiento progresivo de la estructura en consecuencia de las cargas que posee el tránsito. Al inicio se planteaba realizar el ensayo solo en los 20m del nuevo pavimento, pero para tener algo más completo se decidió realizar también el ensayo de la Viga Benkelman al pavimento antiguo, para ello se tuvo que buscar un tramo más o menos uniforme y que cuente con carpeta asfáltica; ya que, la gran parte del tramo se encuentra en pésimas condiciones.

a) Ensayo de Viga Benkelman al pavimento nuevo:



*Foto 24. Corroboración del brazo de la viga, relación 1:2
Fuente: Propia*

En cuanto a la comprobación de la reducción de espesores, se demostró a través del ensayo de la Viga Benkelman, teniendo en cuenta las deflexiones que se tomaran en cada tramo experimental, además se tomaran en cuenta las Leyes de comportamiento de deflexión admisible de un modelo estructural de pavimento flexible para poder tener un alcance sobre la deflexión que arroje el ensayo tomado.

Cabe mencionar que para pavimentos la deflexión se entiende como aquel valor que representa la respuesta estructural ante la colocación de una carga vertical externa sobre el pavimento, además se entiende que es el desplazamiento generado por la aplicación de solicitaciones de una carga generada por el tránsito vehicular. [19]

AUTOR	LEYES DE COMPORTAMIENTO DE LA DEFLEXIÓN, MILÍMETROS
Criterio del Instituto del Asfalto	$\Delta_{z adm} = 25.64 N^{-0.2383}$
Criterio Checoslovaco	$\Delta_{z adm} = 8.035 N^{-0.16}$
Criterio de Yang H. Huang	$\Delta_{z adm} = 26.32202 N^{-0.2438}$
Criterio de la RTAC de Canadá	$\Delta_{z adm} = 65.024 N^{-0.30103}$
Criterio de Ivanov	$\Delta_{z adm} = 5.248 N^{-0.12}$
Criterio de Ruiz	$\Delta_{z adm} = 24.763 N^{-0.2523}$
Criterio de la AASHTO Road Test (Pt=2.5)	$\Delta_{z adm} = 63.735 N^{-0.3077}$
Criterio de la CGRA de Canadá	$\Delta_{z adm} = 52.275 N^{-0.237}$
Criterio Belga	$\Delta_{z adm} = 242 N^{-0.334}$

Tabla 9. Leyes de comportamiento para determinar la deflexión
Fuente: Carlos Hernando Higuera Sandoval

Deflexiones esperadas:

AUTOR	N	$\Delta_{z adm}$
Criterio del Instituto del Asfalto	4000000	0.68493148
Criterio Checoslovaco	4000000	0.70575877
Criterio de Yang H. Huang	4000000	0.64675082
Criterio de la RTAC de Canadá	4000000	0.66935354
Criterio de Ivanov	4000000	0.84673328
Criterio de Ruiz	4000000	0.5346918
Criterio de la AASHTO Road Test (Pt=2.5)	4000000	0.59282175

Tabla 10. Deflexiones admisibles obtenidas para un EE de 4×10^6
Fuente: Propia

Del listado de las leyes que se muestran en la tabla anterior se tomara en cuenta la de dos autores, siendo el Criterio de Yang H. Huang ya que representa valores promedios y el criterio de AASHTO.

Deflexión admisible por el Criterio de Yang H. Huang:

$$\Delta_{z adm} = 26.32202 N^{-0.2438}$$

$$\Delta_{z adm} = 0.6467 \text{ mm}$$

Deflexión admisible por el Criterio de ASSHTO:

$$\Delta_{z adm} = 63.735 N^{-0.3077}$$

$$\Delta_{z adm} = 0.5928 \text{ mm}$$

Donde N: Número de EE

Resultados

ESAL

Los ejes equivalentes que se consideran para el diseño de la variedad de componentes estructurales se dan en base a la clasificación vehicular, es por ello la importancia de cuantificar el aforo en doble sentido que existe en la vía, entonces se empezó con el cálculo del IMDS:

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD _S	F.C.	IMD _A
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Moto lineal	360	331	341	361	347	413	543	2696	385	1.047001	404
Moto taxi	1596	1390	1400	1340	1524	1586	2340	11176	1597	1.047001	1672
Moto carguera	129	138	149	153	108	121	152	950	136	1.047001	143
Automovil	231	215	198	204	179	225	422	1674	239	1.047001	251
Station Wang	25	22	14	30	21	29	47	188	27	1.047001	29
Pick up	76	54	74	77	109	81	85	556	79	1.047001	84
Panel	18	35	29	23	17	23	13	158	23	1.047001	24
Rural combi	5	5	10	7	28	20	35	110	16	1.047001	17
Micro	4	2	10	3	2	3	2	26	4	1.047001	4
Camión 2E	53	65	85	55	77	47	27	409	58	1.055971	62
Camión 3E	43	69	94	130	150	29	0	515	74	1.055971	78
Camión 4E	2	0	21	22	1	0	0	46	7	1.055971	7
2S1/2S2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1.055971	1
2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.055971	0
3S1/3S2	4	0	0	0	0	0	0	4	1	1.055971	1
>=3S3	2	2	2	2	2	0	0	10	1	1.055971	2
2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.055971	0
2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.055971	0
3T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.055971	0
>=3T3	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1.055971	1
TOTAL	2548	2328	2427	2407	2567	2579	3666	18522	2646		2780

Tabla 11. Cálculo del IMDS

Fuente: Propia

Luego de hallar el índice medio diario semanal se calcula el índice medio diario anual resultando ser de 2780 veh/día. Posterior a ello se realiza el cálculo de los factores equivalentes donde se consideró de acuerdo con la metodología AASHTO 93, un porcentaje de camiones en el carril de diseño del 80%, un periodo de diseño en años de 0.0345 con una tasa de crecimiento anual de 20% y finalmente se obtuvo un ESAL de diseño de $3.9 \times 10^6 \cong 4 \times 10^6$ EE, tal como se evidencia en la siguiente tabla:

TIPO DE VEHICULO	Nº VEH/DIA (2sent.)	Nº VEH/DIA (1sent.)	Nº VEH/AÑO	F.C	ESAL en carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESAL diseño
	(1)	(2)=(1)* 80	(3)=(2)*365	(4)	(5)=(3)*(4)	(6)	(7)=(5)*(6)
V. ligeros	2628	2628	959220	0.0001	95.9	28.13	2698.3
C2	62	49.6	18104	3.71	67165.8	28.13	1889375.1
C3	78	62.4	22776	2.57	58534.32	28.13	1646570.4
C4	7	5.6	2044	1.85	3781.4	28.13	106370.8
T2S2	1	0.8	292	5.73	1673.16	28.13	47066.0
T3Se2	1	0.8	292	8.89	2595.88	28.13	73022.1
T3S3	2	1.6	584	4.37	2552.08	28.13	71790.0
3T3	1	0.8	292	7.75	2263	28.13	63658.2
TOTAL	2780	2749.6	43508		138661.6		3900550.9

Tabla 12. Cálculo del ESAL
Fuente: Propia

Estudio de suelos

Los resultados que se obtuvieron en las tres muestras extraídas de la calicata son las que se muestran en la tabla N° 13 y que para esta investigación se utilizó la muestra 1, que de acuerdo a la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) este suelo pertenece a una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL), mientras que para la clasificación AASHTO pertenece a un A-6(4) (malo), un porcentaje de humedad del 24%, un índice líquido de 24%, un límite plástico de 13%, un índice plástico de 11%, una máxima densidad seca de 1.903 gr/cm³, un óptimo contenido de humedad de 12.36%

CALICATA		CALICATA N°1		
MUESTRA		M-01	M-02	M-03
Coordenadas	E	619743.00 m		
UTM	N	9257935.00 m		
Profundidad (m)		0.00 a 1.00	1.00 a 1.40	1.40 a 1.60
Humedad Natural (%)		24	19	23
Límite Líquido (%)		24	21	-
Límite Plástico (%)		13	14	-
Índice plástico (%)		11	7	-
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)		1.903	1.925	-
Óptimo Contenido de Humedad (%)		12.36	9.68	-
CBR 95%		7	13.6	-
Clasificación SUCS		CL	CL	SM
Clasificación AASTHO		A-6(4)	A-4(7)	A-2-4(0)

Tabla 13. Resultados de los ensayos y análisis de suelos
Fuente: Propia

Estudios del material granular

a) Resultados del estudio para subbase granular

Como ya se mencionó en el procedimiento de esta investigación, este material es extraído de cantera el cual, de acuerdo a la clasificación SUCS resultó ser una arena pobremente gradada, que tiene un límite líquido de 17%, llegando a cumplir con el parámetro que manda el manual de carreteras donde especifica un máximo de 25%, en cuanto al índice de plasticidad tiene 3% cumpliendo con un máximo de 6% y por el lado del CBR se obtuvo un 68.6% al 100% de la M.D.S. cumpliendo con el requisito del manual de carreteras que pide un 40% M.D.S. como mínimo a un 0.1”.

CANTERA		HITOS - LA CRÍA
MATERIAL		SUBBASE GRANULAR
MUESTRA		M-01
Coordenadas UTM	E	661088.4 m
	N	9256608.8 m
Humedad Natural (%)		0
Límite Líquido (%)		17
Límite Plástico (%)		14
Índice plástico (%)		3
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)		2.278
Óptimo Contenido de Humedad (%)		6.87
CBR 95%		62.2
Clasificación SUCS		SP-SM
Clasificación AASTHO		A-1-a(0)

Tabla 14. Resultados de los ensayos y análisis del material de cantera

Fuente: Propia

En cuanto a la gradación del material se tiene que cumple para la gradación B y C, pero para esta última gradación debe considerarse cortar por el tamiz ¾

TAMICES		% QUE		BASE GRANULAR			
(Pul)	(mm)	PASA	A	B	C	D	
3"	75.000	100.0					
2"	50.000	100.0	100 - 100	100 - 100			
1 1/2"	37.500	98.0	-	-			
1"	25.000	93.1	-	75 - 95	100 - 100	100 - 100	
3/4"	19.000	83.1	-	-	-	-	
1/2"	12.500	74.8	-	-	-	-	
3/8"	9.500	69.9	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100	
1/4"	6.300	61.4	-	-	-	-	
Nº4	4.750	57.4	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85	
Nº10	2.000	46.8	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70	
Nº20	0.850	35.6	-	-	-	-	
Nº40	0.425	21.8	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	
Nº50	0.300	18.0	-	-	-	-	
Nº100	0.150	9.9	-	-	-	-	
Nº200	0.075	5.1	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15	
CONDICIÓN			NO	SI	SI	NO	

Tabla 15. Gradación del material de cantera

Fuente: Propia

Por lo tanto, este material al cubrir los requerimientos que manda el Manual de Carreteras se procederá a trabajar y considerarlo como material para subbase granular para el diseño del pavimento flexible.

b) Resultados del estudio para base granular

Para las propiedades físicas son las mismas que resultaron en el apartado anterior de material para base granular, aquí cabe recalcar que para lograr cumplir con las propiedades mecánicas se agregó el 30% de piedra de ½ ya que con esa adición de piedra se logra un CBR mayor, siendo este del 111.8% al 100% de la M.D.S. llegando a cumplir con la condición del manual de carreteras que pide un mínimo del 80% al 100% de la M.D.S. a un 0.1”

CANTERA		HITOS - LA CRÍA
MATERIAL		BASE GRANULAR
MUESTRA		M-01
Coordenadas	E	661088.4 m
UTM	N	9256608.8 m
Humedad Natural (%)		0
Límite Líquido (%)		17
Límite Plástico (%)		14
Índice plástico (%)		3
Máxima Densidad Seca (gr/cm³)		2.278
Óptimo Contenido de Humedad (%)		6.87
CBR 95%		106.9
Clasificación SUCS		SP-SM
Clasificación AASTHO		A-1-a(0)

Tabla 16. Resultados de los ensayos y análisis del material de cantera
Fuente: Propia

En cuanto a la gradación también se cumple con la B y C, pero para la gradación C también se tiene que cortar por el tamiz de ¾

Incorporación de la geomalla en capa estructural del pavimento flexible

Para determinar la ubicación de la geomalla, es decir entre que interfaz se va a colocar, primero se procede a realizar los ensayos respectivos con la participación de la geomalla, para luego ser considerados en los diseños de pavimento y lograr determinar la ubicación de la geomalla biaxial BX3030.

- Geomalla más subrasante

En este caso se colocó la geomalla biaxial BX3030 en la subrasante, se colocó a 3cm de la superficie como se observa en la foto 25, los CBR que se obtuvieron al 100% de la M.D.S. fue de 19% y al 95% de la M.D.S. fue de 18.6%.



Foto 25. Colocación de la geomalla biaxial BX3030 en la subrasante
Fuente: Propia

- Geomalla más base

Para la base granular la geomalla biaxial extruida BX3030 se colocó a 3cm de la superficie como se observa en la foto 26, los CBR que se obtuvieron al 100% de la M.D.S. fue de 170.1% y al 95% de la M.D.S. fue de 165.10%



Foto 26. Colocación de la geomalla biaxial BX3030 en la base
Fuente: Propia

La influencia de la geomalla en las capas estructurales es visible, ahora ya sabemos con que CBR se trabajaría para realizar los diseños de pavimento flexible, si se aplica la geomalla en la subrasante o en la base granular. Si bien es cierto con la aplicación de la geomalla se ha logrado aumentar el CBR de las capas respectivas, por ende, la ubicación de la geomalla se definirá luego de obtener los diseños finales ya que en base a estos nuevos CBR obtenidos trabajaremos diferentes diseños.

Diseño del pavimento flexible Convencional

Los resultados que se obtuvieron para el diseño del pavimento flexible convencional son: espesor para la subbase 50 cm, para la base granular 35 cm y para la carpeta asfáltica se tiene 7 cm. como se muestra en la imagen 5. Donde se consideró un ESAL de 4×10^6 EE, un CBR de 7% al 95% de la M.D.S., una desviación estándar combinada de 0.45, variación de serviciabilidad de 1.5, CBR en subbase granular de 68.6% al 95% de la M.D.S., en la base granular un CBR de 111.5% al 95% de la M.D.S.

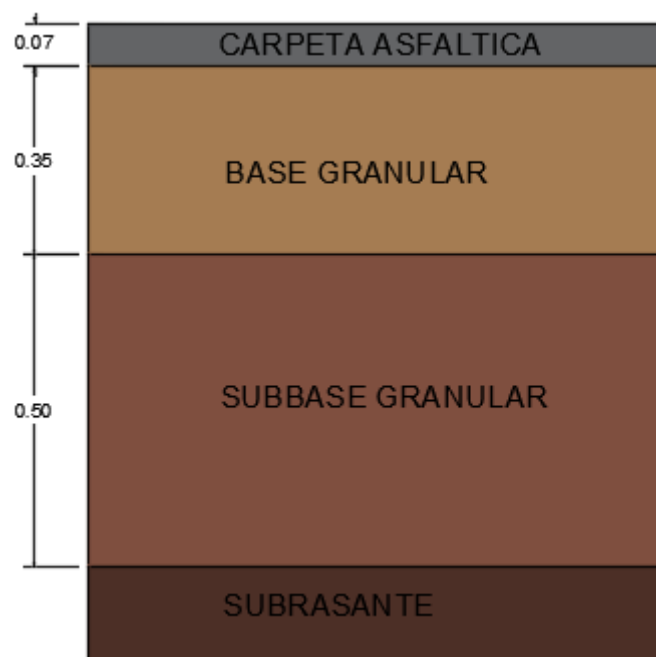


Imagen 5. Diseño convencional
Fuente: Propia

Diseño del pavimento flexible con la geomalla biaxial BX3030

a) Aplicación de la geomalla biaxial BX3030 en la base granular

Con la ubicación de la geomalla biaxial BX3030 en la interfaz subbase y base granular se logró espesores de 50 cm en la subbase, 25 cm en la base granular y 7 cm de carpeta asfáltica, en comparación con el diseño convencional lo que se modificó es el CBR de la base granular de 111.5% al 165.1%, donde se obtuvo un SN de 4.17, tal como lo muestra el siguiente grafico:

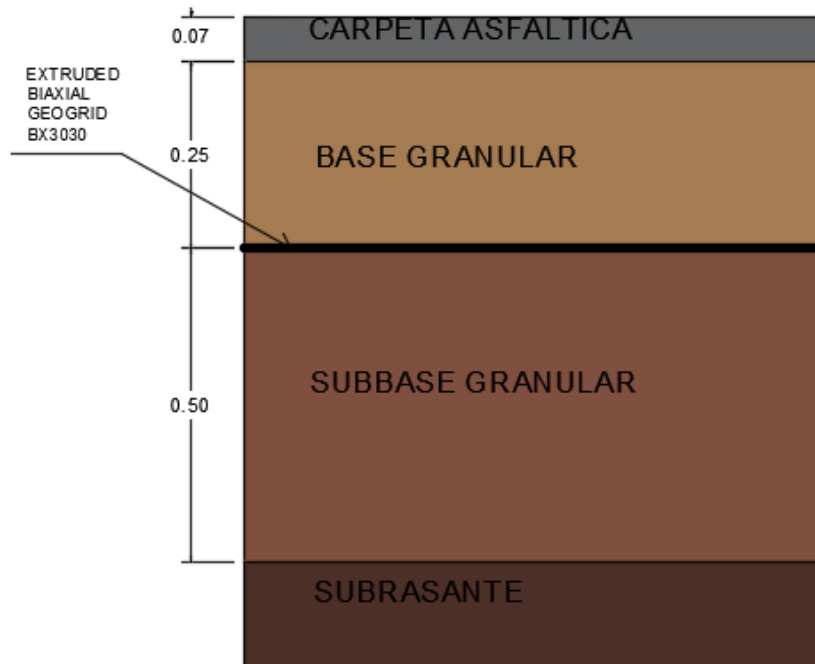


Imagen 6. Diseño con geomalla biaxial BX3030
Fuente: Propia

b) Aplicación de la geomalla biaxial BX3030 en la subrasante

Con la ubicación de la geomalla biaxial BX3030 en la interfaz subrasante – subbase se obtuvieron espesores de 40 cm en la subbase, 20 cm en la base granular y 7 cm en la carpeta asfáltica, en comparación al diseño convencional lo que se modificó es el CBR de la subrasante (7%), en este caso se trabajó con el CBR de la subrasante más la geomalla biaxial BX3030 (18.6%), SN de 3.23, tal como lo muestra el siguiente gráfico:

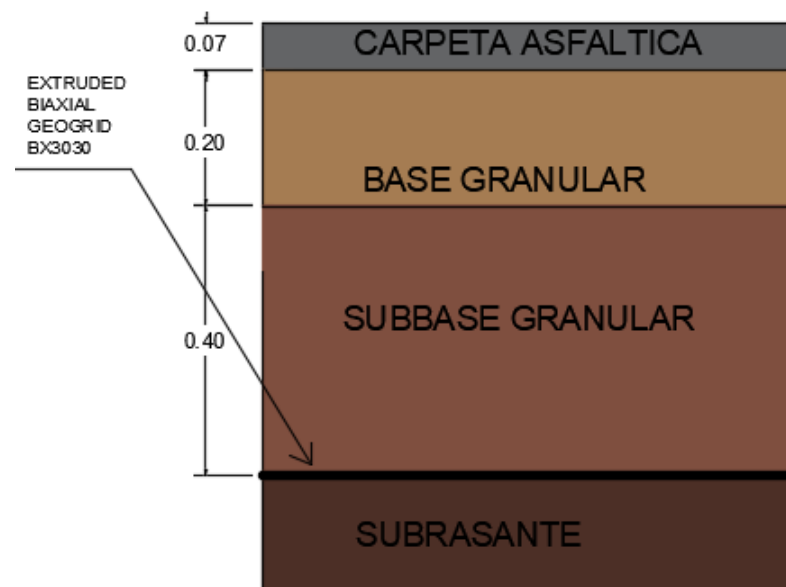


Imagen 7. Diseño con geomalla biaxial BX3030
Fuente: Propia

Análisis de ubicación óptima de geomalla biaxial BX3030

El lugar de donde se colocará finalmente la geomalla se hizo teniendo los diseños finales, para así aplicarla en la capa estructural donde más espesores reduzca, a continuación, se muestra la tabla resumen:

	Capa superficial	base	subbase	Reducción de espesores por capa (%)			Reducción de espesor a nivel de capa total (%)	
				Capa superficial	base	subbase	Espesores totales (cm)	Reducción (%)
DISEÑO PATRÓN	7	35	50	0	0	0	92	0
GEOMALLA EN LA BASE	7	25	50	0.00	28.57	0.00	82	10.87
DISEÑO CON GEOMALLA EN LA SUBRASANTE	7	20	40	0.00	42.86	20.00	67	27.17

Tabla 17. Comparación de espesores del diseño patrón con los otros diseños donde se añade la geomalla biaxial BX3030

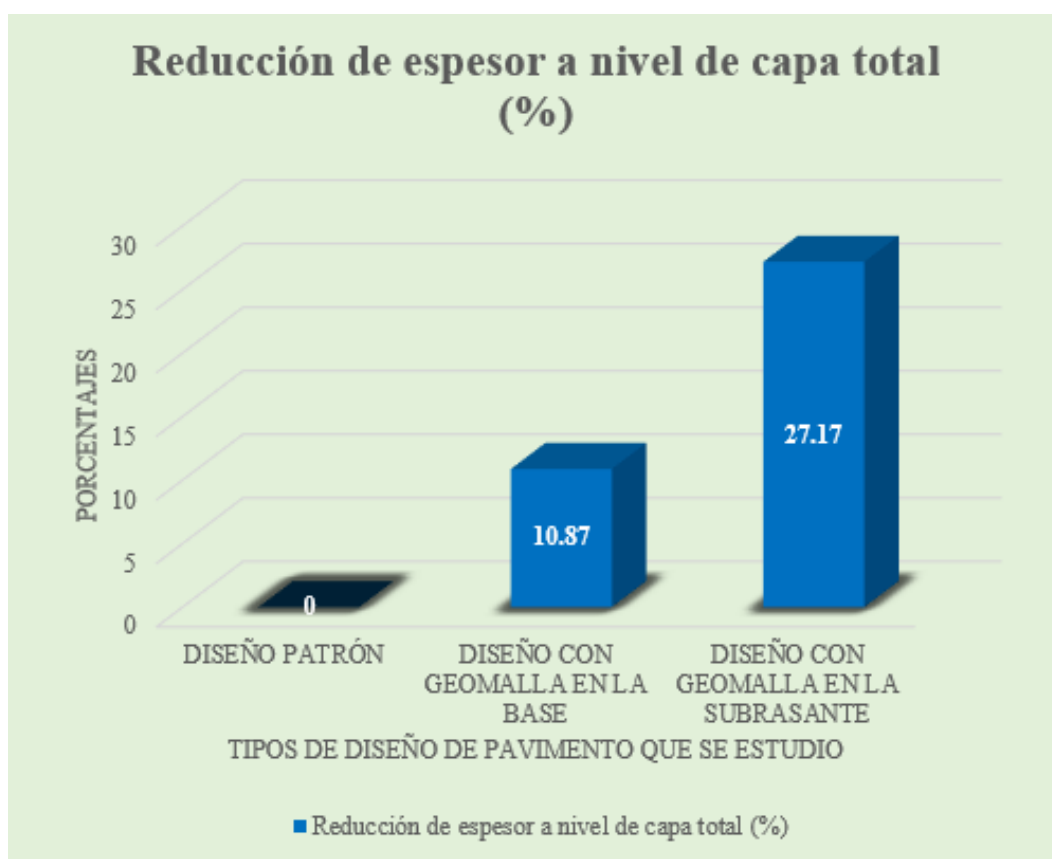


Imagen 8. Reducción de espesores
Fuente: Propia

Por el resultado que se obtuvo en los tres diseños, se eligió colocar la geomalla en la interfaz de la subrasante y la subbase granular ya que al aplicarlo en esa zona se obtiene una mayor reducción de espesores en cuanto al diseño Patrón, siendo la reducción en un 27.17%, el diseño final y ubicación de la geomalla biaxial BX3030, resulta tal como se muestra en la siguiente gráfica:

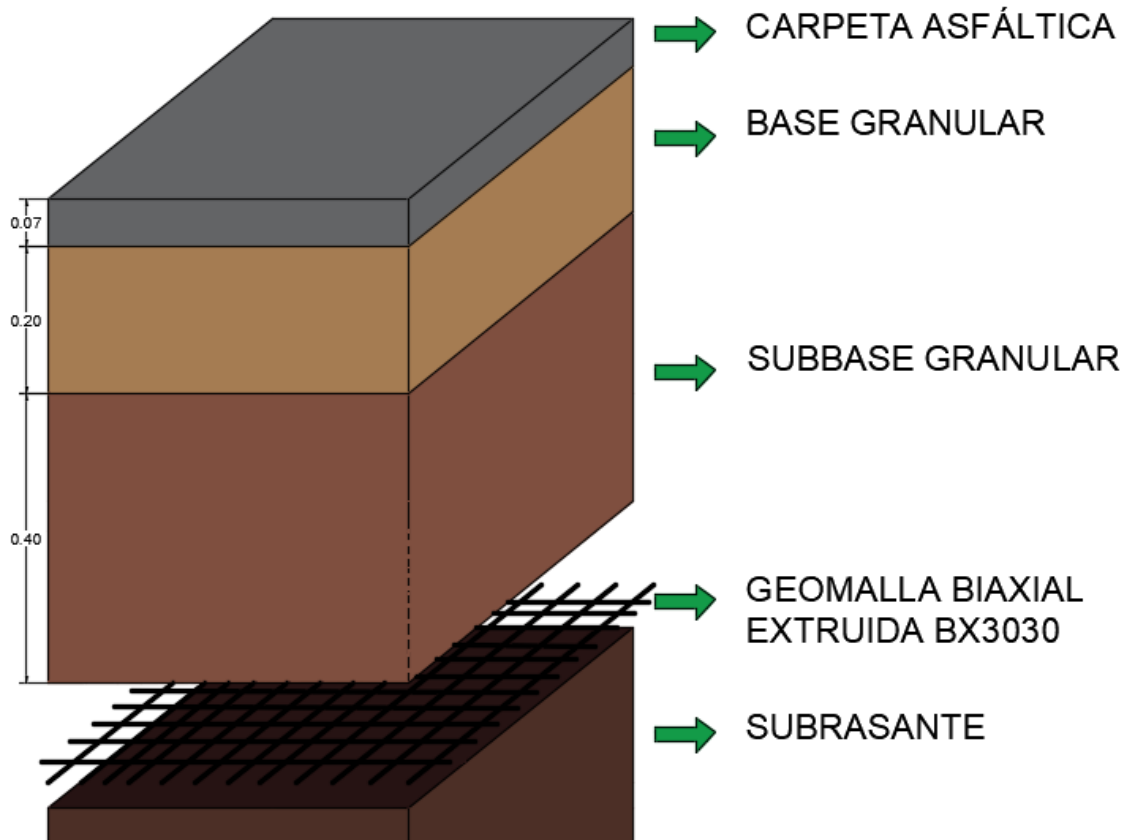


Imagen 9. Ubicación definitiva de la geomalla biaxial BX3030
Fuente: Propia

En cuanto al ensayo de la viga Benkelman se obtuvo una deflexión promedio de 0.51 mm haciendo la comparación entre el tramo convencional y con geomalla. De forma independiente el primer tramo que es el que cuenta con la geomalla, obtuvo una deflexión máxima de 0.44 mm y el siguiente tramo de 10 m que esta sin geomalla obtuvo una deflexión máxima de 0.58 mm, tal como se visualiza en la tabla N°18. El ensayo es del lado izquierdo del pavimento nuevo:

PAVIMENTO NUEVO		
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	PROGRESIVA	DEFLEXIÓN
DISEÑO CON GEOMALLA BIAXIAL BX3030	0+00	0.44 mm
DISEÑO CONVENCIONAL	0+010	0.58 mm

*Tabla 18. Resultados de la viga Benkelman del tramo experimental
Fuente: Propia*

Los resultados en comparación con las deflexiones admisibles del Criterio de Yang H. Huang y de AASHTO se encuentran aceptables, mostrándose que las deflexiones del pavimento con geomalla biaxial BX 3030 son las óptimas

AUTOR	N	ΔZ_{adm}	DEFLEXIÓN POR VIGA BENKELMAN	
			CON GEOMALLA	SIN GEOMALLA
Criterio de Yang H. Huang	4000000	0.64675082	0.44	0.58
Criterio de Ruiz	4000000	0.5346918	0.44	0.58
Criterio de la AASHTO Road Test (Pt=2.5)	4000000	0.59282175	0.44	0.58

*Tabla 19. Resultados de la deflexión admisible del tramo experimental de 20 m
Fuente: Propia*

Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

En este apartado se identifica y evalúa los impactos ambientales potenciales al medio ambiente del área de influencia de la ejecución del tramo de 20 metros de pavimento flexible ubicado en la ciudad de Lambayeque, esta identificación y evaluación se hará empleando la metodología de la Matriz de Leopold, tanto para el proyecto convencional y para el proyecto con geomalla.

Los medios del ambiente potencialmente afectables que se logró identificar para ambos tramos son: medio físico (aire y suelo), medio biológico (fauna y calidad visual), medio social (factor socioeconómico) y factor sociocultural.

En cuanto a las acciones con potencial a generar impacto que se identificaron son en el proceso de ejecución, para ambos proyectos se tiene las mismas acciones que son: Equipo transportado, Equipo auto transportado, Trazos niveles y replanteo, Excavación masiva del material existente, Relleno con material de préstamo, Eliminación de material excedente, Transporte de capa sub base granular, Capa sub base granular a máquina, Transporte de capa base, Imprimación asfáltica, Preparación de mezcla asfáltica en caliente, Transporte de mezcla asfáltica, Esparcido y compactado de mezcla asfáltica, Limpieza final de obra, Tráfico vehicular, Tráfico peatonal, Generación de aguas residuales domésticas, Seguridad al personal obrero y Gestión de residuos sólidos en obra.

Posterior a ello se realiza la matriz de colores donde se hará la identificación de impactos, tal como se aprecia en el anexo N...

Para el caso del proyecto sin geomalla se obtiene como primer impacto con una puntuación de -40 la acción de imprimación asfáltica, como segundo impacto con una puntuación de -33 esta excavación masiva del material existente, como tercer impacto con una puntuación de -32 esta Capa subbase granular a máquina y como tercer impacto con una puntuación de -26 esta Relleno con material de préstamo. En cuanto al factor que se encuentra afectado con una puntuación de -86 esta que es el aire por las partículas en suspensión.

Para el caso del proyecto con geomalla se obtiene como primer impacto con una puntuación de -40 la acción de imprimación asfáltica, como segundo impacto con una puntuación de -29 esta excavación masiva del material existente, como tercer impacto con una puntuación de -16 esta Capa subbase granular a máquina y como tercer impacto con una puntuación de -10 esta Relleno con material de préstamo. En cuanto al factor que se encuentra afectado con una puntuación de -86 esta que es el

aire por las partículas en suspensión mientras que el suelo tiene un punto a su favor con un puntaje de 58 en relación con la estabilidad que se genera.

Por lo tanto, se puede evidenciar que la puntuación de impactos para el diseño convencional es mayor a la que resulta del diseño con geomalla, siendo de -276 y -236 respectivamente, pero la puntuación para la actividad de imprimación asfáltica se mantiene puesto a que esa actividad no se ve afectada por el agregado de geomalla en la subrasante.

Sin embargo, todo lo que respecta a volumen de material excavado, material que será empleado como subbase y base si baja el impacto ya que serán en cantidades menores al diseño convencional porque la colocación de geomalla refuerza mi subrasante, reduciéndome los espesores y así reduciendo el material a excavar como el material a comprar.

Por otro lado, hablando de las geomallas biaxiales que son fabricadas en base a polímero como lo es el polipropileno para este caso, se sabe que este tipo de geosintéticos son amigables con el ambiente puesto a que permiten mejorar la conservación de los recursos naturales, por ende, poseen beneficios medioambientales.

Evaluación costo beneficio

En esta última parte se hace el análisis de costos en base a la subbase y base granular del diseño de pavimento flexible para el diseño convencional y el diseño donde se aplica geomalla para una vía de dos carriles, en el caso del pavimento convencional contamos con espesores de subbase de: 50cm y una base granular de 35cm, mientras que por el lado del pavimento con geomalla se tiene un espesor de capa subbase de: 40cm y una base granular de 20cm.

Se elaboro una tabla resumen con el análisis de costo de las capas respectivas de cada tipo de diseño resultando lo siguiente:

DISEÑO	CONVENCIONAL		CON GEOMALLA	
CAPA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
VOLUMEN	Volumen de material de base granular (m2)	Volumen de material de subbase granular (m2)	Volumen de material de base granular (m2)	Volumen de material de subbase granular (m2)
Metrado	34	24	27.5	14
Precio Unitario	19.57	100.07	19.57	100.07
Parcial (s/)	665.38	2401.68	538.175	1400.98
Total (s/)	3067.06		1939.155	
Ahorro (s/)	1127.905			
Ahorro(%)	36.77 %			

Tabla 20. Precio Unitario de ambas propuestas
Fuente: Propia

De acuerdo con la tabla resumen se tiene que el ahorro económico en cuanto a la base granular es del 19.12% y de la subbase granular el ahorro es del 41.67 respectivamente. Teniendo como resultado final un ahorro significativo en presupuesto de 36.77%.

Además, se realizó un análisis del presupuesto total del proyecto donde se halla la diferencia de costos por metro lineal entre el diseño convencional y el diseño con geomalla. Donde resulto que para dicho proyecto que consta de una carretera de dos carriles, teniendo como ancho de vía de 6.10m se tiene para un diseño convencional un precio unitario de S/. 387.15 por metro lineal mientras que para el diseño con geomalla se tiene S/. 341.05 por metro lineal teniendo un ahorro de S/.46.10 que representan un 11.91% de ahorro entre ambas propuestas de diseño, siendo la significativo el diseño donde se emplea la geomalla. Tal como se muestra la siguiente tabla:

DISEÑO	CONVENCIONAL CON GEOMALLA	
COSTO DIRECTO	S/. 17403.41	S/. 15330.97
TOTAL	S/. 23616.43	S/. 20804.13
ÁREA (m2)	61	61
PRECIO		
UNITARIO (ml)	S/. 387.15	S/. 341.05
AHORRO (S/.)	S/.46.10	
AHORRO (%)	11.91 %	

Tabla 21. Precio Unitario de ambas propuestas por metro lineal
Fuente: Propia

Discusiones

De acuerdo con los resultados por el autor José Lizárraga, en el proyecto Diseño Y Construcción de Pavimentos Flexibles Aplicando Geomallas de Polipropileno como Sistema de Reforzamiento Estructural, se obtuvo una reducción de espesor en la carpeta asfáltica de 15 cm a 10 cm representando un ahorro del 66.67% de la mezcla bituminosa, ya que la geomalla biaxial se colocó en la interfaz de base granular y carpeta asfáltica logrando absorber los esfuerzos de tensión a tracción y reduciendo las deformaciones horizontales. Mientras que la presente tesis coloca la geomalla biaxial BX3030 en la interfaz de subrasante y subbase obteniendo reducir los espesores de subbase granular en 10 cm, en la base granular de 15 cm y en la carpeta asfáltica no hubo reducción, de esta forma se obtuvo un ahorro de 11.91% en relación con el precio unitario por metro lineal.

Según los resultados obtenidos por los autores Luis Álvarez y Windy Bermúdez, en el proyecto Análisis comparativo del uso de geomallas biaxiales como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Plantea la colocación de la geomalla en la subbase granular teniendo como resultado, reducción de espesores en la base granular de 20 cm a 15 cm y en la subbase granular una reducción de 35 cm a 23 cm, obteniendo una reducción total en toda la estructura de 62.5 cm a 45.5 cm siendo el total de 17 cm. Mientras que por el lado de los costos existe una variación de \$ 8.052 entre ambas propuestas siendo mayor la reforzada con geomalla. Sin embargo, en esta tesis se optó por colocar la geomalla biaxial BX3030 en la interfaz de subrasante y subbase granular donde se obtuvo una reducción de espesores de base granular y subbase granular de 35 cm a 20 cm y de 50 cm a 40 cm respectivamente; teniendo una reducción total en toda la estructura de 25 cm, mientras que los resultados del diseño donde se coloca la geomalla en la interfaz de subbase y base granular solo se redujo 10 cm en la base granular y con relación a los costos existe un ahorro del 36.77% por metro cuadrado entre ambas propuestas siendo la mayor la del pavimento convencional.

De acuerdo con los resultados que obtuvo el autor Félix Velásquez, en su investigación Estudio experimental de la influencia del uso de geotextiles y geomallas en el acomodo de partículas de un suelo arenoso determinada a través de ensayos geotécnicos tradicionales, es que las geomallas influyen de manera directa a la capacidad de soporte del suelo, existiendo un aumento del CBR de 4% al 95% de la M.D.S. para el caso de geomalla triaxial. Mientras que para esta tesis se trabajó con geomalla biaxial BX3030, donde se obtuvo un aumento de CBR de la M.D.S. para la subrasante de 165.6% y para la base se tiene un aumento de 48.07% del CBR al 95% de la M.D.S.

En base a los resultados obtenidos por el autor Miranda, en su proyecto Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba – Ongon, provincia de Pataz. La Libertad. Se empleó dos tipos de geomallas: geomalla biaxial LBO 202 y la LBO 302 de las cuales en la primera el autor demostró la reducción del 4% en la base y 43% en la subbase, mientras que con la segunda geomalla logro reducir un 8% en la base y 50% en la subbase. Sin embargo, en esta tesis solo se empleó un tipo de geomalla siendo la biaxial BX3030 y se obtuvo una reducción considerable en el diseño del pavimento flexible con geomalla, teniendo una reducción de espesores del 27.17% en total de la estructura del pavimento.

Según los autores Joffre Perales y Roberto Arce, en su proyecto Aplicación de geomallas biaxiales en el refuerzo de pavimentos para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento flexible de la avenida César Canevaro ubicado en el distrito de San Juan de Miraflores, provincia y departamento de Lima. Trabajaron con geomalla biaxial aquí se colocó en la interfaz de la base granular y la carpeta asfáltica, en relación con el espesor de la carpeta asfáltica se reduce de 13 cm a 10 cm, con lo que respecta a la resistencia a la compresión bajo carga axial incremento un 14% respecto al promedio, por el lado de la deformación, esta disminuyó en un 21% respecto a las máximas medidas de la deformación en los especímenes ensayados y en cuanto a la rigidez de la carpeta asfáltica incremento en un 64%. Mientras que para esta tesis no se realizaron ensayos de especímenes, además la colocación de geomalla está en la interfaz de subrasante y subbase y con respecto a las deflexiones se contó con el ensayo de viga Benkelman y la diferencia es del 24.14% teniendo una mayor deflexión el pavimento flexible convencional.

De acuerdo con los resultados del autor Miguel Guzmán, en su proyecto Influencia de los geosintéticos en el dimensionamiento de los espesores de las capas del pavimento flexible, se tiene que se aplicó la geomalla tipo B P-BX12 30 KN/m, y de su suelo obtuvo los CBR que oscilan entre 5% y 8% al 95% de la M.D.S. además resultó que la aplicación de la geomalla interviene en la reducción de espesores en la base siendo la diferencia de 3cm a 5cm, en cuanto a los costos existe una diferencia de S/.800,367.88 siendo la propuesta más cara la aplicación de la geomalla. En esta tesis se aplicó la geomalla biaxial BX3030 y el CBR que se obtuvo fue de 7% al 95% de la M.D.S. y la intervención de la geomalla favoreció reduciendo 10 cm en espesor de la subbase granular y 15 cm en la base granular y con respecto al costo se obtuvo una diferencia de S/. 2.812.30 teniendo como cifra mayor al diseño convencional.

En base con los resultados del autor Darwin Villegas, en su proyecto Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en la Urbanización de Ingeniero I, Chiclayo. Que se procesaron de acuerdo con el Manual de Diseño con Geosintéticos PAVCO, donde se consideró a la geomalla biaxial coextruida de tipo B para el diseño del pavimento flexible, además su suelo obtuvo un CBR en la subrasante de 8.75% y 9.60% al 95% de la M.D.S. así también se logró la reducción del espesor en un 28% en la carpeta asfáltica en comparación con el diseño convencional. Mientras que para la presente tesis se trabajó con el Método de AASHTO 93 modificando los CBR obtenidos en laboratorio en base a la intervención de la geomalla biaxial BX3030, con respecto al CBR que se obtuvo en la subrasante fue de 7% al 95% de la M.D.S. y en cuanto a los espesores se logró reducir en las capas de la subbase y base granular siendo un total de 25 cm en la estructura del pavimento y en cuanto al espesor de la carpeta asfáltica no hubo reducción alguna.

De acuerdo con los resultados del autor Luis Sosa, en su proyecto Pavimento con geosintéticos para mejorar la resistencia en la capa estructural de la avenida Tréboles provincia y distrito de Chiclayo – Lambayeque. Obtuvo un CBR promedio de 7.22% al 95% de la M.D.S. y cuyo ESAL es de 8,728.,30.39 EE, para dicho diseño se usó la Geomalla Biaxial Extruida MACGRID EGB 20. Así mismo, resultó que el Costo Directo aumenta en 1.28% al emplear la geomalla. Mientras que en esta tesis se obtuvo valor de CBR del 7% del 95% de la M.D.S. la geomalla que se empleó es la de tipo biaxial extruida BX3030 marca GEOACE y por el lado del Costo directo se obtuvo un ahorro de 11.91% en comparación con el diseño donde se aplica la geomalla biaxial BX3030.

En la presente investigación, además de lo ya anteriormente expuesto se realizó un ensayo de viga Benkelman al pavimento antiguo, muestra tomada a un tramo metros mas adelante del tramo donde se ejecutó el tramo experimental, en el cual se encontró una deformación o deflexión mayor a las deflexiones admisibles que se obtienen al aplicar las leyes de criterio de Yang H. Huang y AASHTO, siendo estas deflexiones de 0.70 mm que supera largamente a la deflexión admisible promedio que es de 0.55 mm. Mientras que para el pavimento cuyo diseño está influenciado con la geomalla biaxial BX3030 en la interfaz de la subrasante y subbase se obtuvo una deflexión admisible de 0.44mm estando en el rango que se expresan en las leyes de deflexiones admisibles.

Conclusiones

- Las capas estructurales del pavimento flexible poseen espesores mayores en muchos casos, en comparación a un diseño donde se emplee la geomalla como parte del elemento de sus capas estructurales, con este proyecto se ha logrado demostrar una reducción de espesores en las capas de pavimentos flexibles en función a la aplicación o intervención de geomallas biaxiales.
- En la industria actual existen diversos tipos de geomallas, las cuales son clasificadas en base al material con que se elabora, de acuerdo con su forma de fabricación y de acuerdo con el sentido de su desarrollo de refuerzo. Sin embargo, el producto que posee mayor disponibilidad y acogida en diferentes proyectos son las geomallas extruidas, ya sea uniaxial, biaxial o triaxial, a ellas le sigue el tipo unida y finalmente la tejida. Es por eso por lo que en este proyecto se eligió a la más comercial que es la de tipo Biaxial Extruida BX3030 hecha de polipropileno. Muchas de estas geomallas son aplicadas como parte del reforzamiento de la subrasante para el caso de proyectos, otras son empleadas para estabilización de taludes, muros de contención, terraplenes, entre otros. Su campo de aplicación depende de las propiedades que posea este tipo de geosintéticos, como por ejemplo la resistencia última a la tensión y rigidez que esta pueda ofrecer.
- Se realizó el estudio de suelos a una calicata de la cual se obtuvieron tres muestras; la muestra dos, fue la que se empleó para los diseños posteriores ya que tenía un CBR de 7% al 95% de la M.D.S. y que de acuerdo con la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) pertenece a una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) mientras que para clasificación AASHTO pertenece a un rango de malo (A-6 (4)).
- El diseño del pavimento flexible sin geomallas se elaboró empleando el Método AASHTO 93, donde se obtuvieron los espesores para la subbase granular, base granular y carpeta asfáltica, que son 50 cm, 35 cm y 7 cm respectivamente. Mientras que en el segundo diseño con geomalla biaxial BX3030 ubicada en la subrasante se obtuvo espesores de 40 cm, 20 cm y 7cm respectivamente. Por otro lado, en el tercer diseño donde la geomalla biaxial BX3030 que se ubicó en la base, se obtuvo espesores de 50 cm, 25cm y 7cm respectivamente.
- Se empleó la geomalla biaxial extruida BX3030, ya que tiene una mayor respuesta a sollicitaciones en dos direcciones y la interfaz donde se colocó fue entre la subrasante y subbase granular ya que con esta ubicación se obtuvo un CBR de 18.6% al 95% de la M.D.S. siendo su aumento del 165.71% en relación con el CBR sin geomalla. Mientras que para la interfaz de subbase y base granular se obtuvo un CBR de

165.10% de la M.D.S. siendo su aumento del 48.07% en relación con el CBR sin geomalla, cuando se realizó los estudios en laboratorio.

- Se ejecuto un tramo de prueba de 20m x 6.10m de ancho, dividida en dos secciones de 10m x 6.10m, donde se experimentó la sección del pavimento sin geomalla biaxial BX3030 y con geomalla biaxial BX3030.
- La reducción de espesores a nivel de capas estructurales de los dos diseños respecto al patrón, son de la siguiente forma: el diseño donde la geomalla biaxial BX3030 se aplica en el interfaz de la base y subbase se obtuvo una reducción del 28% en la base, mientras que para la subbase y carpeta asfáltica se mantuvo; por otro lado el segundo diseño donde la geomalla biaxial BX3030 está entre la interfaz de la subrasante y la subbase se obtuvo una reducción de espesores de 42.86% en la base y 20% en la subbase mientras que el espesor de la carpeta asfáltica se mantuvo. Entonces se tiene una reducción de espesores para ambos casos, ya sea aplicar la geomalla entre la subrasante y subbase o lo otro que es entre la subbase y base
- A fin de verificar si el diseño propuesto es correcto, una vez ejecutado el pavimento se hizo pruebas de deflectometría mediante la viga Benkelman llegando a evidencia que para el pavimento convencional se obtuvo una deflexión de 0.58mm y para el diseño donde se aplica la geomalla biaxial BX3030 fue de 0.44mm logrando mayor módulo de resiliencia. Además, se demostró que la deflexión obtenida está dentro de los parámetros que menciona el Criterio de Yang H. Huang (0.647 mm) y AASHTO (0.593 mm), caso contrario ocurrió con las deflexiones que se obtuvieron al estudio del pavimento antiguo y que cuyas deflexiones son: 0.74 mm y 0.64 mm. Lo que significa que aplicando geomalla biaxial BX3030 logramos mejor calidad del pavimento, respecto del convencional.
- La Evaluación de Impacto Ambiental se realizó empleando la Matriz de Leopold, donde resulto que el mayor impacto que existe es generado por la actividad de imprimación asfáltica y cuya puntuación fue de -40 eso es para ambos proyectos. Sin embargo, se tiene que para la ejecución del proyecto sin geomalla biaxial BX3030 existe impacto generado por las siguientes actividades: excavación masiva del material existente, capa subbase granular a máquina y el relleno con material de préstamo, con puntuaciones de -33, -32, -26 respectivamente. Por otro lado, está el proyecto que utiliza la geomalla biaxial BX3030 que obtuvo puntuaciones de: -29, -16, -10 respectivamente. Por ende, tenemos que el proyecto que emplea la geomalla posee menor impacto ya que existe un menor grado de movimiento de tierra y menos material traído de cantera.
- Con lo que respecta a costo y beneficio se obtuvo que para el diseño convencional se tiene un costo unitario de s/. 387.15 por metro lineal, mientras que para el diseño

con geomalla se tiene un costo unitario de s/. 341.05 por metro lineal, obteniendo un ahorro del 11.91% al aplicar la geomalla.

Recomendaciones

- Para el material que se empleara en el diseño, ya sea subbase granular y base granular se recomienda realizar los estudios que demanda el manual de carreteras a fin de demostrar que se encuentran cumpliendo los parámetros normados.
- Realizar la propuesta con geomallas con los métodos del Instituto del asfalto o el Método Shell.
- Se recomienda investigar un nuevo diseño donde la geomalla se encuentre en la interfaz de base granular y carpeta asfáltica, ya que ahí existe una mayor resistencia y el pavimento empieza a agrietarse.
- Considerar otro tipo de geomalla o geosintéticos como refuerzo del pavimento flexible para lograr reducir espesores.
- En caso de considerar un tramo experimental, tomar en cuenta que debería ser mayor a 20 m para así cuando se realice el ensayo de deflectometría no exista inconvenientes en los puntos que se deban leer.

Colaboradores

Para poder realizar la demostración de lo propuesto, en un tramo de prueba se acudió a la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE para poder obtener las autorizaciones respectivas.

Al ingeniero Cesar Tiparra, quien es el representante de la cantera Hitos – La Cría

Referencias

- [1] B. José Luis, U. Roberto, A. Julio y Q. Paulo, «BRECHA DE INFRAESTRUCTURA EN EL PERÚ,» Banco Interamericano de Desarrollo, Lima, 2019.
- [2] M. d. T. y. Comunicaciones, «Estadística - Infraestructura de Transportes - Infraestructura Vial,» Estadística del MTC, 25 10 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [3] C. G. d. l. República, «Nota de Prensa de La Contraloría General de la República,» 16 junio 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/500841-detectan-retrasos-y-deficiencias-en-construccion-de-carretera-la-costanera-2> . [Último acceso: 25 octubre 2021].
- [4] M. d. T. y. Comunicaciones, «Estudio definitivo para la culminación de la construcción de la autopista Pimentel - Chiclayo. Chiclayo,» Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011.
- [5] A. R. Fiorini García, «Aplicación de Geosintéticos en la Construcción de Carreteras.,» Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2007.
- [6] L. L. J. Manuel, «DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICANDO GEOMALLAS DE PROPILENO COMO SISTEMA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.,» Repositorio de UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, México D.F., 2013.
- [7] L. D. ALVAREZ CRUZ y W. N. BERMUDEZ MARIQUE, «ANÁLISIS COMPARATIVO DEL USO DE GEOMALLAS BIAXIALES COMO ELEMENTO DE REFUERZO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES,» UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA, GIRARDOT, 2020.
- [8] F. H. Velásquez Díaz, «ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DEL USO DE GEOTEXILES Y GEOMALLAS EN EL ACOMODO DE PARTICULAS DE UN SUELO ARENOSO DETERMINADA A TRAVES DE ENSAYOS GEOTECNICOS TRADICIONALES.,» UNIVERSIDAD ÁNDRE BELLO, Santiago , 2020.
- [9] E. C. Mirando Ramos, «DISEÑO DE UNA BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLA BIAXIAL; PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCION

DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRAMO TAYABAMBA - ONGON. PROVINCIA DE PATAZ. LA LIBERTAD,» REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO, TRUJILLO, 2019.

- [10] J. C. Perales Vergara y R. C. Arce Huamaní, «APLICACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES EN EL REFUERZO DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CÉSAR CANEVARO UBICADO EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE MORAFLORES, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA,» REPOSITORIO ACADÉMICO USMP, LIMA, 2022.
- [11] M. Á. GUZMAN RAMOS, «INFLUENCIA DE LOS GEOSINTÉTICOS EN EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE,» REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, HUNACAYO, 2018.
- [12] D. A. Villegas Silva, «Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en Urbanización el Ingeniero I, Chiclayo,» Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [13] L. R. Sosa Vargas, «Pavimento con geosintéticos para mejorar la resistencia en la capa estructural de la avenida Tréboles provincia y distrito de Chiclayo – Lambayeque,» Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [14] M. d. T. y. Comunicaciones, «Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos,» R. D. N°10 - 2014 - MTC/14, Lima, 2014.
- [15] AASHTO, «Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures R-50,» AASHTO, 2009.
- [16] D. d. I. G. PAVCO, «MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS,» Geosistemas PAVCO, Bogotá D. C., 2012.
- [17] E. Cruz Vargas, «Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres,» Repositorio de la UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO, Mexico D. F., 2013.
- [18] R. M. KOERNER, DESIGNING WITH GEOSYNTHETICS, NEW JERSEY : PEARSON, 2005.

- [19] C. H. H. Sandoval, «Leyes del comportamiento de la deflexión admisible en pavimentos flexibles,» *Facultad de Ingeniería*, vol. XVII, n° 25, p. 9, 2008.

Anexo N°8: Fotos del estudio de tráfico: conteo vehicular



Foto 27. Conteo vehicular del lunes
Fuente: Propia



Foto 28. Conteo vehicular del martes
Fuente: Propia



*Foto 29. Conteo vehicular del miércoles
Fuente: Propia*



*Foto 30. Conteo vehicular del jueves
Fuente: Propia*



*Foto 31. conteo vehicular del viernes
Fuente: Propia*



*Foto 32. Conteo vehicular del sábado
Fuente: Propia*



*Foto 33. conteo vehicular del domingo
Fuente: Propia*

Anexo N°9: Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje en promedio de los años 2010-2016 se trabajó con el siguiente:

N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000	
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.6605	1.0000	

Tabla 22. Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Y para los Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje en promedio de los años 2010-2016 se trabajó con el siguiente:

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.8032	0.7510	0.6242	1.0000	
39	MOCCE	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000	

Tabla 23. Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Para lo que es tasa de crecimiento se consideró los siguientes valores:

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa.	1.07%	Arequipa.	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	0.57%	Cajamarca.	1.29%
Callao	1.56%	Cusco.	4.43%
Cusco.	0.75%	Huancavelica.	2.33%
Huancavelica.	0.83%	Huánuco.	3.85%
Huánuco.	0.91%	Ica.	3.54%
Ica.	1.15%	Junín.	3.90%
Junín.	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque.	3.45%
Lambayeque.	0.97%		

Tabla 24. Tasa de crecimiento del parque automotor
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Anexo N° 10: Conteo semanal del tráfico vehicular en la zona de estudio

Resultados del conteo de tráfico:		Mes :Marzo				Año: 2022		
Tipo de Vehículo		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	Moto lineal	360	331	341	361	347	413	543
	Moto taxi	1596	1390	1400	1340	1524	1586	2340
	Moto carguera	129	138	149	153	108	121	152
	Automovil	231	215	198	204	179	225	422
	Station Wang	25	22	14	30	21	29	47
Camionetas	Pick up	76	54	74	77	109	81	85
	Panel	18	35	29	23	17	23	13
	Rural combi	5	5	10	7	28	20	35
Micro	Micro	4	2	10	3	2	3	2
Camión	Camión 2E	53	65	85	55	77	47	27
	Camión 3E	43	69	94	130	150	29	0
	Camión 4E	2	0	21	22	1	0	0
Semi Trayler	2S1/2S2	0	0	0	0	0	2	0
	2S3	0	0	0	0	0	0	0
	3S1/3S2	4	0	0	0	0	0	0
	>=3S3	2	2	2	2	2	0	0
Trayler	2T2	0	0	0	0	0	0	0
	2T3	0	0	0	0	0	0	0
	3T2	0	0	0	0	0	0	0
	>=3T3	0	0	0	0	2	0	0
TOTAL		2548	2328	2427	2407	2567	2579	3666

Tabla 25. Días de estudio de tráfico

Teniendo esos datos se pudo clasificar el tipo de tráfico actual de acuerdo con el tipo de vehículo que transita por la vía que se encuentra como

Tráfico actual por tipo de vehículos

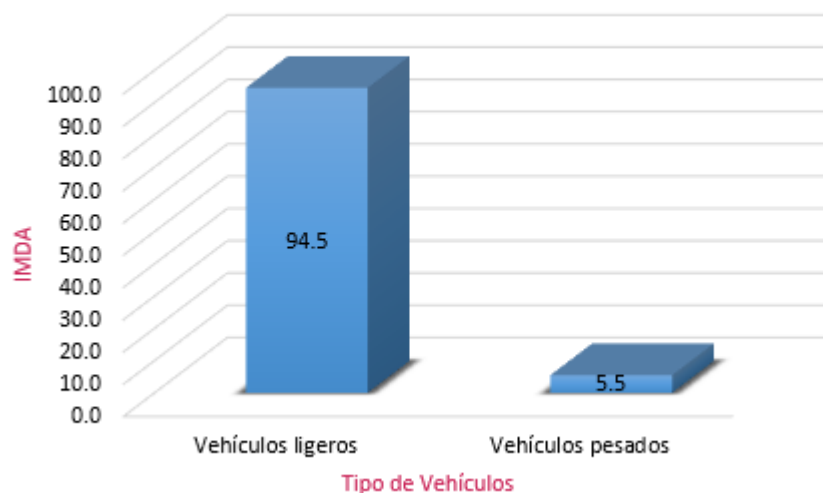


Ilustración 11. Porcentaje de vehículos según su tipo
Fuente: Propia

Anexo N° 11: Luego de identificar el tipo de vehículo se procede a realizar el cálculo de los factores equivalentes y para ello se consideró la siguiente tabla:

Carga Total por Eje o Conjunto de Ejes.		Factores de Equivalencia de Carga.		
Kn	lb	Eje Sencillo	Ejes dobles	Ejes Triples
4.45	1,000	0.00002		
8.9	2,000	0.00018		
17.8	4,000	0.00209	0.0003	
26.7	6,000	0.01043	0.001	0.0003
35.6	8,000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10,000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12,000	0.189	0.014	0.003
62.3	14,000	0.360	0.027	0.006
71.2	16,000	0.623	0.047	0.011
80.0	18,000	1.000	0.077	0.017
89.0	20,000	1.51	0.121	0.027
97.9	22,000	2.18	0.180	0.040
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109
133.4	30,000	6.97	0.658	0.145
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246
160.1	36,000	13.93	1.38	0.313
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487
187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
231.3	52,000		5.63	1.43
240.2	54,000		6.47	1.66
249.0	56,000		7.41	1.91
258.0	58,000		8.45	2.20
267.0	60,000		9.59	2.51
275.8	62,000		10.84	2.85
284.5	64,000		12.22	3.22
293.5	66,000		13.73	3.62
302.5	68,000		15.38	4.05
311.5	70,000		17.19	4.52
320.0	72,000		19.16	5.03
329.0	74,000		21.32	5.57
338.0	76,000		23.66	6.15
347.0	78,000		26.22	6.78
356.0	80,000		29.00	7.45
364.7	82,000		32.00	8.2
373.6	84,000		35.30	8.9
382.5	86,000		38.80	9.8
391.4	88,000		42.60	10.6
400.3	90,000		46.80	11.6

Tabla 26. Factores de equivalencia de carga para diferentes configuraciones de sus ejes y carga
Fuente: MTC

Anexo N° 12: Diseño de pavimento flexible por el método AASTHO 93

✓ Confiabilidad:

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,000	95%

Tabla 27. Niveles de confiabilidad en base a los ejes equivalentes
Fuente: Manual de Carreteras 2013

✓ Desviación estándar combinada (So)

De acuerdo con M.C: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos es 0.45

✓ Índice de serviciabilidad Inicial

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TP15		>30'000,000	4.20

Tabla 28. Índice de serviciabilidad inicial en base a los ejes equivalentes
Fuente: Manual de Carreteras 2013

✓ Índice de servicialidad Final

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15		>30'000,000	3.00

Tabla 29. Índice de serviciabilidad final en base a los ejes equivalentes
Fuente: Manual de Carreteras 2013

✓ CBR

➤ CBR en Subbase Granular

El manual de Carreteras nos presenta un valor mínimo de 40% pero en este proyecto este CBR a sido hallado en laboratorio siendo un valor de 68.6%

➤ CBR en Base Granular

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$)	Mínimo 100%

Ilustración 12. CBR de acuerdo con el tipo de carreteras
Fuente: Manual de Carreteras 2013

Pero en el diseño con el que se trabajó se empleó el valor hallado en laboratorio que fue de 111.5%

✓ Calidad del drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Tabla 30. Calidad de drenaje
Fuente: Manual de Carreteras 2013

✓ Coeficientes de drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 31. Coeficientes de drenaje
Fuente: Manual de Carreteras 2013

✓ Módulo resiliente de la subrasante

$$MR = 2555 * ESAL^{0.64}$$

✓ Coeficientes estructurales de las capas de pavimentos

➤ Coeficiente Estructural de Capa de Concreto Asfáltico

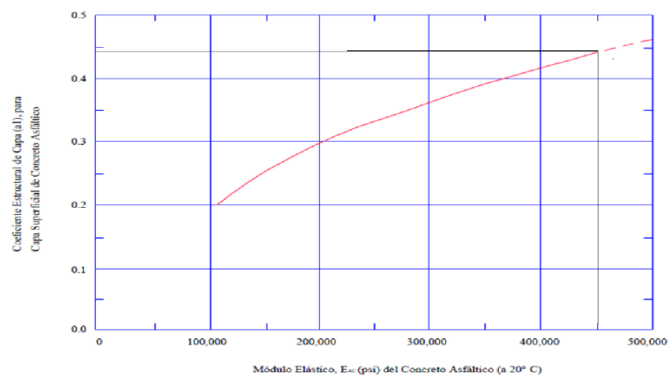


Fig. 2.5 Carta para la Estimación del Coeficiente Estructural de Capa de Concreto Asfáltico de Gradación Densa Basada en el Módulo Elástico (Resiliente) (3)

Ilustración 13. Coeficiente Estructural de Capa de Concreto Asfáltico
Fuente: Metodología AASTHO 93

➤ Coeficiente Estructural de Capa Base

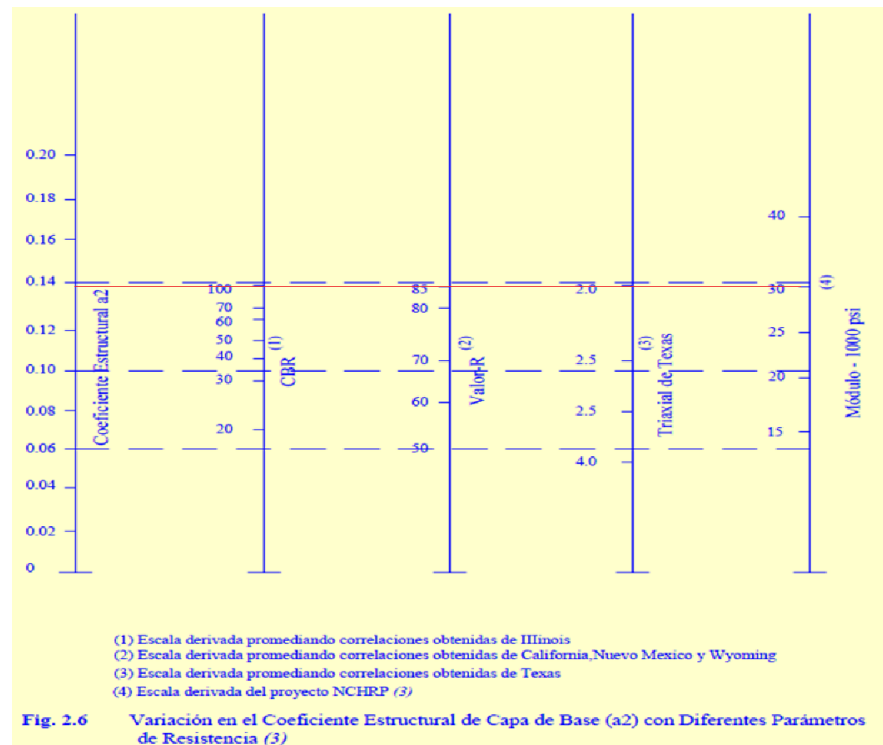


Ilustración 14. Coeficiente Estructural de Capa Base
 Fuente: Metodología AASTHO 93

➤ Coeficiente Estructural de Capa Subbase Granular

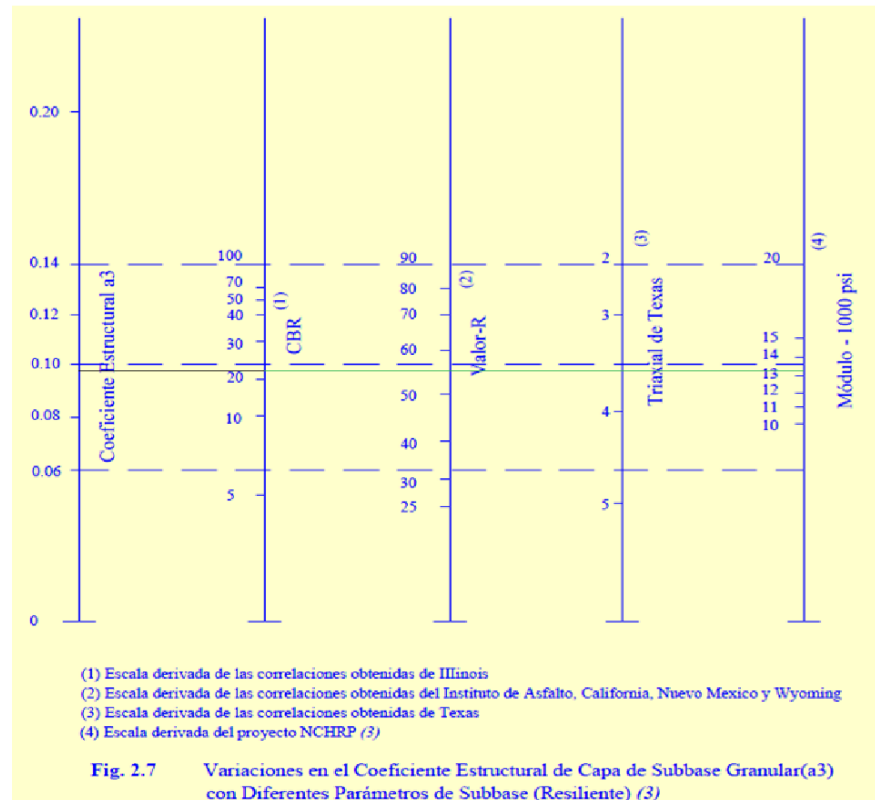


Ilustración 15. Coeficiente Estructural de Capa Subbase Granular
 Fuente: Metodología AASTHO 93

✓ Determinación del SN o Número Estructural

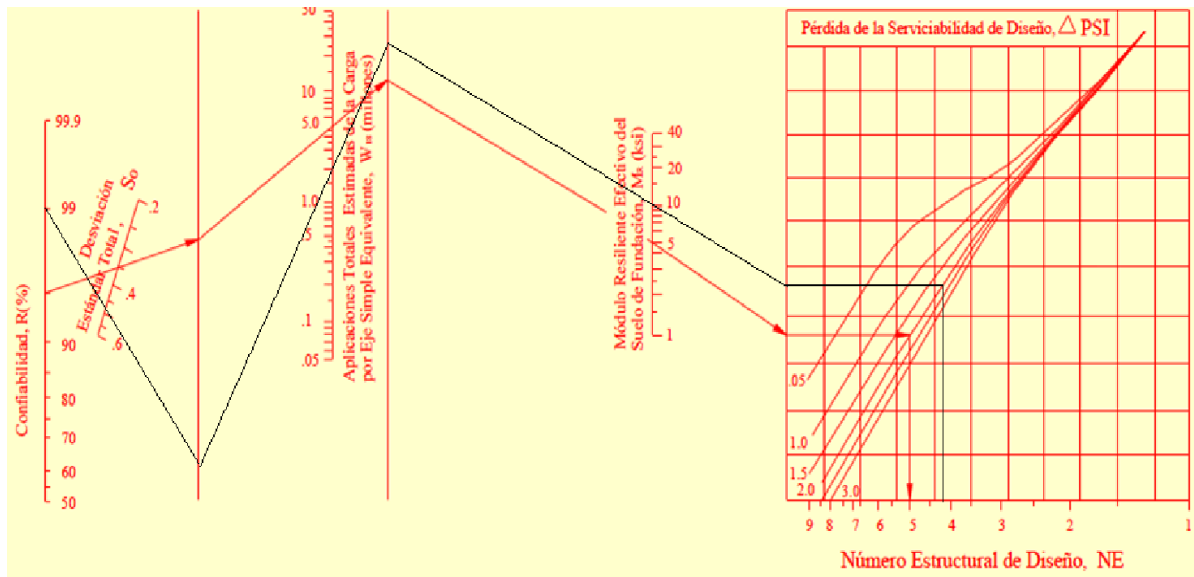


Fig. 3.1 Carta de Diseño para Pavimentos Flexibles, Basada en el Uso de Valores Medios para cada Ingreso de datos

Ilustración 16. Monograma para determinar el Número Estructural
 Fuente: Metodología AASTHO 93

Otra herramienta más precisa para hallar el Número Estructural es la aplicación de la Ecuación AASTHO 93.

Ecuación AASTHO 93

Pavimento flexible Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So):
 Reliability (R) [dropdown] So [input]

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial [input] PSI final [input]

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr [input] psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) [input] Coeficiente de transmisión de carga - (J) [input]
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) [input] Coeficiente de drenaje - (Cd) [input]

Tipo de Análisis:
 Calcular SN **W18 =** [input]
 Calcular W18

Número Estructural:
SN = [input]

Ilustración 17. Aplicación para determinar el Número Estructural
 Fuente: Metodología AASTHO 93

- Diseño del pavimento flexible Convencional

I. DATOS PROPORCIONADOS

Apellido(s)	Nombre	Trafico	EMS	Medio ambiente			C°A°(psi)
		EE x10^6	CBR% subrasante	Drenaje	exposicion %	T°	
DE LA CRUZ VELASQUEZ	RICARDINA ABIGAUD	4	7	Malo	20	20	450000

II. DATOS COMPLEMENTARIOS

2.1. PERIODO DE DISEÑO

El Periodo de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

10	años
20	años

W18= 4000000

2.2. CONFIABILIDAD (R)

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o20 años) según rango de tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15	>30'000,000		95%

= 85

2.3. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA (So)

Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la prediccion del transito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La Guia AASHTO recomienda adoptar valores comprendidos entre 0.40 y 0.50

M.C: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos = 0.45

2.4. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)

2.4.1. Serviabilidad Inicial (Po)

Índice de Serviabilidad Inicial (Po)
Según rango de Trafico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	3.80
	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00

= 4

2.4.2. Serviabilidad Final o Terminal (Pt)

Índice de Serviabilidad Final (Pt) Según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	2.00
	T _{P2}	300,001	500,000	2.00
	T _{P3}	500,001	750,000	2.00
	T _{P4}	750,001	1,000,000	2.00
	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50

= 2.5

2.4.3. Variación de Serviabilidad (Δ PSI)

$$\Delta\text{PSI} = 1.5$$

2.5. CBR

2.5.1. CBR en Subbase Granular

$$\begin{aligned} \text{Mínimo} &= 40 \% \\ \text{Valor} &= 68.6 \end{aligned}$$

2.5.2. CBR en Base Granular

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Minimo 80%	= 111.5
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas, o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$	Minimo 100%	

2.6. CALIDAD DEL DRENAJE

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA	= MALO
Excelente	2 horas	
Bueno	1 día	
Mediano	1 semana	
Malo	1 mes	
Muy malo	El agua no evacua	

2.7. COEFICIENTES DE DRENAJE (mi)

III. DESARROLLO

3.1. MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE

$$MR(\text{lb/pulg}^2) = 8876.74$$

Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20	= 0.7
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00	
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80	
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60	
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40	

3.2. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (ai)

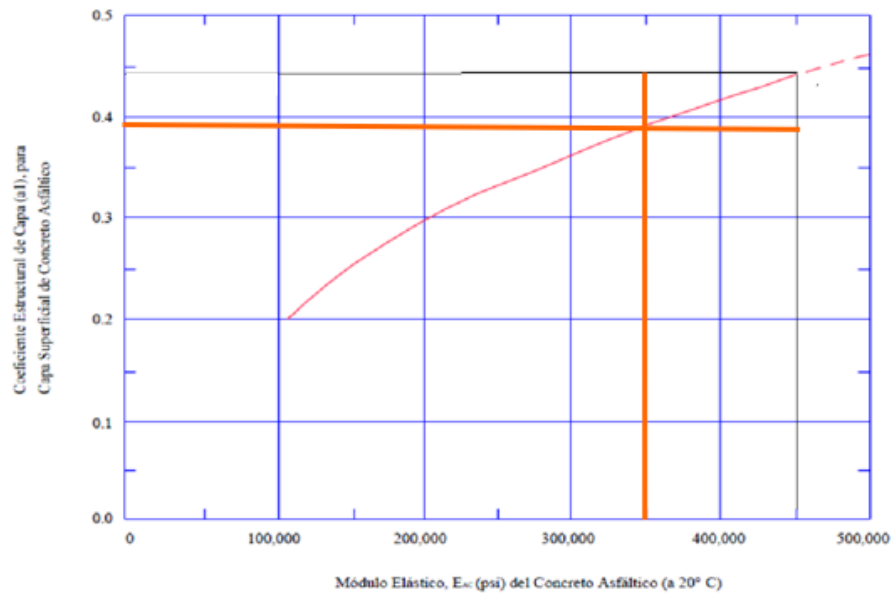
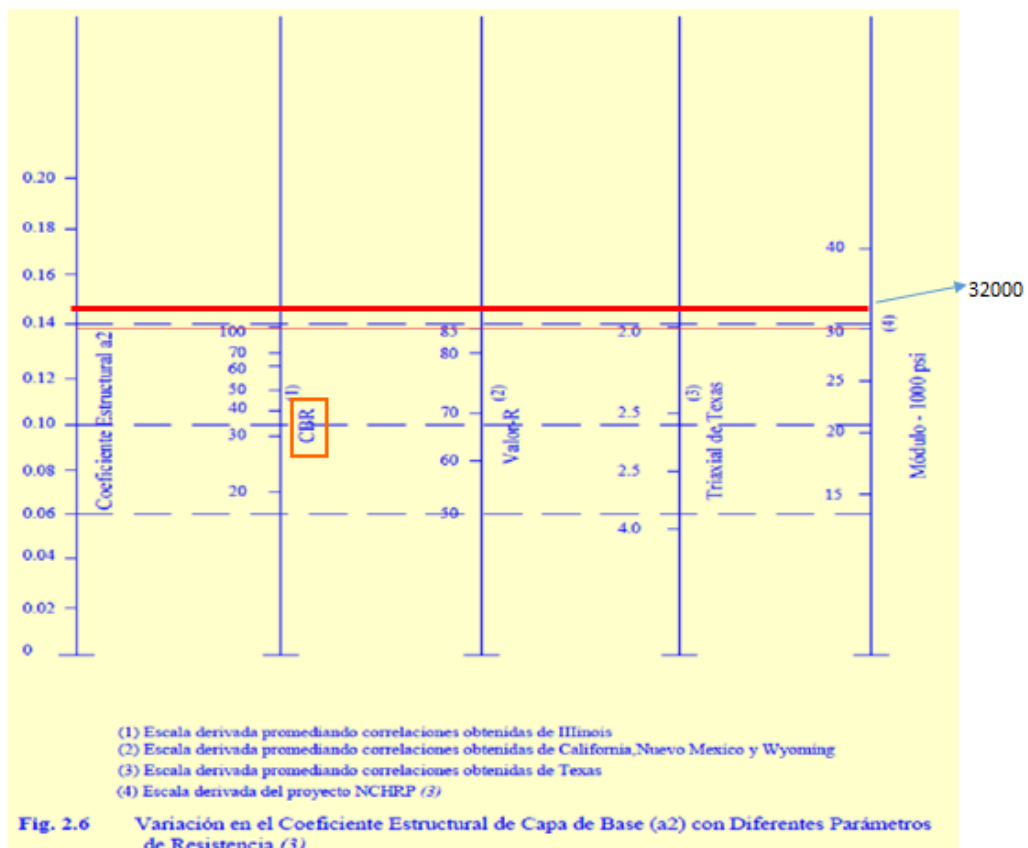


Fig. 2.5 Carta para la Estimación del Coeficiente Estructural de Capa de Concreto Asfáltico de Gradación Densa Basada en el Módulo Elástico (Resiliente) (3)

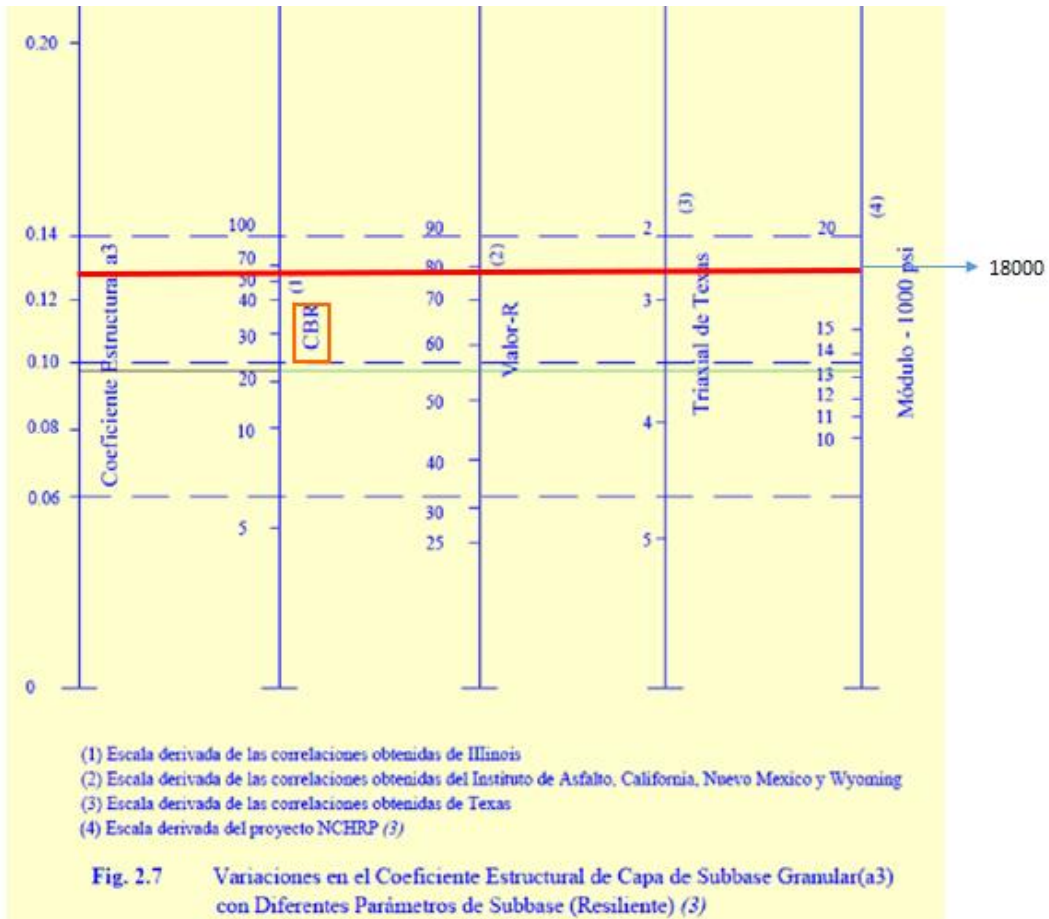
a1= 0.39



- (1) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas de Illinois
- (2) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming
- (3) Escala derivada promediando correlaciones obtenidas de Texas
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

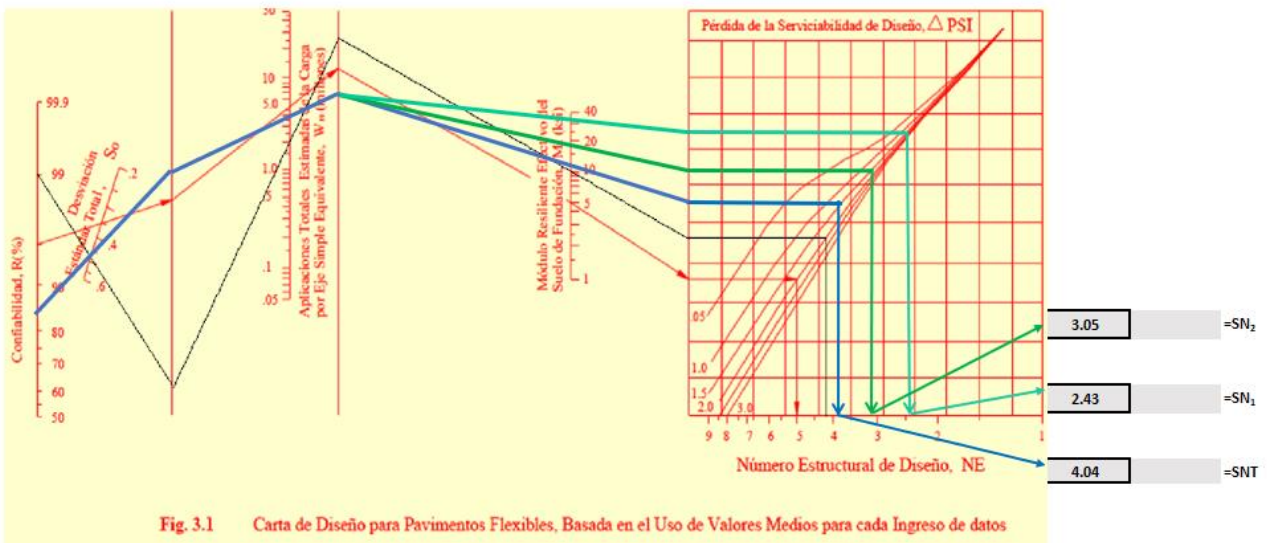
Fig. 2.6 Variación en el Coeficiente Estructural de Capa de Base (a2) con Diferentes Parámetros de Resistencia (3)

a2= 0.15



a3= **0.13**

3.3. DETERMINACIÓN DEL SN O "NÚMERO ESTRUCTURAL"



Corroboración de los Números Estructurales con la aplicación de la ECUACIÓN AASTHO 93:

Ecuación AASTHO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % $Z_r = -1.037$ So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 18000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =** 4000000 Calcular W18

Número Estructural
SN = 3.05

Calcular Salir

Ecuación AASTHO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % $Z_r = -1.037$ So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 32000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =** 4000000 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.43

Calcular Salir

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % Zr=-1.037 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 8876.74 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - [Cd]

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 4000000**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 4.04

3.4. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR NECESARIO DE CONCRETO ASFALTICO

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_t}$$

$$SN_1^* = a_1 * D_1 \text{ corregido}$$

Variables	Valor	Unidades
SN1=	2.43	
a1=	0.39	pulg
d1=	6.23	pulg
d1=	6.50	
SN1'=	2.54	

3.5. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR NECESARIO DE LA BASE GRANULAR

$$d_2 = \frac{SN_2 - SN_1'}{a_2 * m_2}$$

$$SN_2 = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2$$

Variables	Valor	Unidades
SN2=	3.05	
a2=	0.15	
m2	0.70	
d2=	4.90	pulg
d2=	5.00	pulg
SN2'=	3.06	

IV. RESULTADOS

Diseño del Pavimento

La estructura del Pavimento quedaría de la siguiente forma:

→ Concreto Asfáltico:	6.50	pulg	2.54	16.51
→ Base Granular:	5.00	pulg		12.7
→ Sub base Granular:	12.00	pulg		30.48
				59.69 cm

3.6. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR NECESARIO DE LA SUBBASE GRANULAR

$$d_3 = \frac{SNT - SN2'}{a_3 * m_3}$$

$$SN_T = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Variables	Valor	Unidades
SNT=	4.04	
a3=	0.13	
m3	0.70	
d3=	10.77	pulg
d3=	12.00	pulg
SNT'=	4.15	

Recalculamos en función al Número Estructural hallado:

V. RECALCULANDO EN FUNCION AL NUMERO ESTRUCTURAL HALLADO

$$SN_T = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

	d1	d2	d3
	2.76	13	20
	7.01cm	33.02cm	50.80cm
Redondeo=	7.00cm	35.00cm	50.00cm
	Capa superficial	base	subbase
	SNR (Requerido)=	4.15	
	SNR (resultado)=	4.2614	

- Diseño del pavimento flexible con la geomalla

Aplicación de la geomalla en la base granular

IV. RESULTADOS

Diseño del Pavimento

La estructura del Pavimento quedaría de la siguiente forma:

→ Concreto Asfáltico:	5.50	pulg	2.54	13.97
→ Base Granular:	7.00	pulg		17.78
→ Sub base Granular:	12.00	pulg		30.48
				62.23 cm

Recalculamos en función al Número Estructural hallado:

V. RECALCULANDO EN FUNCION AL NUMERO ESTRUCTURAL HALLADO

$$SN_T = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

d1	d2	d3
2.76	10	20
7.01cm	25.40cm	50.80cm
7.00cm	25.00cm	50.00cm
Capa superficial	base	subbase

SNR (Requerido)= 4.17
 SNR (resultado)= 4.2264

Aplicación de la geomalla en la subrasante

IV. RESULTADOS

Diseño del Pavimento

La estructura del Pavimento quedaría de la siguiente forma:

→ Concreto Asfáltico:	6.50	pulg	2.54	16.51
→ Base Granular:	5.00	pulg		12.7
→ Sub base Granular:	3.00	pulg		7.62
				36.83 cm

Recalculamos en función al Número Estructural hallado:

V. RECALCULANDO EN FUNCION AL NUMERO ESTRUCTURAL HALLADO

$$SN_T = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

d1 (pulg.)	d2 (pulg.)	d3 (pulg.)
2.76	8	15
7.01cm	20.32cm	38.10cm
7.00cm	20.00cm	40.00cm
Capa superficial	base	subbase

SNR (Requerido)= 3.23
 SNR (resultado)= 3.2814

Anexo N°13: Ejecución del tramo experimental

La ejecución de esta obra que incluye este proyecto se realizó en 3 días: 03, 04 y 05 de junio del presente año. El primer día que es el 03 de junio se realizó la excavación que era remover el pavimento existente (en pésimas condiciones), se colocó el material de subbase granular traído de la cantera Hitos ubicada en el Sector La Cría.



*Foto 34. Tramo por ejecutar
Fuente: Propia*



*Foto 35. Inicio de obra
Fuente: Propia*



*Foto 36. Empieza la excavación
Fuente: Propia*



*Foto 37. Tramo por ejecutar
Fuente: Propia*



Foto 38. Empieza la excavación
Fuente: Propia



Foto 39. Empieza la excavación
Fuente: Propia



Foto 40. Remoción de pavimento existente

Fuente: Propia

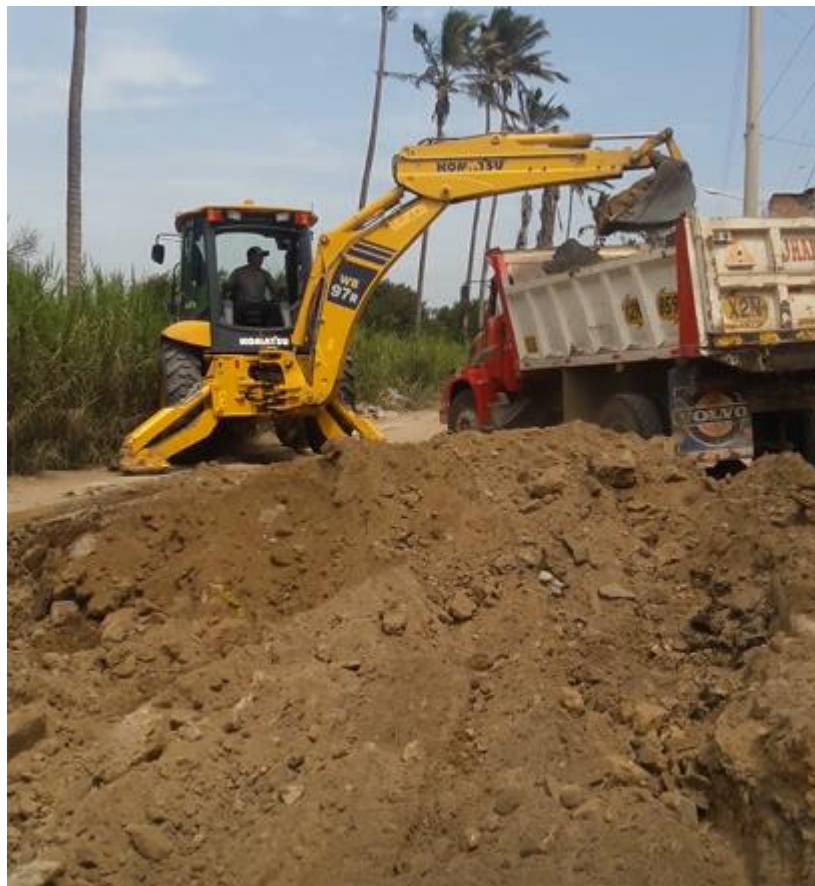


Foto 41. Eliminación de Material del pavimento antiguo

Fuente: Propia



*Foto 42. Eliminación de Material del pavimento antiguo de la parte final
Fuente: Propia*



*Foto 43. Material para subbase traído de la cantera Hitos
Fuente: Propia*



*Foto 44. Humedece el material de subbase
Fuente: Propia*



*Foto 45. Material para subbase traído de la cantera Hitos
Fuente: Propia*



*Foto 46. Motoniveladora uniformiza el material buscando la humedad óptima
Fuente: Propia*



*Foto 47. Corte de geomalla biaxial extruida
Fuente: Propia*



Foto 48. Geomalla biaxial extruida
Fuente: Propia



Foto 49. Nivel de subrasante
Fuente: Propia



*Foto 50. Motoniveladora prepara el suelo para que ingrese el rodillo liso
Fuente: Propia*



*Foto 51. Compactación con rodillo liso
Fuente: Propia*



Foto 52. Colocación de la geomalla biaxial en la subrasante
Fuente: Propia



Foto 53. Compactación con rodillo liso
Fuente: Propia



Foto 54. Colocación in situ de la geomalla biaxial
Fuente: Propia



Foto 55. Geomalla biaxial in situ
Fuente: Propia



Foto 56. Colocación in situ de la geomalla biaxial
Fuente: Propia



*Foto 57. Geomalla biaxial queda entre la interfaz de la subrasante y subbase
Fuente: Propia*



*Foto 58. Motoniveladora compacta la subbase
Fuente: Propia*



*Foto 59. Rodillo liso ingresa a compactar la subrasante
Fuente: Propia*



Foto 60. Compactación de los 10m sin geomalla

Fuente: Propia



Foto 61. Ejecución del tramo experimental

Fuente: Propia



Foto 62. Corroboración de espesor para el pavimento con geomalla
Fuente: Propia



Foto 63. Corroboración de espesor para el pavimento sin geomalla
Fuente: Propia

El segundo día que es el 04 de junio se realizó la colocación del material de base granular traído de la cantera Hitos ubicada en el Sector La Cría, en este caso tal como se realizó los estudios de laboratorio y que resulto agregarle un 30% de piedra de $\frac{1}{2}$ para aumentar el CBR, entonces aquí en campo también se realiza lo mismo.

Por otro lado, al finalizar y quedar lista la subbase se procede a realizar el ensayo de densidad de campo para así corroborar que todo este marchando de la mejor manera y no tener problemas más adelante.



Foto 64. Empezamos el segundo día de ejecución de obra

Fuente: Propia



Foto 65. Piedra de $\frac{1}{2}$ de cantera Tres Tomas más el material de subbase de cantera Hitos

Fuente: Propia



*Foto 66. Material de cantera Hitos humedecido
Fuente: Propia*



*Foto 67. Obtención del material para base granular
Fuente: Propia*



*Foto 68. Material para base granular listo para ser esparcido
Fuente: Propia*



*Foto 69. Subbase lista para colocar la base granular
Fuente: Propia*



*Foto 70. Colocación de la base granular
Fuente: Propia*



*Foto 71. Agregado de base granular esparcido
Fuente: Propia*



*Foto 72. Agregado de base granular esparcido
Fuente: Propia*



*Foto 73. Compactación con rodillo liso
Fuente: Propia*



Foto 74. Nivel colocado para realizar la plantilla
Fuente: Propia



Foto 75. Colocación de plantilla al extremo derecho de la vía
Fuente: Propia



Foto 76. Colocación al extremo izquierdo de la vía
Fuente: Propia



*Foto 77. Corte de acuerdo con la plantilla
Fuente: Propia*



*Foto 78. señalización de la plantilla
Fuente: Propia*



*Foto 79. Rodillo liso
Fuente: Propia*



Foto 80. Base granular lista
Fuente: Propia



Foto 81. Base granular terminada
Fuente: Propia



Foto 82. Espesor restante para la carpeta asfáltica
Fuente: Propia



Foto 83. Ensayo Densidad de Campo
Fuente: Propia

El tercer día que es el 05 de junio se realizó la colocación de la carpeta asfáltica, cuyo espesor es de 7 cm sin esponjamiento.



*Foto 84. Aplicación de Imprimación asfáltica MC-30
Fuente: Propia*



*Foto 85. Tiempo de reposo para que seque la imprimación
Fuente: Propia*



Foto 86. Sellador de la carpeta asfáltica
Fuente: Propia



Foto 87. Inicio de la colocación de la carpeta asfáltica
Fuente: Propia



Foto 88. Vaciado del asfalto a la asphaltadora
Fuente: Propia



Foto 89. Esparcido manual del asfalto
Fuente: Propia



Foto 90. Medida del espesor de la carpeta asfáltica
Fuente: Propia



Foto 91. Esparcido del asfalto
Fuente: Propia



Foto 92. Compactación de carpeta asfáltica
Fuente: Propia



Foto 93. Espolvoramiento de arena
Fuente: Propia



Foto 94. Sellado final con el rodillo neumático
Fuente: Propia



Foto 95. Fin de la obra
Fuente: Propia



*Foto 96. Antes de la obra
Fuente: Propia*



*Foto 97. Después de la obra
Fuente: Propia*

Anexo 14: Ensayos de laboratorio:

Ensayos a la muestra 01:

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail
 PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022
 FECHA EMISION: lunes, 25 de Abril de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.
 (NORMA: MTCE-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural CALICATA: C-1 MUESTRA: M-1 PROFUNDIDAD 0.20-1.70 m
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno FECHA DEL ENSAYO: 08/04/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DISTRIBUCION GRANULOMÉTRICA		
	(PULG)	(mm)					TOTAL		100 %
	3"	75.000							
2 1/2"	63.000		0.0	0.0	0.0	100.0	% GRAVA	GRAVA GRUESA	00 %
2"	50.000		0.0	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	37.500		0.0	0.0	0.0	100.0			
1"	25.000		0.0	0.0	0.0	100.0			
3/4"	19.000		0.0	0.0	0.0	100.0			
1/2"	12.500		0.0	0.0	0.0	100.0			
3/8"	9.500		0.0	0.0	0.0	100.0	GRAVA FINA	00 %	
1/4"	6.300		0.0	0.0	0.0	100.0			
NR04	4.750		0.0	0.0	0.0	100.0	% FINO	ARENA GRUESA	47 %
NR08	2.360		0.0	0.0	0.0	100.0			
NR10	2.000	0.2	0.0	0.0	0.0	100.0			
NR16	1.190	0.0	0.0	0.1	99.9				
NR20	0.850	1.0	0.3	0.3	99.7				
NR30	0.600	0.0	0.0	0.3	99.7				
NR40	0.425	1.4	0.3	0.6	99.4				
NR50	0.300	1.4	0.3	1.0	99.0				
NR80	0.177	73.0	18.0	19.0	81.0				
NR100	0.150	38.2	9.4	28.5	71.5				
NR200	0.075	74.3	18.4	46.8	53.2				
< NR200	FONDO	215.1	53.2	100.0	0.0		% LIMO - ARCILLA	53 %	53 %

CURVA GRANULOMÉTRICA

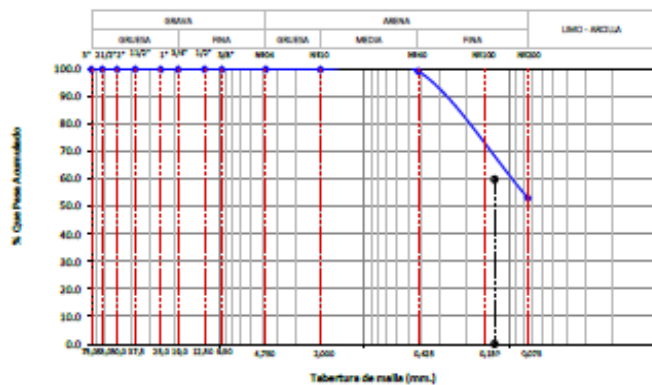
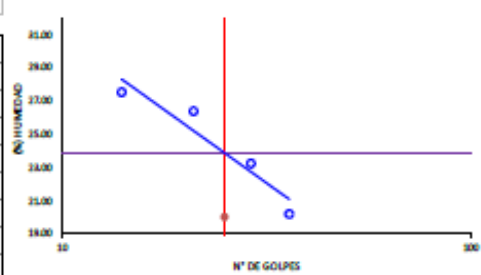


DIAGRAMA DE FLUIDEZ



ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG:	
Límite Líquido (L.L.)	: 24 %
Límite Plástico (L.P.)	: 13 %
Índice de Plasticidad (I.P.)	: 11 %
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	: 24 %

Índice de consistencia	0.02
Tipo de suelo por su consistencia	Muy Blando
Potencial de Expansión	Bajo
Bajo	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla arenosa de baja plasticidad
SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO	A-6(4) Malo
SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS	CL

INSCEACH
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

JORGE ARDAL COMAPARCA DÍAZ
 JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL MIGUEL MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP: N° 147898

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 02

SOLICITANTE: : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail

PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISION: lunes, 25 de Abril de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

N 200= 53.2
N 4= 46.8LL= 24
LP= 11Cu = 12676.31
Cc = 0.00

CLASIFICACION SUCS: CL

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	Cu > 4 1 < Cc < 3	
		Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A o Ip > 7	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A o Ip > 7	
Suelos de grano fino (mas del 50% del material para el tamiz No 200)	limos y arcillas (Limite liquido wL<50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12% - GM, GC, SM, SC De 5 a 12% - casos frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	limos y arcillas (Limite liquido wL>50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomeos, suelos elásticos.			
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba o otros suelos altamente orgánicos			

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de Terreno Natural
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 03

SOLICITANTE: : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail

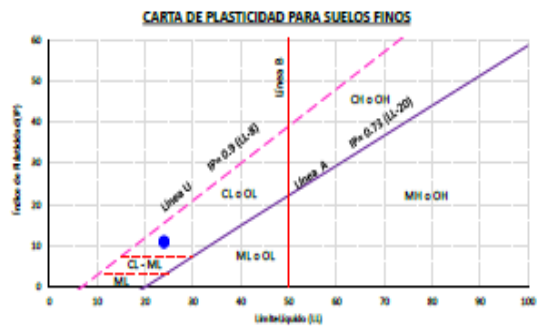
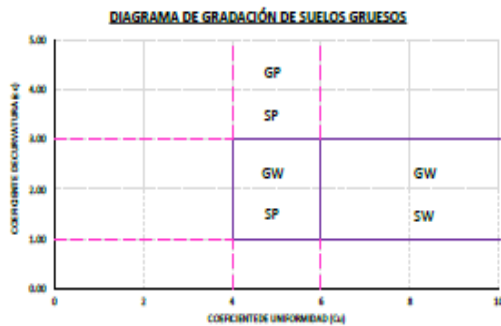
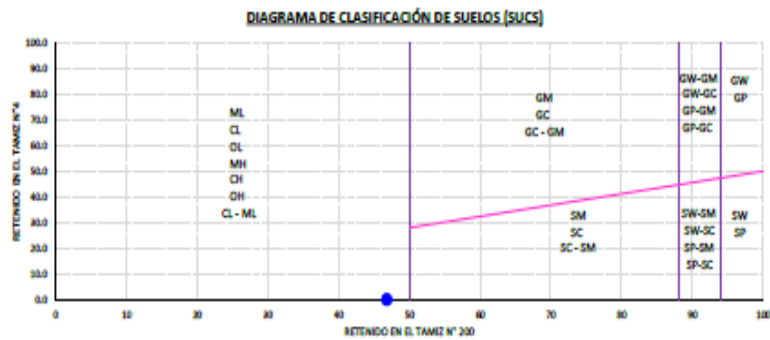
PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISION: lunes, 25 de Abril de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS



CLASIFICACIÓN SUCS: OL Arcilla arenosa de baja plasticidad

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de Terreno Natural
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán en el terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5.- SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

LMSCEACH
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 JOSE ANTONIO TOMAPARCA BASTA
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL MARCELO MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 147898

INFORME DE ENSAYO

Pág: 01 de 04

SOLICITANTE: : De La Cruz Velásquez Ricardina Abigail

PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISIÓN: lunes, 25 de Abril de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO

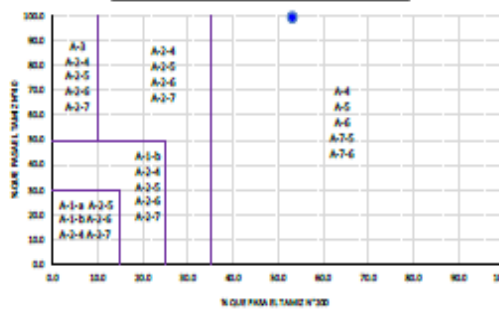
CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)								MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 35% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6		
Porcentaje de material que pasa el tamiz														
No 10	100.0	50 max	51 min					36 min						
No 40	99.4	30 max	10 max					36 min						
No 200	53.2	15 max	25 max					36 min						
Características de la fracción que pasa el tamiz No 40														
Límite líquido	34	6 max	6 max	N.P.	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min	
Índice plástico	11	6 max	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min	
Índice de Grupo	3	0	0	0	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max	20 max				

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

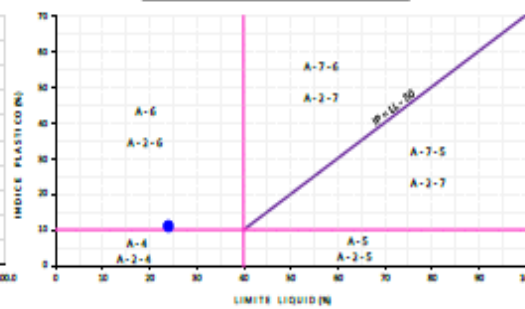
a =	39.0
b =	39.0
c =	1.0
d =	1.0

IG = 4

DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO



RANGOS PARA MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS



CLASIFICACIÓN AASHTO: A-6(4) Malo

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizada a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de Terreno Natural.
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y FUNDACIONES - Norma E.020)

IMSCEACH
INGENIERIA DE SUELOS Y FUNDACIONES

JOSUE ARNAL POMAPARCA BANTA
TITULO DE SUELOS Y FUNDACIONES

DESIGNER MARUEL MORALES MILLONES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: N° 147898

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

SOLICITANTE: : De La Cruz Velazquez Ficarolina Abigail
 ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021.

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISIÓN: lunes, 11 de Abril de 2022

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m³ (56000 pie-lb/pie³)).

NORMA: MTC E 115 / NTP 339.143 / ASTM D 1557

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: C-1

CALICATA: C-1

MUESTRA: M-1

Ubicación

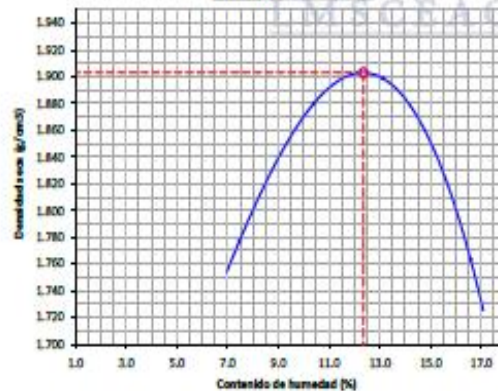
AV. VENEZUELA CORA 88

PRESENTACIÓN: bolsa de polietileno

FECHA DEL ENSAYO: 05/04/2022

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B ó C) EMPLEADO.				
Peso del suelo + molde (g)	5620	5778	5847	5759	TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ACMA	% Q. PASA
Peso del molde (g)	3802	3802	3802	3802	2"				
Peso del suelo húmedo compactado (g)	1818	1976	2045	1957	3/4"				
Volumen del molde (cm ³)	952	952	952	952	3/8"				
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	1.910	2.076	2.148	2.056	Nº04				
CONTENIDO DE HUMEDAD					1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo + tara (g)	215.5	215.5	273.9	247.9	PESO: g				
Peso del suelo seco + tara (g)	204.0	200.0	251.0	224.0	MÉTODO DE COMPACTACIÓN : "A"				
Peso de tara (g)	50.5	50.5	76.6	79.9	MOLDE UTILIZADO (puig) : 4				
Peso de agua (g)	11.46	15.55	22.9	23.9	NÚMERO DE GOLPES : 25				
Peso de suelo seco (g)	153.51	149.45	174.4	144.1	NÚMERO DE CAPAS : 5				
Contenido de agua (%)	7.5	10.4	13.1	16.6	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO : Húmedo				
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	1.777	1.880	1.899	1.763	DESCRIPCIÓN DEL PEÓN UTILIZADO : Manual				

GRÁFICO DEL PROCTOR



CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 2488 - NTP 339.134)

CLASIFICACIÓN:

AASHTO:

SUCS:

DESCRIPCIÓN:

DENSIDAD MÁXIMA SECA : 1.903 g/cm³
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.36 %

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizada a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.
 JORGE ORRAL TOMAPARCA BARRA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL SORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. Nº 147898



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 02

SOLICITANTE: : De La Cruz Velazquez Ricardo Abigail
ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISION: lunes, 11 de Abril de 2022

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.

NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: C-1 CALICATA: C-1 MUESTRA: M-1 Ubicación: AV. VENEZUELA CSRA 35
 PRESENTACIÓN: Bolsa de polietileno FECHA DEL ENSAYO: 05/04/2022

DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN												
Nº Molde	4		5		6										
Nº Capa	5		5		5										
Nº Golpes por capa	55		26		12										
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado									
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13026	13182	12565	12837	12258	12528									
Peso de molde (g)	8473	8473	8281	8281	8029	8029									
Peso del suelo húmedo (g)	4553	4709	4284	4556	4209	4499									
Volumen del molde (cm ³)	2119	2119	2115	2115	2144	2144									
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.149	2.222	2.026	2.154	1.963	2.098									
Densidad seca (g/cm ³)	1.934	1.934	1.820	1.820	1.779	1.779									
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD												
Nº Tara	-		-		-										
Tara + Suelo húmedo (g)	155.0	4709.0	159.0	4556.0	170.0	4499.0									
Tara + Suelo seco (g)	143.0	4553.0	146.0	4284.0	158.0	4209.0									
Peso del Agua (g)	12	156	13	272	12	290									
Peso del tara (g)	35.0	0.0	31.0	0.0	42.0	0.0									
Peso del suelo seco (g)	108.0	4097.7	115.0	3848.9	116.0	3814.4									
Porcentaje de humedad (%)	11.1	14.9	11.3	18.4	10.3	17.9									
			EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN								
			DIAL	EXPANSIÓN Pulg. %	DIAL	EXPANSIÓN Pulg. %	DIAL	EXPANSIÓN Pulg. %							
10/04/2022	11.3	0	0.0	0.000 0	0.0	0.000 0	0.0	0.000 0							
11/04/2022	11.3	24	9.0	0.009 0.012	12.0	0.012 0.014	14.0	0.014 0.014							
12/04/2022	11.3	48	25.0	0.025 0.027	26.0	0.026 0.027	27.0	0.027 0.027							
13/04/2022	11.3	72	30.0	0.030 0.034	29.0	0.029 0.034	34.0	0.034 0.034							
14/04/2022	11.3	96	34.0	0.034 0.036	34.0	0.034 0.036	36.0	0.036 0.036							
			11.66	total 0.21	11.61	total 0.22	11.63	total 0.23							
TIEMPO	PENETRACIÓN		PENETRACIÓN												
	Mm.	Pulg.	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 5			MOLDE Nº 6					
				CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%			
0'00"	0.000	0.000	0	0		0	0		0	0					
0'30"	0.640	0.025	20	20		18	18		19	19					
1'00"	1.270	0.050	49	49		26	26		36	36					
1'30"	1.910	0.075	98	98		42	42		69	69					
2'00"	2.540	0.100	70.31	125	125	6.4	9.8	96	96	5.2	7.4	76	76	4.3	6.1
2'30"	3.170	0.125		145	145			126	126			98	98		
3'00"	3.810	0.150		190	190			142	142			112	112		
4'00"	5.080	0.200	105.46	245	245	12.5	11.8	215	215	10.5	9.9	142	142	7.0	6.6
6'00"	7.620	0.300		345	345			275	275			165	165		
8'00"	10.160	0.400		425	425			369	369			190	190		
10'00"	12.700	0.500		561	561			412	412			210	210		

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5.- SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)


LMSCEACH
 LABORATORIO MUNICIPAL DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 MUNICIPIO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 JORGE PERAZA TORREALBA
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. Nº. 147888


RESGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.I.P. Nº. 147888



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 02 de 02

SOLICITANTE: : De La Cruz Velazquez Ricardina Abigail
ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
FECHA RECEPCIÓN: : Lunes, 11 de Abril de 2022

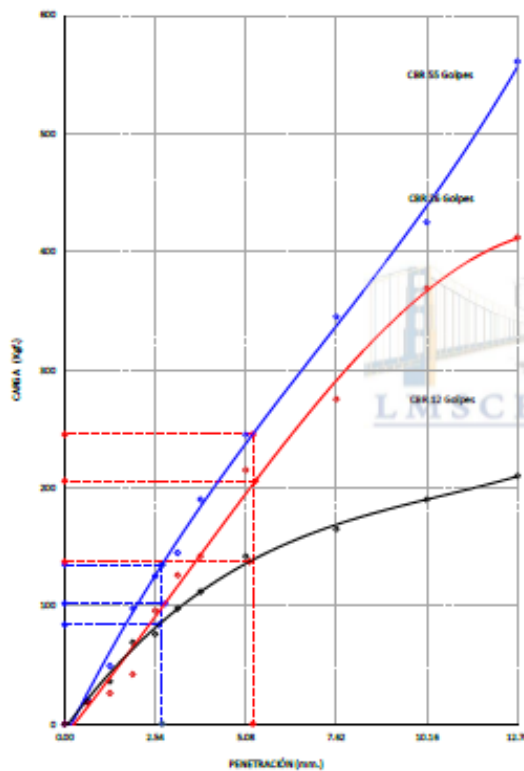
CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-99

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: C-1
PRESENTACIÓN: Bolsa de polietileno

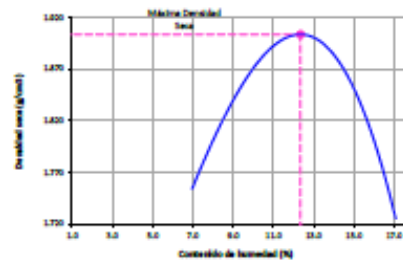
FECHA DEL ENSAYO: 05/04/2022

GRAFICO CARGA vs PENETRACION



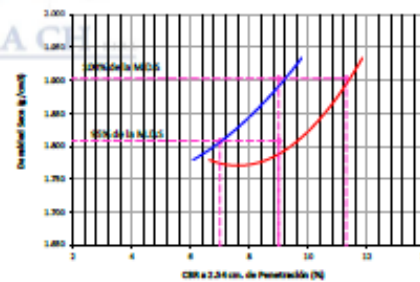
CARGA STAND.	kg/cm ²	PENETRACION		55 GOLPES CORRECCION		26 GOLPES CORRECCION		12 GOLPES CORRECCION	
		mm.	mm/g	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
30.31	2.54	0.1	6.4	9.8	5.2	7.4	4.3	6.1	
105.46	5.08	0.2	12.5	11.8	10.5	9.9	7.0	6.6	

GRAFICO DEL PROCTOR



Valor del Proctor:	
Método de compactación	: "A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA	: 1.908 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 11.36 %

GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.



Número de Golpe	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm.	5.08 cm.
55	1.934 g/cm ³	9.8 %	11.8 %
26	1.820 g/cm ³	7.4 %	9.9 %
12	1.779 g/cm ³	6.1 %	6.6 %

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS.

Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.2"
	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	9.0 %	11.3 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	7.0 %	9.0 %
Condiciones del Ensayo:	Saturado	

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1
- 4.- Los resultados e Investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y OBRAS DE CONSTRUCCION - Norma E.050)

[Signature]
LMSCEACH
 LABORATORIO MUNICIPAL DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE CHICLAYO
 ORGANISMO PÚBLICO DE SERVICIOS REGIONALES DE LAMBAYEQUE

[Signature]
 INGENIERO MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 147800

Ensayos de Muestra 02:

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 01

SOLICITANTE: : De La Cruz Velásquez Ricardina Abigail

PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISION: lunes, 25 de Abril de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.
(NORMA: MTC E-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural
PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno

CALICATA: C-1

MUESTRA: M-2 IOFUNDIDAD 0.20-1.70 m
FECHA DEL ENSAYO: 08/04/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DISTRIBUCION GRANULOMÉTRICA			
	(PULG)	(mm)					TOTAL		100 %	
	3"	75.000								
2 1/2"	63.000					100.0				
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		GRAVA GRUESA	00 %	00 %	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0					
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0					
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0		GRAVA FINA	00 %		
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0					
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0					
1/4"	6.300	0.0	0.0	0.0	100.0					
NP04	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0		% FINO	ARENA GRUESA	00 %	32 %
NP08	2.360	0.3	0.1	0.1	99.9					
NP10	2.000	0.4	0.1	0.2	99.8					
NP15	1.190	0.0	0.0	0.2	99.8					
NP20	0.850	1.0	0.2	0.4	99.6		ARENA MEDIA	01 %		
NP30	0.600	0.0	0.0	0.0	99.6					
NP40	0.425	1.8	0.4	0.8	99.2		ARENA FINA	31 %		
NP50	0.300	1.9	0.5	1.3	98.7					
NP80	0.177	5.7	1.4	2.7	97.3					
NP100	0.150	48.5	11.5	14.2	85.8					
NP200	0.075	74.3	17.6	31.8	68.2					
< NP200	FONDO	287.1	68.2	100.0	0.0		% LIMO - ARCILLA	68 %	68 %	

CURVA GRANULOMÉTRICA

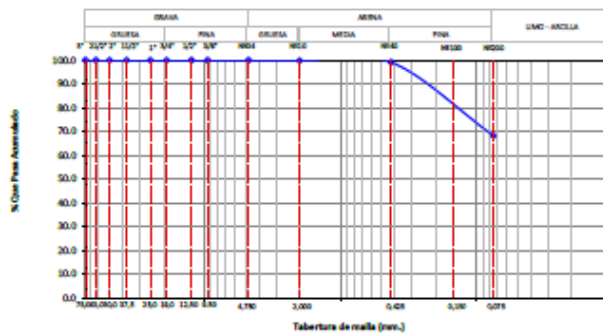


DIAGRAMA DE FLUIDEZ



ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG:	
Límite Líquido (L.L.)	: 21 %
Límite Plástico (L.P.)	: 14 %
Índice de Plasticidad (I.P.)	: 07 %
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	: 19 %

Índice de consistencia	0.52
Tipo de suelo por su consistencia	Muy Blando
Potencial de Expansión	Bajo
Bajo	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :	Arcilla arenosa de baja plasticidad	
SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO	A-4(7)	Regular-mala
SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS	CL	

INSPEACH
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL SORILES MILLONES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 147898

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 03

SOLICITANTE: : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail

PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISIÓN: lunes, 25 de Abril de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

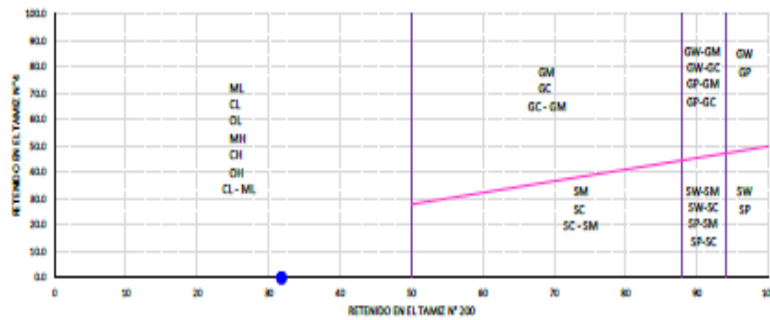
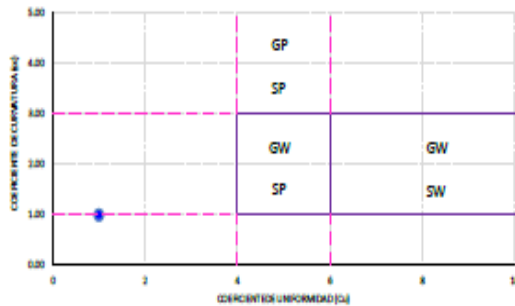
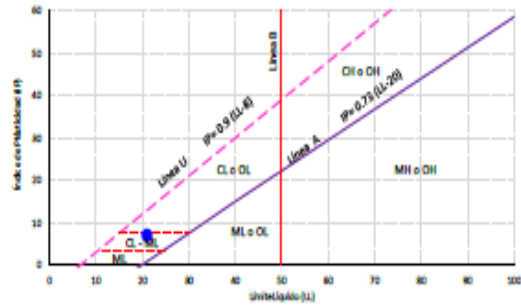


DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS



CARTA DE PLASTICIDAD PARA SUELOS FINOS



CLASIFICACIÓN SUCS: CL Arcilla arenosa de baja plasticidad

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizada a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de Termino Natural
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del ENS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5.- SUELOS Y CIMENTACIONES- Norma I, (DS)

LIMSCEACH
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS
 JORDAN VIDAL POMAPASCA DUYTA
 TÍTULO DE JEFE DE LABORATORIO Y PAYMENTOR

DESIGNER MANUEL EDUARDO MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP: N° 147898

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 04

SOLICITANTE: : De La Cruz Velazquez Ricardina Abigail

PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISION: lunes, 25 de Abril de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO

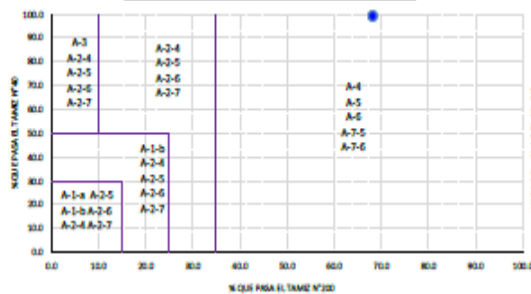
CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)								MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 35% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ No 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
Porcentaje de material que pase el tamiz													
No 10	99.8	50 max											
No 40	99.2	30 max	50 max	51 min									
No 200	68.2	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pase el tamiz No 40													
Límite líquido	21				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Índice plástico	7	6 max	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min
Índice de Grupo	6	0	0	0	0	0	4 max	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max	20 max

$$I(G) = 0.2 (a) + 0.005 (a) (c) + 0.01 (b) (d)$$

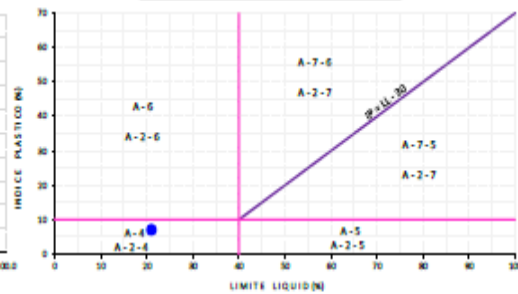
a = 34.0
b = 40.0
c = 1.0
d = 1.0

IG = 7

DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO



RANGOS PARA MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS



CLASIFICACIÓN AASHTO: A-4(7) Regular-malo

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de Terreno Natural.
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del Elna, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5- SUELOS Y CIMENTACIONES: Norma L.050)

IMSCEACH
INSTITUTO MEXICANO DE CIENCIAS E INGENIERÍA

JOSÉ ORTAL POZAPARCA BANTA
INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL DOMÍNGUEZ MILLONES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 147698

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

SOLICITANTE: : De La Cruz Velásquez Ricardina Abigail
 ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISIÓN: lunes, 25 de Abril de 2022

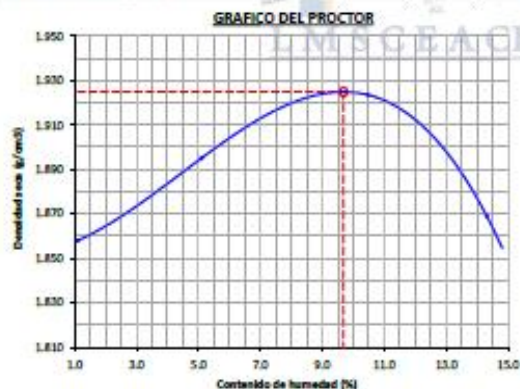
COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m³ (56000 pie-lb/pie³)).

NORMA: MTC E 115 / NTP 339.141 / ASTM D 1557

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: C-1 CALICATA: C-1 MUESTRA: M-2 Ubicación
 PRESENTACIÓN: Bolsas de polietileno FECHA DEL ENSAYO: 10/04/2022

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B ó C) EMPLEADO.				
	TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ACM	% Q. PASA				
Peso del suelo + molde (g)	5500	5698	5825	5836	2"				
Peso del molde (g)	3802	3802	3802	3802	3/4"				
Peso del suelo húmedo compactado (g)	1788	1896	2023	2034	3/8"				
Volumen del molde (cm ³)	952	952	952	952	Nº04				
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	1.878	1.992	2.125	2.137	<Nº04				
CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2	3	4				
Peso del suelo húmedo + tara (g)	382.0	382.0	598.5	256.9	PESO:	#			
Peso del suelo seco + tara (g)	380.0	373.0	580.0	237.6	MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: "A"			
Peso de tara (g)	196.4	196.4	192.4	202.8	MOLDE UTILIZADO (pulg.)	: 4			
Peso de agua (g)	2	9	38.5	19.3	NÚMERO DE GOLPES	: 25			
Peso de suelo seco (g)	183.6	176.6	367.6	134.8	NÚMERO DE CAPAS	: 5			
Contenido de agua (%)	1.1	5.1	10.5	14.3	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO	: Húmedo			
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	1.958	1.895	1.924	1.889	DESCRIPCIÓN DEL PSÓN UTILIZADO	: Manual			



CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA
 (ASTM D 2488 - NTP 339.134)

CLASIFICACIÓN:
 AASTHO:
 SUCS:
 DESCRIPCIÓN:

DENSIDAD MÁXIMA SECA : 1.925 g/cm³
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD : 9.68 %

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestra e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Escavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del ENS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.
 Ing. Romarosa
 INGENIERA EN MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS

Ing. Resgner Marín Morales Millones
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP: Nº 147898



INFORME DE ENSAYO

Pag: 01 de 02

SOLICITANTE: : De la Cruz Velazquez Ricardo Abigail
ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISION: Junes, 25 de Abril de 2022

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.

NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: C-1 CALICATA: C-1 MUESTRA: M-2 Ubicación: AV. VENEZUELA CORA 45
 PRESENTACIÓN: Bolsa de polietileno FECHA DEL ENSAYO: 10/04/2022

DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN											
Nº Molde			1		2		3							
Nº Capa			5		5		5							
Nº Golpes por capa			55		26		12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo (g)			12789	12927	12657	12924	12666	12870						
Peso de molde (g)			8295	8295	8395	8395	8413	8413						
Peso del suelo húmedo (g)			4474	4632	4262	4529	4253	4457						
Volumen del molde (cm ³)			2114	2114	2128	2128	2129	2129						
Densidad húmeda (g/cm ³)			2.136	2.191	2.008	2.128	1.998	2.093						
Densidad seca (g/cm ³)			1.919	1.919	1.811	1.811	1.802	1.802						
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD											
Nº Tara			-	-	-	-	-	-						
Tara + Suelo húmedo (g)			188.5	4632.0	254.0	4529.0	171.0	4457.0						
Tara + Suelo seco (g)			174.0	4474.0	232.6	4262.0	157.0	4253.0						
Peso del Agua (g)			14.5	158	21.4	267	14	204						
Peso del tara (g)			32.7	0.0	30.6	0.0	28.0	0.0						
Peso del suelo seco (g)			141.3	4057.6	202.0	3853.7	129.0	3836.6						
Porcentaje de humedad (%)			10.3	14.2	10.6	17.5	10.9	16.2						
FECHA			TIEMPO			EXPANSIÓN								
	HORA	Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
			Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%				
15/04/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0			
16/04/2022	11.3	24	9.0	0.009		12.0	0.012		14.0	0.014				
17/04/2022	11.3	48	25.0	0.025		26.0	0.026		27.0	0.027				
18/04/2022	11.3	72	30.0	0.030		29.0	0.029		34.0	0.034				
19/04/2022	11.3	96	34.0	0.034		34.0	0.034		36.0	0.036				
			11.64	total	0.21	11.67	total	0.22	11.62	total	0.23			
TIEMPO			PENETRACIÓN			PENETRACIÓN								
	PENETRACIÓN		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3					
	Mm.	Pulg.	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%
0'00"	0.000	0.000	0	0			0	0			0	0		
0'30"	0.640	0.025	22	22			20	20			17	17		
1'00"	1.270	0.050	61	61			45	45			38	38		
1'30"	1.910	0.075	127	127			77	77			66	66		
2'00"	2.540	0.100	70.31	191	9.7	24.3	113	113	8.0	11.4	99	99	7.3	10.4
2'30"	3.170	0.125	316	316			162	162			150	150		
3'00"	3.810	0.150	557	557			235	235			218	218		
4'00"	5.080	0.200	105.46	652	33.2	29.9	301	301	14.0	13.3	256	256	12.1	11.4
6'00"	7.620	0.300	758	758			336	336			276	276		
8'00"	10.160	0.400	869	869			363	363			288	288		
10'00"	12.700	0.500	925	925			392	392			313	313		

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

LMSCEACH
 Laboratorio de Muestreo y Soportes de Construcción e Ingeniería de Avances Científicos
 Ing. *[Firma]*
 GERENTE GENERAL

[Firma]
 RESUMER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 147966



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 02 de 02

SOLICITANTE: : De La Cruz Velazquez Ricardina Abigail
ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
FECHA RECEPCIÓN: : Lunes, 25 de Abril de 2022

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1558 y AASHTO T-99

REFERENCIA DE LA MUESTRA
IDENTIFICACIÓN: C-1
PRESENTACIÓN: Bolsa de polietileno

FECHA DEL ENSAYO: 10/04/2022

GRAFICO CARGA vs PENETRACIÓN

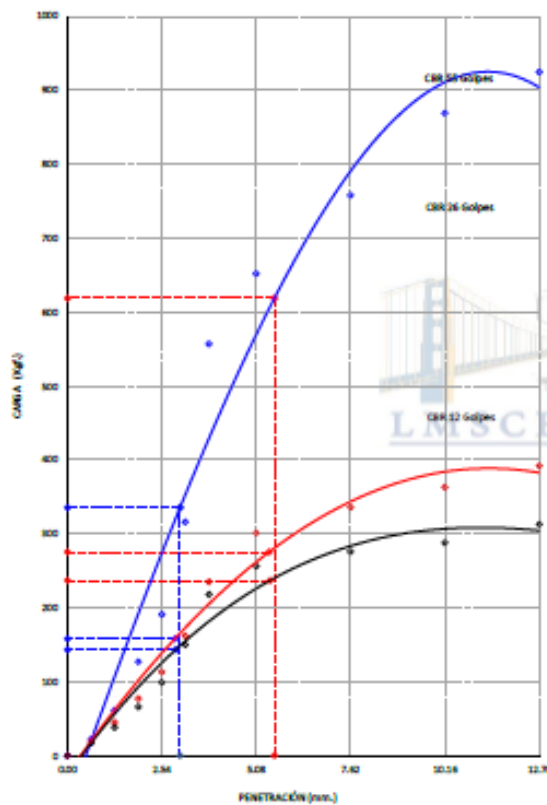
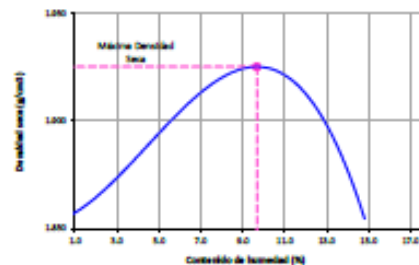
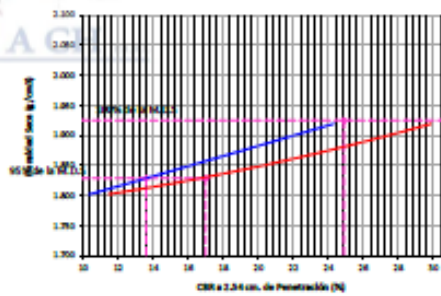


GRAFICO DEL PROCTOR



Valor del Proctor:	
Método de compactación	: 1A*
MÁXIMA DENSIDAD SECA	: 1.925 g/cm³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 10.68 %

GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.



Número de Golpes	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm	5.08 cm
55	1.919 g/cm³	24.3 %	29.9 %
26	1.811 g/cm³	11.4 %	13.3 %
12	1.802 g/cm³	10.4 %	11.4 %

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.2"
	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	24.9 %	30.7 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	13.6 %	17.0 %
Condiciones del Ensayo:	Saturado	

CARGA ESTAND.	kg/cm²	PENETRACIÓN		55 GOLPES CORRECCIÓN		26 GOLPES CORRECCIÓN		12 GOLPES CORRECCIÓN	
		Mm.	Pulg.	kg/cm²	%	kg/cm²	%	kg/cm²	%
70.31		2.54	0.1	9.7	24.3	8.0	11.4	7.3	10.4
105.46		5.08	0.2	33.2	29.9	34.0	13.3	12.1	11.4

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (SUELOS - SUELOS Y FUNDACIONES - Norma E.050)

[Signature]
LMSCEACH
 S.A.S.
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL

[Signature]
DESIGNER MARUFL BARRALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.R. N° 1-47896

Ensayos de Muestra 03:

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 01

SOLICITANTE: : De La Cruz Velázquez Ricardo Abged
 PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022 FECHA EMISIÓN: lunes, 25 de Abril de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.
 (NORMA: MTC 6-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN: Suelo de Termino Natural CALICATA: C-1 MUESTRA: M-3 VOFUNDIDAD: 0.20-1.70 m
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno FECHA DEL ENSAYO: 08/04/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMICES (PULG.) (mm)		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA		
							TOTAL		100 %
	3"	75.000					% GRAVA	GRAVA GRUESA	00 %
	2 1/2"	63.000				100.0			
	2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0			
	1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0			
	1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0			
	3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0			
	1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0	GRAVA FINA	00 %	
	3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0			
	1/4"	6.300	0.0	0.0	0.0	100.0			
	NR04	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0			
	NR08	2.380	0.0	0.0	0.0	100.0	% FINO	ARENA GRUESA	00 %
	NR10	2.000	0.2	0.0	0.0	100.0			
	NR15	1.190	0.0	0.0	0.0	100.0			
	NR20	0.850	0.5	0.1	0.2	99.8			
	NR30	0.600	0.0	0.0	0.2	99.8			
	NR40	0.425	2.2	0.5	0.7	99.3			
	NR50	0.300	4.9	1.2	1.9	98.1	ARENA MEDIA	01 %	
	NR60	0.177	204.6	50.5	52.5	47.5			
	NR100	0.150	85.9	16.3	68.7	31.3			
	NR200	0.075	80.3	14.9	83.6	16.4	ARENA FINA	83 %	
	< NR200	FONDO	86.4	16.4	100.0	0.0			
							% LIMO - ARCILLA	16 %	16 %

CURVA GRANULOMÉTRICA

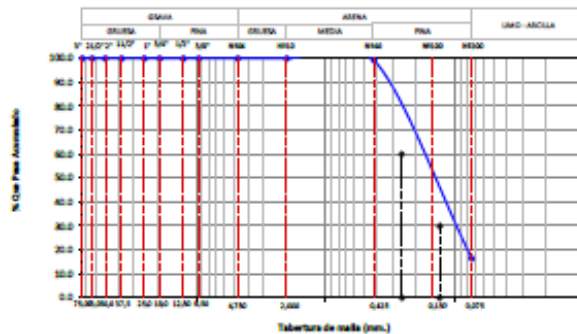
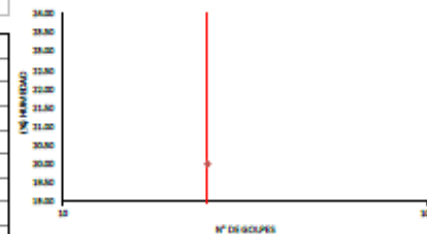


DIAGRAMA DE FLUIDEZ



ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG:	
Límite Líquido (L.L.)	: 00 %
Límite Plástico (L.P.)	: 00 %
Índice de Plasticidad (I.P.)	: 00 %
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	: 23 %

Índice de consistencia	
Tipo de suelo por su consistencia	Estable
Potencial de Expansión	Bajo
Bajo	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arena limosa
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-4(0) Bueno
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUIS	SM

ELMSBACH

JORDI ARNAL FORMAPARCA SÚSTA. OFICINA DE INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

RESGNER MANUEL MANUEL MILLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP: N° 147098

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 03

SOLICITANTE: : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail

PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

FECHA EMISIÓN: lunes, 25 de Abril de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

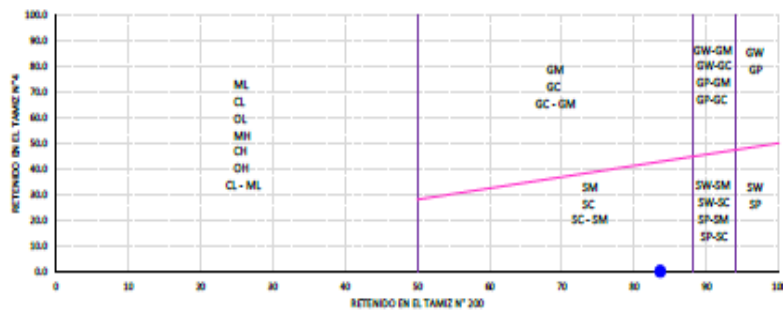
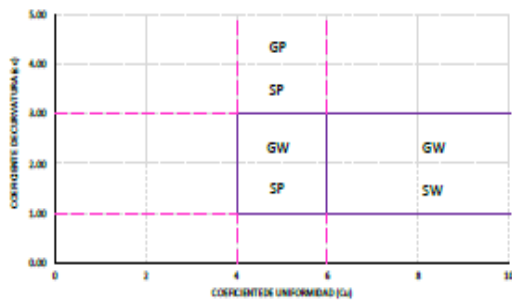
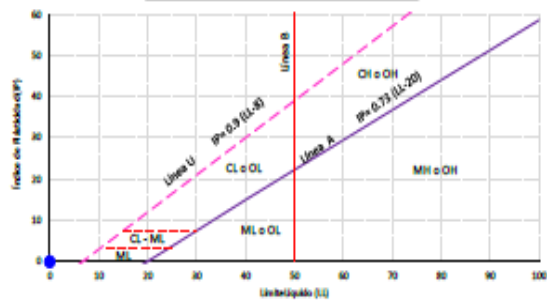


DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS



CARTA DE PLASTICIDAD PARA SUELOS FINOS



CLASIFICACIÓN SUCS: SM Arena limosa

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de Terreno Natural
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

IMSCEACH
 INSTITUTO MICHIGANÉS DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 JOSEPH ANIBAL TOMAPARCA RAYTA
 TSC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL MANUEL MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 147898

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 04

SOLICITANTE: : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail
 PROYECTO: : Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022 FECHA EMISION: lunes, 25 de Abril de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO

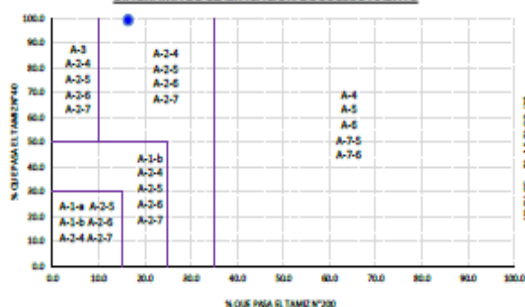
CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)								MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 35% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6		
Porcentaje de material que pasa el tamiz	No 10 No 40 No 200	100.0 99.3 16.4	50 max 30 max 15 max	50 max 25 max	51 min 10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No 40														
Límite líquido	0					40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Índice plástico	0	6 max	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 max	8 max	12 max	15 max	20 max	20 max	20 max	20 max	20 max

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

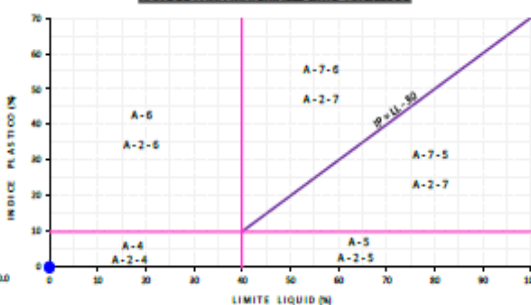
a = 1.0
 b = 2.0
 c = 1.0
 d = 1.0

IG = 0

DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO



RANGOS PARA MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS



CLASIFICACIÓN AASHTO: A-2-4(0) Bueno

- OBSERVACIONES:
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
 - Excavación realizada a cielo abierto.
 - Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de Terreno Natural
 - Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del FWS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

JMSCEACH
 CONSULTORÍA EN INGENIERÍA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Jorge Urbal Tomaspaca Parpa
 ING. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 147888

Anexo 15: Ensayos de laboratorio de la subbase granular



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 04

SOLICITANTE: : De La Cruz Velásquez Riordina Abigail
 ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : * Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021 *
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAEQUE PROVINCIA DE LAMBAEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: : Jueves, 12 de Mayo de 2022

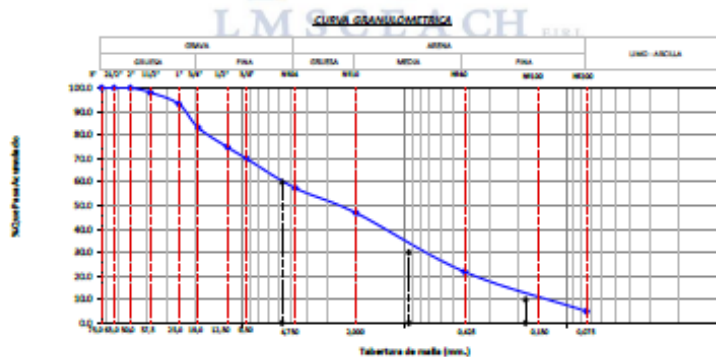
FECHA EMISIÓN: : miércoles, 1 de Junio de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.
 (NORMA: MTC E-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Subbase granular CANTERA: HITOS-LA CRÍA MUESTRA: M-1
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno CANTIDAD: 97 kg aprox. Ete: 619743 Norte: 9257935 FECHA DEL ENSAYO: 15/05/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA		
	(PULG)	(mm)					TOTAL	100 %	
	3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	% GRAVA	GRAVA GRUESA	17 %
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0				
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0				
1 1/2"	37.500	100.0	2.0	2.0	98.0				
1"	25.000	244.0	4.9	6.9	93.1				
3/4"	19.000	498.0	10.0	16.9	83.1				
1/2"	12.500	414.0	8.3	25.2	74.8	% GRAVA FINA	26 %		
3/8"	9.500	345.0	4.9	30.1	69.9				
1/4"	6.300	420.0	8.4	38.6	61.4				
NR04	4.750	201.0	4.0	42.6	57.4	% FINO	ARENA GRUESA	11 %	52 %
NR08	2.360	62.0	7.1	49.7	50.3				
NR10	2.000	30.0	3.4	53.2	46.8				
NR16	1.190	0.0	0.0	53.2	46.8				
NR20	0.850	98.0	11.2	64.4	35.6				
NR30	0.600	0.0	0.0	64.4	35.6				
NR40	0.425	120.0	13.8	78.2	21.8	ARENA MEDIA	25 %		
NR50	0.300	33.0	3.8	82.0	18.0				
NR60	0.177	55.0	6.3	88.3	11.7				
NR100	0.150	16.0	1.8	90.1	9.9	ARENA FINA	17 %		
NR200	0.075	42.0	4.8	94.9	5.1				
< NR200	FONDO	44.0	5.1	100.0	0.0	% LIMO - ARCILLA	05 %	05 %	



ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG:	
Límite Líquido (L.L.)	: 17 %
Límite Plástico (L.P.)	: 14 %
Índice de Plasticidad (I.P.)	: 03 %
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL:	: 00 %

Análisis de las constantes físicas de los suelos:		
Índice de Líquidez de la Arcilla	LL =	-4.67 Est. Sólido
Compresibilidad	Cc =	0.063 C. Baja
Índice de consistencia	I.C. =	5.67 Sólido
Potencial de Expansión		P. Bajo

LMSCEACH
 S.A.
 INGENIERÍA DE CONSULTORÍA Y LABORATORIO
 S.R.L.
 AV. AVILA CARRANZA 827A
 DISTRITO DE SAN JOSÉ DE MOLINO Y FAVORITO

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	
Arena coherentemente gradada con limo y grava	
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO	A-1-a(2) Bueno
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUICS	SP-SM

RESORER MANUEL MARCELO MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 147898



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 03 de 05

SOLICITANTE: : De La Cruz Velásquez Noedina Abigail
ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO: : * Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021 *
UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
FECHA RECEPCIÓN: : Jueves, 12 de Mayo de 2022 **FECHA EMISIÓN:** : miércoles, 1 de Junio de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

N 200= 5.1 LL= 17 Cu = 32.20
 N 4= 52.3 I.P.= 3 Cc = 0.86 **CLASIFICACION SUCS:** SP-SM

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	Cu > 4 1 < Cc < 3	
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A o Ip > 7	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
				SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para SW
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A o Ip > 7	
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Límite líquido wL < 50)	ML	limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Más del 12% - GM, GC, SM, SC De 5 a 12% - casos frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	limos y arcillas (Límite líquido wL > 50)	MH	limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.			
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos Altamente orgánicos	PT	Turba o otros suelos altamente orgánicos			

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizada a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Subbase granular
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)


 RESGNER MANUEL MORALES MILEDONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 147898


 LMSCEACH S.R.L.
 JORGE URBAL TORO PARCA SANTA
 T.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Btel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : * Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021 *
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: : Jueves, 12 de Mayo de 2022
 FECHA EMISION: : miércoles, 1 de Junio de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

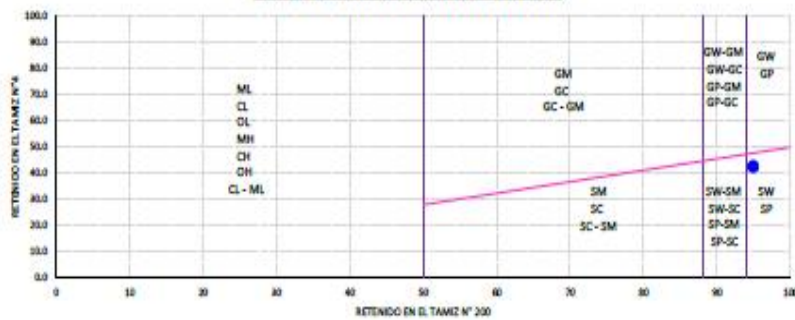
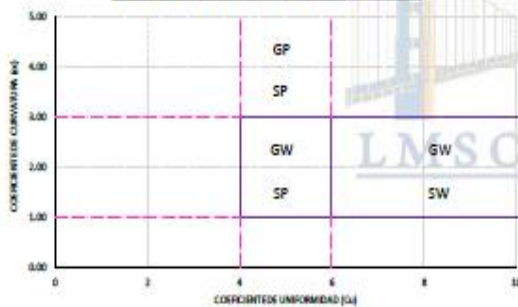
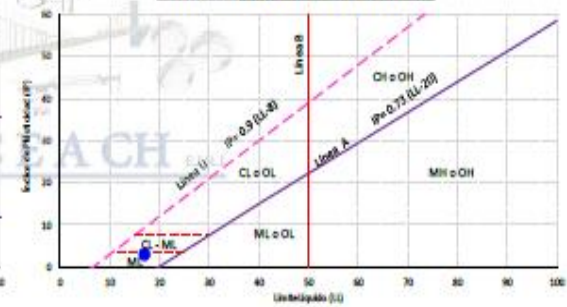


DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS



CARTA DE PLASTICIDAD PARA SUELOS FINOS



CLASIFICACIÓN SUCS: SP-SM Arena pobremente gradada con limo y grava

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el petionario, la muestra procede de la Subbase granular.
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo; (no podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

(Signature)
 DISEÑER MANUEL TORRES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 147898

LMSCEACH
 LABORATORIO MUNICIPAL DE SUELOS Y OBRAS DE INGENIERIA CIVIL - CHICLAYA
(Signature)
 JOSE ANIBAL TOMAPASCA BAYTA
 TITULO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág: 05 de 05

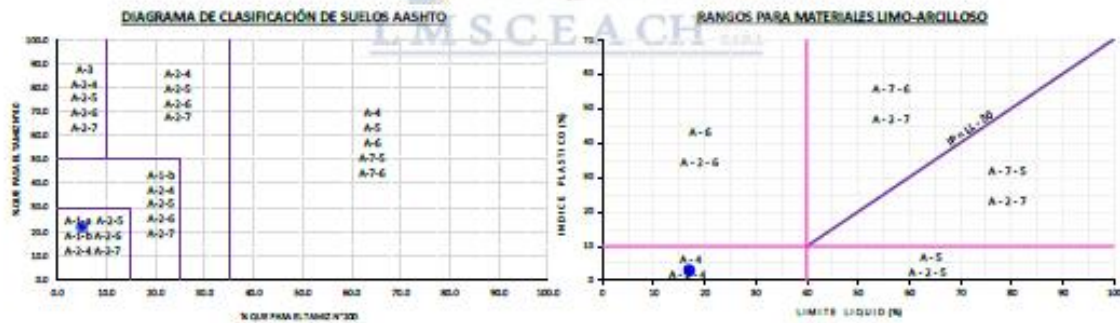
SOLICITANTE: : De La Cruz Velazquez Noorlina Abigail
 ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : * Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021 *
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: Jueves, 12 de Mayo de 2022 FECHA EMISION: miércoles, 1 de Junio de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (20% O MENOS DEL TOTAL, PASA EL TAMIZ NO 200)								MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 20% DEL TOTAL, PASA EL TAMIZ NO 200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6		
Porcentaje de material que pasa el tamiz														
No 10	46.8	50 max		51 min										
No 40	21.8	30 max	50 max		35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min	
No 200	5.1	15 max	25 max	10 max										
Características de la fracción que pasa el tamiz No 40														
Límite líquido	17				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min	
Índice plástico	3	0 max	0 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min	
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max	20 max	20 max	20 max	

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

a =	1.0	IG =	0
b =	1.0		
c =	1.0		
d =	1.0		



CLASIFICACIÓN AASHTO: A-1-a(0) Sueno

- OBSERVACIONES:
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
 - Excavación realizado a cielo abierto.
 - Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Subbase granular
 - Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el contrato. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

[Signature]
 DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 147890

[Signature]
LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS
 CORPORACIÓN EMPRESARIAL VIAL VALENTIN S.A.
 OFICINA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.J.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

SOLICITANTE: : De La Cruz Velásquez Ricardina Abigail
 ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : * Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021 *

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: Jueves, 12 de Mayo de 2022

FECHA EMISIÓN: miércoles, 1 de Junio de 2022

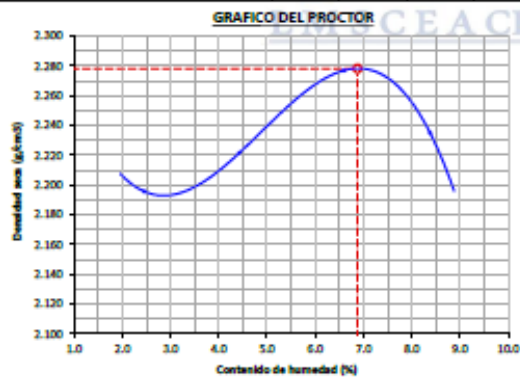
COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m³ (56000 pie-lb/pie³)).

NORMA: MTC E 115 / MTF 339.141 / ASTM D 1557

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Subbase granular CANTERA: HITOS-LA CRÍA MUESTRA: M-1
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno FECHA DEL ENSAYO: 15/05/2022

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A,B ó C) EMPLEADO.				
					TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ACM.	% Q. PASA
Peso del suelo + molde (g)	10771	10920	11148	11138	2"				
Peso del molde (g)	5995	5995	5995	5995	3/4"				
Peso del suelo húmedo compactado (g)	4776	4925	5153	5143	3/8"				
Volumen del molde (cm ³)	2123	2129	2123	2123	Nº4				
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	2.250	2.320	2.427	2.423	<Nº4				
CONTENIDO DE HUMEDAD					1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo + tara (g)	133.0	127.0	106.0	106.0	PESO: 6				
Peso del suelo seco + tara (g)	130.0	122.0	100.0	98.5	MÉTODO DE COMPACTACIÓN : 1C				
Peso de tara (g)	6.0	9.0	9.0	9.0	MOLDE UTILIZADO (pulg.) : 6				
Peso de agua (g)	3	5	6	7.5	NÚMERO DE GOLPES : 56				
Peso de suelo seco (g)	122	113	91	89.5	NÚMERO DE CAPAS : 5				
Contenido de agua (%)	2.5	4.4	6.6	8.4	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO : Húmedo				
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	2.196	2.222	2.277	2.235	DESCRIPCIÓN DEL PISÓN UTILIZADO : Manual				



DENSIDAD MAXIMA SECA : 2.278 g/cm³
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD : 6.87 %

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.J.R.L.
 ING. GEORGE MARQUEZ
 GERENTE GENERAL
 AV. AGUSTO B. LEGUIA N° 257 - VÍA DE EVITAMIENTO KM. 757+080 SIMÓN BOLÍVAR - CHICLAYO
 TEL: 074-437218 / CELULAR: 99336658

DESIGNER MARQUEZ MARCELO MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 147898

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.
NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-99

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Subbase granular
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno

CANTERA: HITOS-LA CRÍA

MUESTRA: M-1

FECHA DEL ENSAYO: 15/05/2022

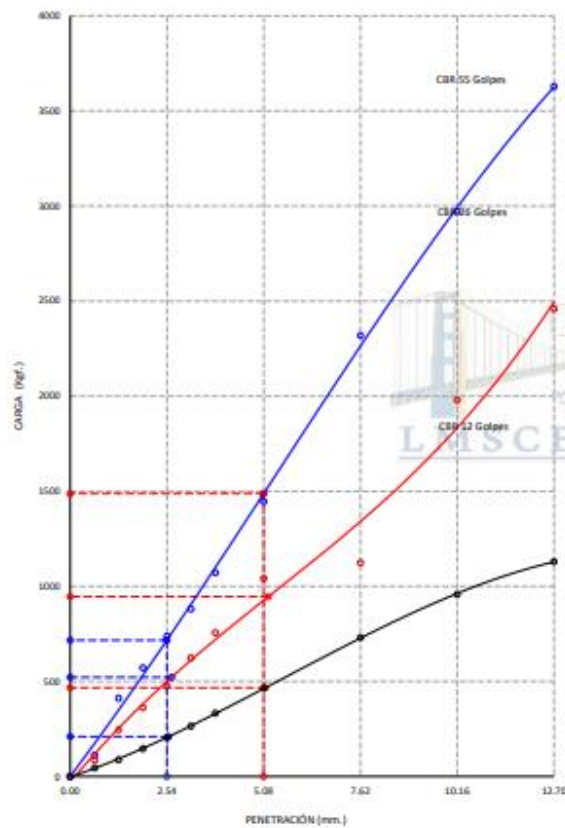
DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN											
Nº Molde	7		8		8									
Nº Capa	5		5		5									
Nº Golpes por capa	55		26		12									
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado								
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13117	13409	13085	13292	12661	12932								
Peso de molde (g)	8384	8384	8669	8669	8558	8558								
Peso del suelo húmedo (g)	4733	5025	4416	4623	4103	4374								
Volumen del molde (cm ³)	2122	2122	2115	2115	2122	2122								
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.230	2.368	2.088	2.186	1.934	2.061								
Densidad seca (g/cm ³)	2.149	2.149	2.008	2.008	1.863	1.863								
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD											
Nº Tara	-		-		-									
Tara + Suelo húmedo (g)	118.0	5025.0	104.5	4623.0	117.0	4374.0								
Tara + Suelo seco (g)	114.0	4733.0	101.9	4436.0	113.0	4103.0								
Peso del Agua (g)	4	292	2.6	207	4	271								
Peso del tara (g)	9.0	0.0	36.8	0.0	8.0	0.0								
Peso del suelo seco (g)	105.0	4559.3	65.1	4246.4	105.0	3952.4								
Porcentaje de humedad (%)	3.8	10.2	4.0	8.9	3.8	10.7								
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN											
			DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN					
			Pulg.	%	Pulg.	%	Pulg.	%	Pulg.	%				
16/05/2022	11.3	0	0.0	0.000	0.0	0.000	0	0.000	0	0.000				
17/05/2022	11.3	24	19.0	0.010	19.0	0.010	30.0	0.010						
18/05/2022	11.3	48	35.0	0.035	26.0	0.026	32.0	0.032						
19/05/2022	11.3	72	35.0	0.035	26.0	0.026	32.0	0.032						
20/05/2022	11.3	96	35.0	0.035	26.0	0.026	32.0	0.032						
			11.63	total 0.30	11.63	total 0.22	11.65	total 0.27						
TIEMPO	PENETRACIÓN		PENETRACIÓN											
	Min.	Pulg.	MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 9				MOLDE Nº 8			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		L. Digital	kgf	kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	kg/cm ²	%	
0'00"	0.000	0.000	0	0		0	0			0	0			
0'30"	0.640	0.025	112	112		86	86			45	45			
1'00"	1.270	0.050	412	412		245	245			88	88			
1'30"	1.910	0.075	572	572		362	362			146	146			
2'00"	2.540	0.100	738	738	37.6	51.9	475	475	26.6	37.8	205	205	10.7	15.2
2'30"	3.170	0.125	881	881			624	624			265	265		
3'00"	3.810	0.150	1072	1072			756	756			333	333		
4'00"	5.080	0.200	1446	1446	73.6	71.8	1042	1042	48.2	45.7	465	465	23.8	22.5
5'00"	7.620	0.300	2319	2319			1124	1124			730	730		
8'00"	10.160	0.400	2972	2972			1980	1980			958	958		
10'00"	12.700	0.500	3629	3629			2460	2460			1130	1130		

IMSCEACH
 INSTITUTO PERUANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS Y SOCIALES

IDENTIFICACIÓN: Subbase granular

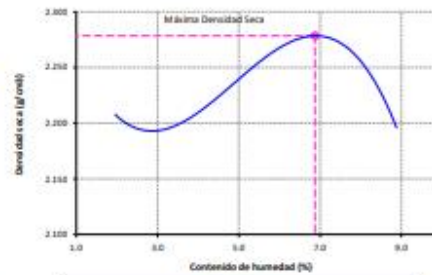
FECHA DEL ENSAYO: 15/05/2022

GRAFICO CARGA vs PENETRACIÓN



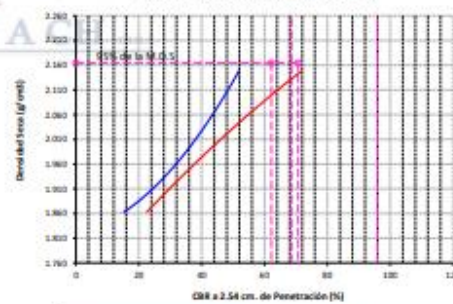
CARGA STAND. kg/cm^2	PENETRACIÓN		55 GOLPES CORRECCIÓN		26 GOLPES CORRECCIÓN		12 GOLPES CORRECCIÓN	
	Min.	Max.	kg/cm^2	%	kg/cm^2	%	kg/cm^2	%
70.31	2.54	0.1	37.6	51.9	26.6	37.8	10.7	15.2
105.46	5.08	0.2	73.6	72.8	48.2	45.7	23.8	22.5

GRAFICO DEL PROCTOR



Valor del Proctor:	
Método de compactación	: "C"
MÁXIMA DENSIDAD SECA	: 2.278 g/cm^3
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 6.87 %

GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.



Número de Golpe	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm.	5.08 cm.
55	2.149 g/cm^3	51.9 %	71.8 %
26	2.008 g/cm^3	37.8 %	45.7 %
12	1.863 g/cm^3	15.2 %	22.5 %

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Penetración:	0.1" 2.54 cm.	0.2" 5.08 cm.
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	68.6 %	95.9 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	62.2 %	70.7 %
Condiciones del Ensayo:	Saturado	

LMSCEACH
[Signature]
 LABORATORIO DE MATERIAS PLÁSTICAS Y COMPOSICIONALES

[Signature]
 PESQUER MANUEL SUAREZ MILLONES

Anexo N° 16: Ensayos de la base granular

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: jueves, 12 de Mayo de 2022

FECHA EMISIÓN: miércoles, 1 de Junio de 2022

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.
 NORMA: MTC E 152, Basado en la Norma ASTM D-1555 y AASHTO T-99

REFERENCIA DE LA MUESTRA

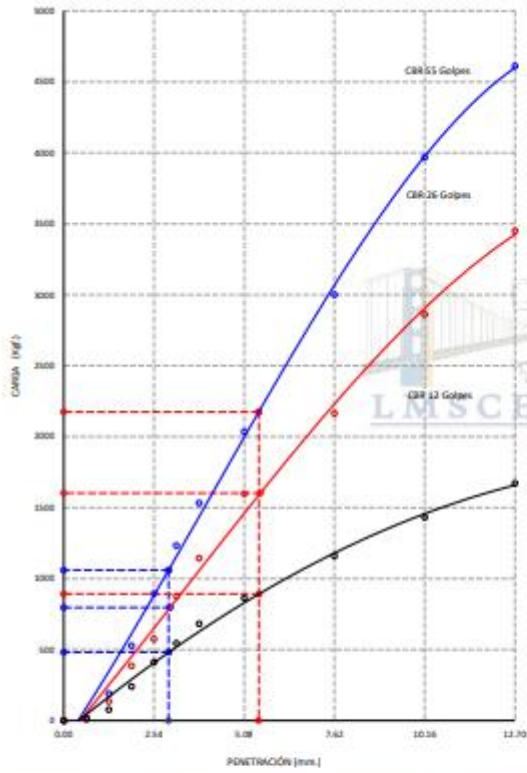
IDENTIFICACIÓN: Subbase granular +30% de piedra CANTERA: HITOS-LA OÑA MUESTRA: M-1
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno FECHA DEL ENSAYO: 19/05/2022

DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN												
Nº Molde	1		3		2										
Nº Capa	5		5		5										
Nº Golpes por capa	55		26		12										
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado									
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13261	13384	13009	13292	13128	13296									
Peso de molde (g)	8292	8292	8224	8224	8399	8399									
Peso del suelo húmedo (g)	4969	5092	4785	5068	4728.7	4897									
Volumen del molde (cm ³)	2122	2122	2126	2126	2131	2131									
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.342	2.400	2.251	2.384	2.219	2.298									
Densidad seca (g/cm ³)	2.190	2.190	2.110	2.110	2.084	2.084									
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD												
Nº Tara	-		-		-										
Tara + Suelo húmedo (g)	117.0	5092.0	156.5	5068.0	116.0	4897.0									
Tara + Suelo seco (g)	110.0	4969.0	149.0	4785.0	109.5	4728.7									
Peso del Agua (g)	7	123	7.5	283	6.5	168.3									
Peso del tara (g)	9.0	0.0	36.8	0.0	9.0	0.0									
Peso del suelo seco (g)	201.0	4646.9	112.2	4485.2	300.5	4641.4									
Porcentaje de humedad (%)	8.9	9.6	6.7	11.0	6.5	10.3									
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN												
			DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN						
			Pulg.	%	Pulg.	%	Pulg.	%	Pulg.	%					
20/05/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0				
21/05/2022	11.3	24	10.0	0.010	0.010	10.0	0.010	10.0	0.010	0.010	10.0				
22/05/2022	11.3	48	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0				
23/05/2022	11.3	72	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0				
24/05/2022	11.3	96	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0	0.010	10.0				
			11.64	total	0.09	11.62	total	0.09	11.67	total	0.09				
TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STAND. Kg./cm ²	PENETRACIÓN											
	Min.	Pulg.		MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 2			
				CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
			L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	
0'00"	0.000	0.000		0	0		0	0		0	0		0	0	
0'30"	0.640	0.025		21	21		15	15		11	11				
1'00"	1.270	0.050		190	190		135	135		78	78				
1'30"	1.910	0.075		528	528		386	386		240	240				
2'00"	2.540	0.100	70.31	894	894	45.5	76.8	575	575	40.6	57.7	412	412	24.5	34.9
2'30"	3.170	0.125		1234	1234			876	876			545	545		
3'00"	3.810	0.150		1533	1533			1145	1145			682	682		
4'00"	5.080	0.200	105.46	2036	2036	103.7	305.0	1598	1598	81.6	77.4	863	863	45.5	43.1
6'00"	7.620	0.300		3001	3001			2165	2165			1160	1160		
8'00"	10.160	0.400		3969	3969			2862	2862			1432	1432		
10'00"	12.700	0.500		4612	4612			3450	3450			1672	1672		

IMSCEACH
 INSTITUTO MICHIGANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 JORGE ARBAL TORO PARCA PORTA
 TUCÚ DE SUELOS Y PAVIMENTOS

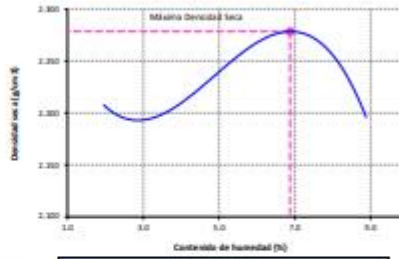
DESIGNER MAMINI

GRAFICO CARGA vs PENETRACION



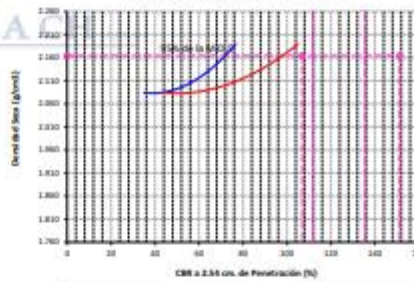
CARGA STAND.	Kg/cm ²	PENETRACION		55 GOLPES CORRECCION		26 GOLPES CORRECCION		12 GOLPES CORRECCION	
		Alt.	Pulg.	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
70.33	2.54	0.1		45.5	76.8	40.6	77.7	24.5	34.9
105.46	5.08	0.2		309.7	105.0	81.6	77.4	45.5	43.1

GRAFICO DEL PROCTOR



Valor del Proctor:	
Método de compactación	: "C"
MÁXIMA DENSIDAD SECA	: 2.778 g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 6.87 %

GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.



Número de Golpes	Densidad seca	C.B.R.	
		2.54 cm	5.08 cm
55	2.190 g/cm ³	76.8 %	305.0 %
26	2.110 g/cm ³	57.7 %	77.4 %
12	2.064 g/cm ³	34.9 %	43.1 %

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.2"
	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	111.8 %	135.5 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	106.9 %	131.2 %
Condiciones del Ensayo:	Saturado	

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MATERIAS
 CONCRETAS Y ASFALTOS

RESORER MANUEL SUAREZ MELONES
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 147860

Anexo N° 17: Ensayo de la subrasante con la geomalla:

PRESENTACIÓN:

Bolsa de polietileno

FECHA DEL ENSAYO: 05/04/2022

DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN												
Nº Molde			1		3		2								
Nº Capa			5		5		5								
Nº Golpes por capa			55		26		12								
CONDICION DE LA MUESTRA			Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado							
Peso molde + Suelo húmedo (g)			12876	13143	12685	12997	12661.8	12969							
Peso de molde (g)			8295	8295	8413	8413	8395	8395							
Peso del suelo húmedo (g)			4581	4848	4272	4584	4266.8	4574							
Volumen del molde (cm ³)			2114	2114	2129	2129	2128	2128							
Densidad húmeda (g/cm ³)			2.167	2.293	2.007	2.153	2.005	2.149							
Densidad seca (g/cm ³)			1.919	1.919	1.803	1.803	1.797	1.797							
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD												
Nº Tara			-	-	-	-	-	-							
Tara + Suelo húmedo (g)			142.3	4848.0	159.0	4584.0	146.2	4574.0							
Tara + Suelo seco (g)			130.3	4581.0	146.0	4272.0	134.8	4266.8							
Peso del Agua (g)			12	267	13	312	11.4	307.2							
Peso del tara (g)			37.6	0.0	31.0	0.0	36.6	0.0							
Peso del suelo seco (g)			92.7	4056.0	115.0	3838.1	98.2	3823.0							
Porcentaje de humedad (%)			12.9	19.5	11.3	19.4	11.6	19.6							
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN												
			DIAL		EXPANSIÓN Pulg.		EXPANSIÓN %		DIAL		EXPANSIÓN Pulg.		EXPANSIÓN %		
10/04/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	
11/04/2022	11.3	24	9.0	0.009		12.0	0.012		14.0	0.014		14.0	0.014		
12/04/2022	11.3	48	25.0	0.025		26.0	0.026		27.0	0.027		27.0	0.027		
13/04/2022	11.3	72	30.0	0.030		29.0	0.029		34.0	0.034		34.0	0.034		
14/04/2022	11.3	96	34.0	0.034		34.0	0.034		36.0	0.036		36.0	0.036		
			11.64	total	0.21	11.62	total	0.22	11.67	total	0.23	11.67	total	0.23	
TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STAND. Kg./cm ²	PENETRACIÓN											
	Mm.	Pulg.		MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 2			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%
0'00"	0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0'30"	0.640	0.025		48	48			18	18			22	22		
1'00"	1.270	0.050		123	123			39	39			30	30		
1'30"	1.910	0.075		201	201			88	88			37	37		
2'00"	2.540	0.100	70.31	277	277	14.1	21.3	132	132	8.2	11.7	45	45	2.2	3.1
2'30"	3.170	0.125		347	347			172	172			52	52		
3'00"	3.810	0.150		417	417			245	245			60	60		
4'00"	5.080	0.200	105.46	538	538	27.4	26.1	285	285	14.7	13.9	74	74	3.6	3.4
6'00"	7.620	0.300		731	731			372	372			87	87		
8'00"	10.160	0.400		890	890			429	429			116	116		
10'00"	12.700	0.500		1025	1025			501	501			137	137		

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obra. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

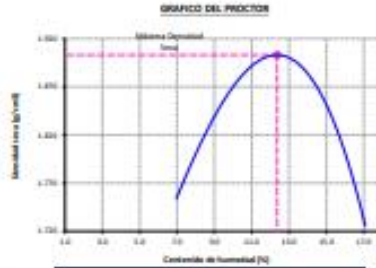
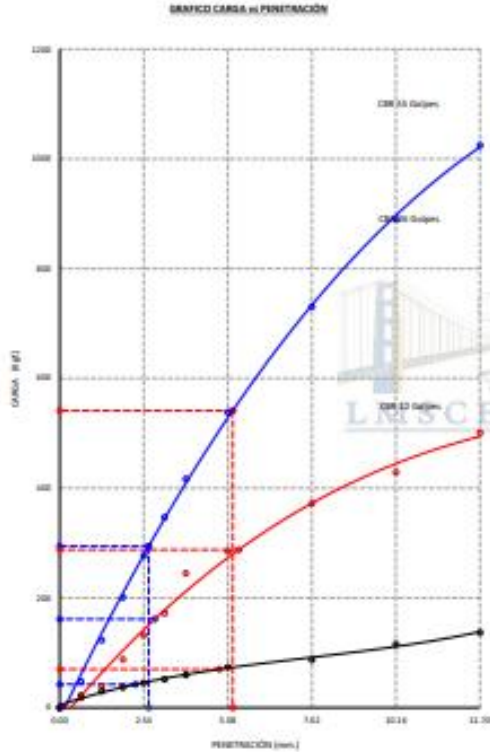
UBICACIÓN: ESTUDIO DE TIPOLOGÍA DE LA ASOCIACIÓN DE GERENTES PARA FOMENTAR EMPRESAS DE GERENTES TÉCNICOS, LABORALISTAS, 2021.
 DEPARTAMENTO DE LA BARRANQUILLA, PROVINCIA DE LA BARRANQUILLA, DEPARTAMENTO DE LA BARRANQUILLA.
 FECHA DE RECEPCIÓN: martes, 5 de Abril de 2022

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.
 NORMA: NTC 8.832, Basado en la Norma ASTM D-1585 y AASHTO T-99

REFERENCIA DE LA MUESTRA

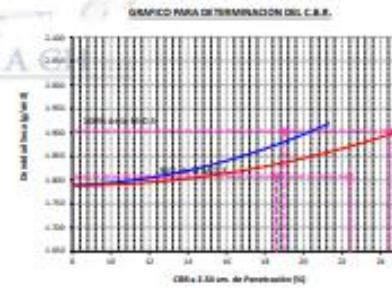
IDENTIFICACIÓN: C-1
 PRESENTACIÓN: Bolsa de polietileno

FECHA DEL ENSAYO: 05/04/2022



Valor del Ensayo:

Método de compactación:	T
Gravidad Densidad SICA:	1.809 g/cm³
Optimo Contenido de Humedad:	15.7 %



Numero de Golpes	Densidad seca	Wp	
		2.5 cm	5.08 cm
58	1.814 g/cm³	21.3 %	26.1 %
28	1.809 g/cm³	11.7 %	11.9 %
12	1.767 g/cm³	8.1 %	8.4 %

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Penetración	0.2"	0.2"
	2.54 cm	5.08 cm
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	34.8 %	24.8 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	22.4 %	22.4 %
Condiciones del Ensayo:	Saturado	

CARGA STAND. Kg/cm²	PENETRACION		30 GOLPES COMPACTACION		35-50 GOLPES COMPACTACION		12 GOLPES COMPACTACION	
	mm	Wp	g/cm³	%	g/cm³	%	g/cm³	%
70.81	2.54	0.1	14.1	21.9	8.2	11.7	2.2	8.1
105.38	5.08	0.2	27.4	26.1	15.7	15.9	8.8	8.4

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Sacación realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la C-1.
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, solo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Ver Art. 1.º de los D.E.M. (Decreto Ley) Norma C.050)

EMSCEACH
 Ingenieros de Construcción
 Ing. J. O. Rodríguez
 Asesoría y Supervisión de Obra
 Calle de Bogotá y Fajardo

INGENIERO MARCELO ALBERTO MILLERES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C. I. N.º 147898

Anexo N° 18: Ensayo de la base granular con la geomalla:

UBICACIÓN: : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 FECHA RECEPCIÓN: jueves, 12 de Mayo de 2022

FECHA EMISIÓN: miércoles, 1 de Junio de 2022

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.
 NORMA: MTC E 152, Basado en la Norma ASTM D-1585 y AASHTO T-99

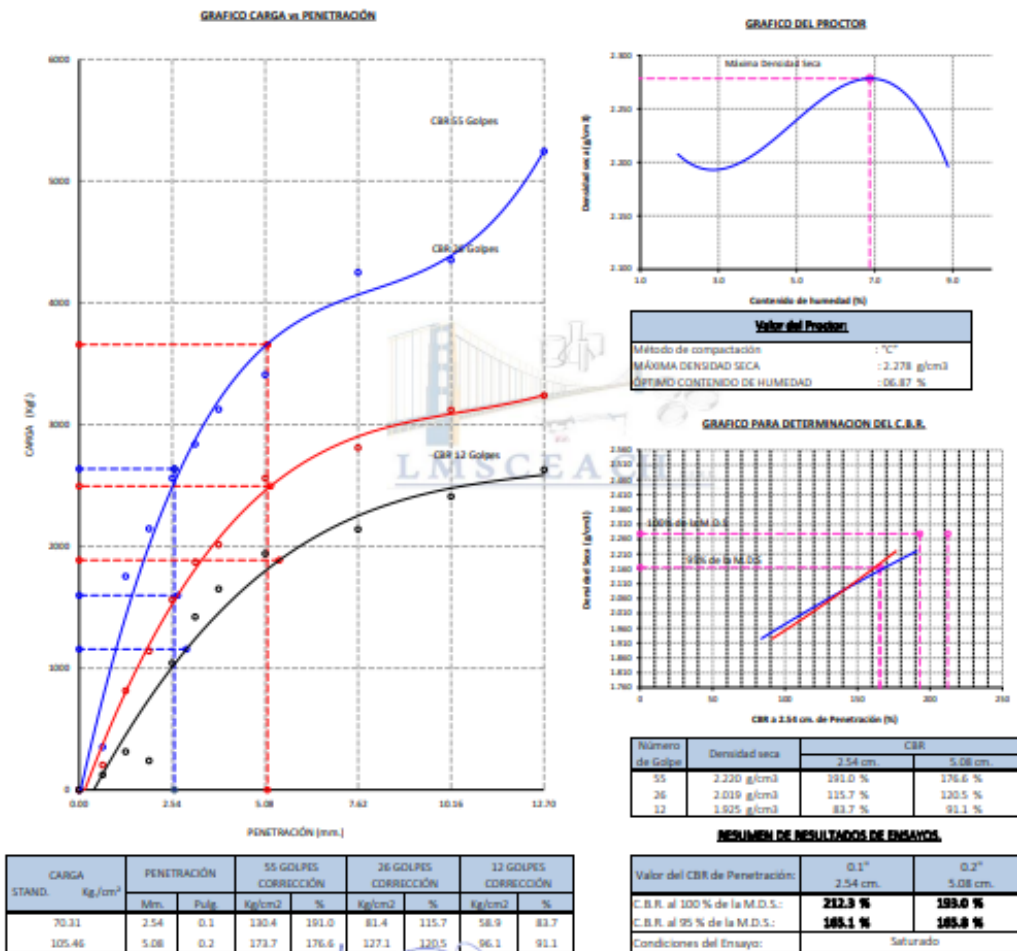
REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Subbase granular +30% de piedra+Geomalla CANTERA: HITOS-LA CRÍA MUESTRA: M-1
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno FECHA DEL ENSAYO: 19/05/2022

DATOS DEL ENSAYO				COMPACTACIÓN											
N° Molde				1				5				4			
N° Capa				5				5				5			
N° Golpes por capa				55				26				12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA				Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo (g)				13320		13595		12836.8		13252		12826.9		13439	
Peso de molde (g)				8292		8292		8281		8281		8473		8473	
Peso del suelo húmedo (g)				5028		5303		4555.8		4971		4353.9		4966	
Volumen del molde (cm ³)				2122		2122		2115		2115		2119		2119	
Densidad húmeda (g/cm ³)				2.369		2.499		2.154		2.350		2.055		2.344	
Densidad seca (g/cm ³)				2.220		2.280		2.019		2.019		1.925		1.964	
DATOS DEL ENSAYO				HUMEDAD											
N° Tara				-				-				-			
Tara + Suelo húmedo (g)				131.0		5303.0		156.5		4971.0		345.0		4964.0	
Tara + Suelo seco (g)				123.3		5188.0		149.0		4555.8		336.4		4451.9	
Peso del Agua (g)				7.7		135		7.5		415.2		8.6		512.1	
Peso del tara (g)				9.0		0.0		36.8		0.0		9.0		0.0	
Peso del suelo seco (g)				114.3		4710.7		112.2		4270.3		327.4		4078.6	
Porcentaje de humedad (%)				6.7		9.6		6.7		16.4		6.8		19.3	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN												
			DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%	
20/05/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	
21/05/2022	11.3	24	10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		
22/05/2022	11.3	48	10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		
23/05/2022	11.3	72	10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		
24/05/2022	11.3	96	10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		10.0	0.010		
			11.64	total	0.09	11.61	total	0.09	11.66	total	0.09	11.66	total	0.09	
TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STABIL. Kg/Am ²	PENETRACIÓN											
	Min.	Pulg.		MOLDE N° 1				MOLDE N° 5				MOLDE N° 4			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	L. Digital	kgf	Kg/cm ²	%	
0'00"	0.000	0.000	0	0			0	0			0	0			
0'30"	0.640	0.025	352	352			204	204			124	124			
1'00"	1.270	0.050	1754	1754			815	815			314	314			
1'30"	1.910	0.075	2145	2145			1140	1140			874	240			
2'00"	2.540	0.100	70.31	2560	2560	130.4	191.0	1562	1562	81.4	115.7	1041	1041	58.9	83.7
2'30"	3.170	0.125	2840	2840			1870	1870			1421	1421			
3'00"	3.810	0.150	3125	3125			2014	2014			1650	1650			
4'00"	5.080	0.200	105.46	3410	3410	173.7	176.6	2560	2560	127.1	120.5	1940	1940	96.1	91.1
6'00"	7.620	0.300	4250	4250			2810	2810			2140	2140			
8'00"	10.160	0.400	4352	4352			3120	3120			2410	2410			
10'00"	12.700	0.500	5245	5245			3240	3240			2630	2630			

IMSCEACH
 INSTITUTO PERUANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 JORGE ANIBAL COMPARCA BUSTA
 JEFE DE SUITOS Y PAVIMENTOS

BESNER MANUEL SUAREZ MILLONES
 INGENIERO CIVIL



IMSCEACH
 INSTITUCION SIMON BOLIVAR
 DE INVESTIGACIONES Y FORTIFICACION

RESNER MANUEL MARCELO MELGONES
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 147890

Anexo N° 19: Ensayos de Viga Benkelman

Ensayo de la Huella del lado derecho del pavimento nuevo

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com.



MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
(MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO : "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".	
UBICACIÓN : Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje : 8200 kg
NIVEL : Carpeta asfáltica nueva	Presión : 80 psi
TRAMO : Km 0+000 - Km0+010	Factor Conversión : Indicada
HUELLA : Derecha	Factor Estacional : 1
SOLICITANTE : Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez	Deflexión Máxima : 60 1/100 mm

Fecha	Progresiva (km)	LECTURAS DEL PRIMER DIAL						FACTO R DE CONVE	TEMPERATURAS		PARAMETROS DE EVALUACIÓN			OBSERVACIONES
		L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm		Amb °C	Rasante °C	D1 (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (mm)	
7/06/2022	0+000	0.0	7.0	13.0	18.0	22.0	27.0	2.0	18.0	23.0	54.0	40	223	
7/06/2022	0+010	0.0	7.0	12.0	20.0	25.0	29.0	2.0	18.0	23.0	58.0	44	223	

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Abigail Abigail Contreras Velásquez

TÉCNICO DE LABORATORIO


SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Abigail Contreras Velásquez

TÉCNICO DE LABORATORIO

SUPERVISOR DE LABORATORIO



Número de Controles	2
Suma de Deflexiones	112.0
Deflexión Promedio	56
Desviación Estándar	2.83
Deflexión Característica	60

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

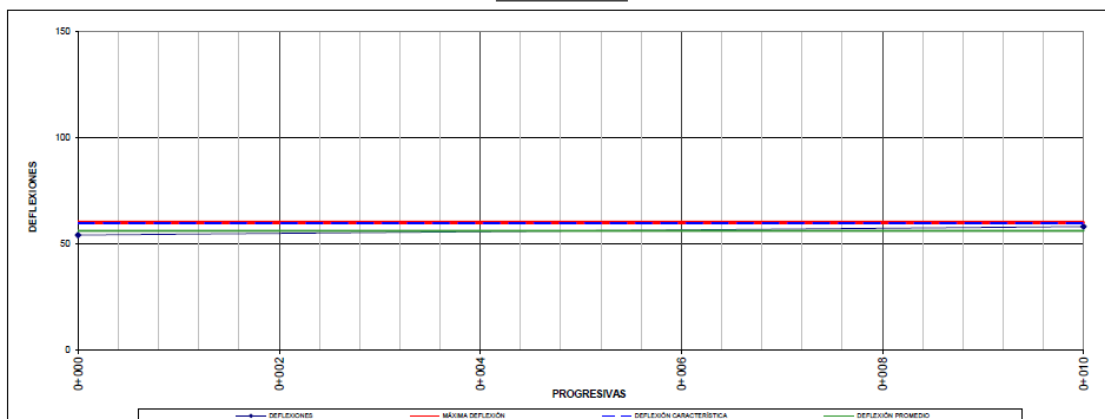
E-mail: servicios_lab@hotmail.com.



MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
(MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO : "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".	
UBICACIÓN : Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje : 8200 kg
NIVEL : Carpeta asfáltica nueva	Presión : 80 psi
TRAMO : Km 0+000 - Km0+010	Factor Conversión : Indicada
HUELLA : Derecha	Factor Estacional : 1
SOLICITANTE : Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez	Deflexión Máxima : 60 1/100 mm

DEFLECTOGRAMA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Abigail Contreras Velásquez

TÉCNICO DE LABORATORIO

SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Abigail Contreras Velásquez

TÉCNICO DE LABORATORIO

SUPERVISOR DE LABORATORIO



Ensayo de la Huella del lado izquierdo del pavimento nuevo



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
 (MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO : "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".	
UBICACIÓN : Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje : 8200 kg
NIVEL : Carpeta asfáltica nueva	Presión : 80 psi
TRAMO : Km 0+000 - Km0+010	Factor Conversión : Indicada
HUELLA : Izquierda	Factor Estacional : 1
SOLICITANTE : Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez	Deflexión Máxima : 60 1/100 mm

Fecha	Progresiva (km)	LECTURAS DEL PRIMER DIAL						FACTO R. DE CONVE R. DE	TEMPERATURAS		PARAMETROS DE EVALUACIÓN			OBSERVACIONES
		L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm		Amb °C	Rasante °C	D1 (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (mm)	
7/06/2022	0+000	0.0	5.0	8.0	13.0	16.0	22.0	2.0	18.0	23.0	44.0	34	313	
7/06/2022	0+010	0.0	7.0	12.0	18.0	24.0	29.0	2.0	18.0	23.0	58.0	44	223	

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 INGENIERO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardo Velásquez Velásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO SUPERVISOR DE LABORATORIO

SEMP ASFALTOS CHICLAYO - PERÚ

Número de Controles : 2
 Suma de Deflexiones : 102.0
 Deflexión Promedio : 51
 Desviación Estándar : 9.90
 Deflexión Característica : 64

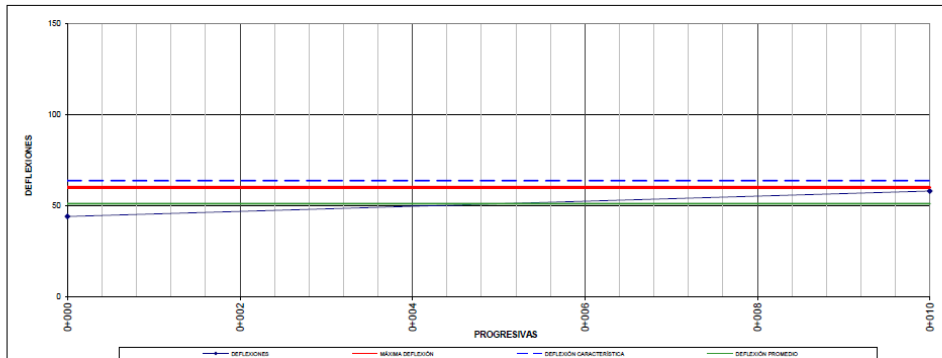


Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com.

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
 (MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO : "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".	
UBICACIÓN : Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje : 8200 kg
NIVEL : Carpeta asfáltica nueva	Presión : 80 psi
TRAMO : Km 0+000 - Km0+010	Factor Conversión : Indicada
HUELLA : Izquierda	Deflexión Máxima : 60 1/100 mm
SOLICITANTE : Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez	

DEFLECTOGRAMA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 INGENIERO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardo Velásquez Velásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO SUPERVISOR DE LABORATORIO

SEMP ASFALTOS CHICLAYO - PERÚ

Ensayo de la Huella del lado derecho del pavimento antiguo

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
 (MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO	: "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".		
UBICACIÓN	: Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje	: 8200 kg
NIVEL	: Carpeta asfáltica existente	Presión	: 80 psi
TRAMO	: Km 0+000 - Km0+020	Factor Conversión	: Indicada
HUELLA	: Derecha	Factor Estacional	: 1
SOLICITANTE	: Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez	Deflexión Máxima	: 60 1/100 mm

Fecha	Progresiva (km)	LECTURAS DEL PRIMER DIAL						FACTO R DE CONVE	TEMPERATURA S		PARAMETROS DE EVALUACIÓN			OBSERVACIONES
		L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm		Amb °C	Rasante °C	D1 (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (mm)	
7/06/2022	0+000	0.0	7.0	12.0	22.0	26.0	33.0	2.0	18.0	23.0	66.0	52	223	
7/06/2022	0+010	0.0	6.0	13.0	21.0	25.0	32.0	2.0	18.0	23.0	64.0	52	260	

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardo Velásquez Velásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardo Velásquez Velásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 SUPERVISOR DE LABORATORIO



Número de Controles	2
Suma de Deflexiones	130.0
Deflexión Promedio	65
Desviación Estándar	1.41
Deflexión Característica	67

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

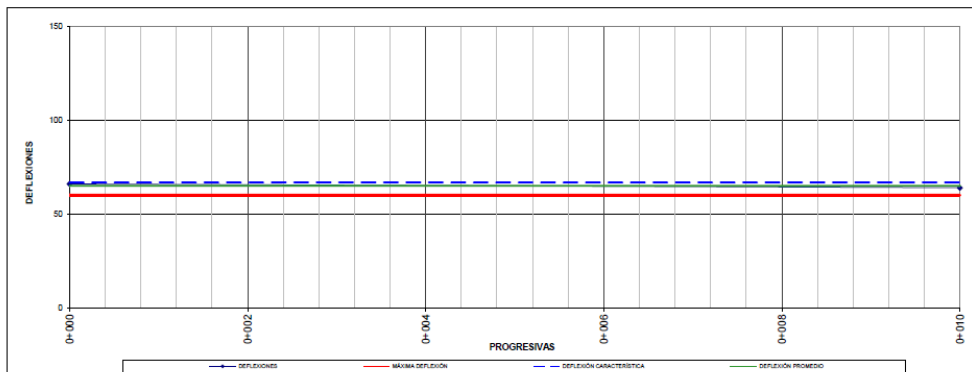


Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
 (MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO	: "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".		
UBICACIÓN	: Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje	: 8200 kg
NIVEL	: Carpeta asfáltica existente	Presión	: 80 psi
TRAMO	: Km 0+000 - Km0+020	Factor Conversión	: Indicada
HUELLA	: Derecha	Factor Estacional	: 1
SOLICITANTE	: Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez	Deflexión Máxima	: 60 1/100 mm

DEFLECTOGRAMA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardo Velásquez Velásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIO DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardo Velásquez Velásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 SUPERVISOR DE LABORATORIO



Ensayo de la Huella del lado izquierdo del pavimento antiguo



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
 (MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO	: "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".		
UBICACIÓN	: Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje	: 8200 kg
NIVEL	: Carpeta asfáltica existente	Presión	: 80 psi
TRAMO	: Km 0+000 - Km0+020	Factor Conversión	: Indicada
HUELLA	: Izquierda	Factor Estacional	: 1
SOLICITANTE	: Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez	Deflexión Máxima	: 60 1/100 mm

Fecha	Progresiva (km)	LECTURAS DEL PRIMER DIAL						FACTO R DE CONVE R. DE	TEMPERATURA S		PARAMETROS DE EVALUACIÓN			OBSERVACIONES
		L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm		Amb °C	Rasante °C	D1 (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	Rc (mm)	
7/06/2022	0+000	0.0	7.0	15.0	22.0	29.0	35.0	2.0	18.0	23.0	70.0	56	223	
7/06/2022	0+010	0.0	6.0	12.0	18.0	24.0	32.0	2.0	18.0	23.0	64.0	52	260	

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Abel Soriano Vallejos
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez
 TÉCNICA DE LABORATORIO



Número de Controles	2
Suma de Deflexiones	134.0
Deflexión Promedio	67
Desviación Estándar	4.24
Deflexión Característica	72

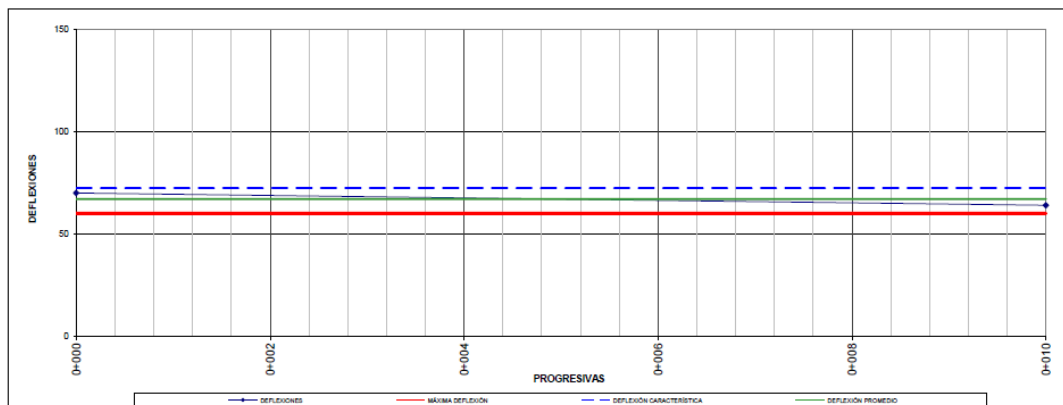


Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios_lab@hotmail.com

MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN
 (MTC E 1002, ASTM D 4695)

PROYECTO	: "Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021".		
UBICACIÓN	: Lambayeque - Lambayeque	Carga Eje	: 8200 kg
NIVEL	: Carpeta asfáltica existente	Presión	: 80 psi
TRAMO	: Km 0+000 - Km0+020	Factor Conversión	: Indicada
HUELLA	: Izquierda	Deflexión Máxima	: 60 1/100 mm
SOLICITANTE	: Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez		

DEFLECTOGRAMA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Abel Soriano Vallejos
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Ricardina Abigail de La Cruz Velásquez
 TÉCNICA DE LABORATORIO



Anexo N° 20: Ensayos de diseño de mezcla asfáltica en caliente– Proporcionados por la empresa encargada

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70 (MAC - 2)

PROYECTO:

**"Diseño de Mezcla Asfáltica en
Caliente con PEN 60/70".**

ABRIL 2022

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

INFORME TÉCNICO
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN
CALIENTE CON CEMENTO ASFALTICO
PEN 60/70 (MAC-2)



 SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.
Secundino Durán Fernández
D.O. 0401
Med. 218 18306

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios_lab@hotmail.com

Anexo N°21: Matriz de Leopold

ACTIVIDADES CON POTENCIAL A GENERAR IMPACTO

LEYENDA

- IMPACTO POSITIVO
- IMPACTO NEGATIVO
- NO EXISTE IMPACTO

		DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL													SEGURIDAD Y SALUD	GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS				
		MOVILIZACIÓN Y DESMOBILIZACIÓN DE MAQUINARIA		OBRAS PRELIMINARES	MOVIMIENTO DE TIERRAS		PAVIMENTO FLEXIBLE					VA RIOS	OTROS							
		Equipo transportado	Equipo ademas transportado	Trazos niveles y replanteo	Excavación nueva de material existente	Relleno con material de préstamo	Eliminación de material existente	Transporte de capa sub base granular	Capa sub base granular a máquina	Transporte de capa base	Inprimación asfáltica	Preparación de mezcla asfáltica en caliente	Transporte de mezcla asfáltica	Esparcido y compactado de mezcla asfáltica	Limpieza final de obra	Trabajo vial	Tránsito peatonal	Generación de aguas residuales domésticas	Seguridad al personal obrero	Gestión de residuos sólidos en obra
FACTORES AMBIENTALES	AIRE																			
	EMISIÓN DE GASES																			
	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN																			
	NIVEL RUIDO																			
	OLOR																			
	TEMPERATURA																			
	SUELO																			
	MORFOLOGÍA																			
	ESTABILIDAD																			
	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS																			
FAUNA																				
MICROFAUNA																				
REPTILES																				
ANIMALES TERRESTRES																				
CALIDAD VISUAL																				
PAISAJE																				
FACTORES SOCIOECONÓMICOS																				
GENERACIÓN DE EMPLEO																				
SEGURIDAD OCUPACIONAL Y CALIDAD DE VIDA																				
SEGURIDAD DURANTE EL COVID-19																				
SALUD AL PERSONAL OBRERO																				
FACTORES SOCIOCULTURALES																				
SALUD Y CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN																				

Tabla 32. Identificación de impactos

Fuente: Propia

MAGNITUD
Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, considerando la distancia y medida del efecto en el tiempo.

IMPORTANCIA
Valor porcentual que proporcione al peso relativo del efecto potencial y refleje la significación y relevancia del mismo, así como la

		DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL													SEGURIDAD Y SALUD	GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS							
		MOVILIZACIÓN Y DESMOBILIZACIÓN DE MAQUINARIA		OBRAS PRELIMINARES	MOVIMIENTO DE TIERRAS		PAVIMENTO FLEXIBLE					VA RIOS	OTROS										
		Equipo transportado	Equipo ademas transportado	Trazos niveles y replanteo	Excavación nueva de material existente	Relleno con material de préstamo	Eliminación de material existente	Transporte de capa sub base granular	Capa sub base granular a máquina	Transporte de capa base	Inprimación asfáltica	Preparación de mezcla asfáltica en caliente	Transporte de mezcla asfáltica	Esparcido y compactado de mezcla asfáltica	Limpieza final de obra	Trabajo vial	Tránsito peatonal	Generación de aguas residuales domésticas	Seguridad al personal obrero	Gestión de residuos sólidos en obra			
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	-9	-2	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	EMISIÓN DE GASES	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	NIVEL RUIDO	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	OLOR	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	TEMPERATURA	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	SUELO	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	MORFOLOGÍA	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	ESTABILIDAD	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9
FAUNA	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
MICROFAUNA	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
REPTILES	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
ANIMALES TERRESTRES	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
CALIDAD VISUAL	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
PAISAJE	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
FACTORES SOCIOECONÓMICOS	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
GENERACIÓN DE EMPLEO	9	2	2	2	6	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SEGURIDAD OCUPACIONAL Y CALIDAD DE VIDA	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
SEGURIDAD DURANTE EL COVID-19	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
SALUD AL PERSONAL OBRERO	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
FACTORES SOCIOCULTURALES	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
SALUD Y CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
MICROCLIMA (T°)	-9	-1	2	-6	-1	-1	-2	2	-2	-6	-1	-9	-9	-9					-9	-13	15	-9	
PROMEDIO	-12	-13	8	-33	-26	-15	-2	-32	-2	-48	-48	-4	-3	-13	-25	-2	8	8	-5	-27	21	-27	

Tabla 33. Matriz de Leopold del diseño convencional

Fuente: Propia

Anexo N°22: Presupuesto

PRESUPUESTO DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL

Proyecto: Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021

Lugar: Lambayeque - Lambayeque - Lambayeque

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
1	PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL		17,403.41
1.1	MOVILIZACIÓN Y DESMOVI. DE MAQUINARIA		2,100.00
1.1.1	Equipo transportado	glb	1,400.00
1.1.2	Equipo autotransportado	glb	700.00
1.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS		546.35
1.2.1	Excavación masiva del material existente	m3	233.46
1.2.2	Eliminación de material excedente	m3	312.89
1.3	PAVIMENTO FLEXIBLE		14,7575.06
1.3.1	Transporte de capa sub base granular	m3	1,400.00
1.3.2	Capa sub base granular a máquina	m2	665.38
1.3.3	Transporte de capa base	m3	1,400.00
1.3.4	Capa base granular a máquina	m2	2,401.68
1.3.5	Asalto en caliente	glb	8,890.00
	COSTO DIRECTO		17,403.41
	GASTOS GENERALES 8%		1,392.27
	UTILIDAD 7%		1,218.24
	SUBTOTAL PRESUPUESTO		20,013.92
	IGV 18%		3,602.51
	TOTAL PRESUPUESTO		23,616.43

PRESUPUESTO DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA BIAxIAL BX3030

Proyecto: Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles,
Lambayeque, 2021
Lugar: Lambayeque - Lambayeque - Lambayeque

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
1	PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL		15,330.97
1.1	MOVILIZACIÓN Y DESMOVI. DE MAQUINARIA		2,100.00
1.1.1	Equipo transportado	glb	1,400.00
1.1.2	Equipo autotransportado	glb	700.00
1.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS		397.91
1.2.1	Excavación masiva del material existente	m3	170.02
1.2.2	Eliminación de material excedente	m3	227.89
1.3	PAVIMENTO FLEXIBLE		12,229.16
1.3.1	Transporte de capa sub base granular	m3	700.00
1.3.2	Capa sub base granular a máquina	m2	538.18
1.3.3	Transporte de capa base	m3	700.00
1.3.4	Capa base granular a máquina	m2	1,400.98
1.3.4	Asfalto en caliente	glb	8,889.00
1.4	GEOMALLA	glb	603.90
1.4.1	Suministro de la Geomalla Biaxial Extruida PP BX3030	m2	552.66
1.4.2	Instalación de la Geomalla Biaxial Extruida PP BX3030	m2	51.24
	COSTO DIRECTO		15,330.97
	GASTOS GENERALES 8%		1,226.48
	UTILIDAD 7%		1,073.17
	SUBTOTAL PRESUPUESTO		17,630.62
	IGV 18%		3,173.51
	TOTAL PRESUPUESTO		20,804.13

Anexo N° 23: Solicitud de permisos dirigidos a la Municipalidad Provincial de



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE
Av. Bolívar N° 400 – 282092 anexo 128
GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERU: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

Lambayeque, 15 de noviembre de 2021.

CARTA N° 1037-2021/MPL-GRH

Arquitecto

FLORES MINO JOSE BALTAZAR

Gerente de Infraestructura y Urbanismo

Presente.

ASUNTO : AUTORIZO REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACION.

REF. DOCUMENTO CON NOTA DE ENVIO N° 18489/2021. DE LA CRUZ VELASQUEZ RICARDINA ABIGAIID.

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarlo y en nombre de la Gerencia que represento, y a la vez comunicarle que se **AUTORIZA** a la Srta. De la Cruz Velásquez Ricardina Abigaid, estudiante de la carrera Profesional de Ingeniería Civil Ambiental, cursado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo* de la ciudad de Chiclayo, con la finalidad de desarrollar su trabajo de investigación denominado **"Estudio de la Influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021,** brindándole las facilidades requeridas.

Asimismo se le comunico que al término de su trabajo de investigación deberá remitir informe a esta gerencia.

Sin otro particular, me despido de usted.

Atentamente,

Adjunto 01 fl.
SCVS/vpf.


 Abog. Soledad Wilches Armas
 GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS

Lambayeque

Anexo N° 24: Autorización por parte de la municipalidad



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE
Av. Bolívar N° 400 – 282092 anexo 128
GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERU: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

Lambayeque, 15 de noviembre de 2021.

CARTA N° 1037-2021/MPL-GRH

Arquitecto

FLORES MINO JOSE BALTAZAR

Gerente de Infraestructura y Urbanismo

Presente.

ASUNTO : AUTORIZO REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACION.

REF. DOCUMENTO CON NOTA DE ENVIO N° 18489/2021. DE LA CRUZ VELASQUEZ RICARDINA ABIGAIID.

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarlo y en nombre de la Gerencia que represento, y a la vez comunicarle que se **AUTORIZA** a la Srta. De la Cruz Velásquez Ricardina Abigaid, estudiante de la carrera Profesional de Ingeniería Civil Ambiental, cursado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la ciudad de Chiclayo, con la finalidad de desarrollar su trabajo de investigación denominado **"Estudio de la Influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021,** brindándole las facilidades requeridas.

Asimismo se le comunico que al término de su trabajo de investigación deberá remitir informe a esta gerencia.

Sin otro particular, me despido de usted.

Atentamente,


 Abay Soto Celso Willes Armoque
 GERENTE DE RECURSOS HUMANOS

Adjunto 01 fl.
 SCVS/vpf.

Anexo N° 25: Fichas técnicas de la geomalla biaxial



GEOMALLA BIAXIAL BX3030

1. ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO

- **Tipo de producto:** Geomalla biaxial extruida.
- **Polímero:** 100% Polipropileno.
- **Mecanismo de transferencia de carga:** Enclavamiento mecánico positivo.
- **Aplicaciones principales:**

Para mejoramiento de subrasantes blandas y refuerzo de capa base, redistribución de cargas (plataformas o terraplenes), en suelos saturados y conformados por finos, etc..

DATOS TÉCNICOS DEL PRODUCTO	NORMA	UNIDAD	VALOR HARV
PROPIEDADES FÍSICAS			
Polímero	-	PP	-
Dimensiones de abertura malla (MD/TD)	-	mm	34 / 36
Espesor mínimo de costilla (MD/TD)	ASTM D1777	mm	2 / 15
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Resistencia a la tensión al 2% de deformación (MD/TD)	ASTM D6637	KN/m	10.5 / 10.5
Resistencia a la tensión al 5% de deformación (MD/TD)	ASTM D6637	KN/m	21 / 21
Resistencia última a la tensión (MD/TD)	ASTM D6637	KN/m	30 / 30
Blongación al esfuerzo último (MD/TD)	ASTM D6637	%	10 / 10
INTEGRIDAD ESTRUCTURAL			
Eficiencia de Juntas	GRI G52	%	95
Rigidez a la flexión	ASTM D1388	mg-cm	3,930,000
Estabilidad de apertura	CCE Method	mm-N/dag	1,432
DURABILIDAD			
Resistencia a la degradación UV	ASTM D4355 / D6637	%	90
Contenido mínimo negro carbón	ASTM D4218	%	2
Resistencia al daño químico	EPA 9090A	%	100
DIMENSIONES			
Ancho de Rollo	-	m	3.95
Largo de Rollo	-	m	50
Peso	-	kg	66
Rollo Área	-	m ²	197.5

Las Geomallas son elementos elaborados con resinas selectas de polipropileno, las cuales son química y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos; son resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección en el plano de la geomalla.

2. BENEFICIOS

- Alta resistencia a la tracción en ambas direcciones longitudinal y transversal.
- Reduce el costo de construcción.
- Aumenta la capacidad de carga de la subrasante.
- Reduce la erosión del suelo.
- UV estabilizado.
- Resistencia a la corrosión química y biológica.

FICHA TÉCNICA



3. APLICACIONES

- Refuerzo de la base para pavimentos flexibles.
- Mejora de subrasante y cimentación: alternativa rentable a la socavación y el relleno.
- Refuerzo de caminos pavimentados y no pavimentados.
- Refuerzo de relleno de sobrecarga o rellenos temporales como plataformas de construcción.
- Refuerzo en rellenos de terraplenes y presas de tierra.

01

Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos mecánicos en la instalación.

02

Alta resistencia a la deformación cuando la geomalla se somete a esfuerzos aplicados durante su uso.

03

Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos ambientales a largo plazo.



GAI-LAP



Planta: Av. Santa Ana Lote 3 Z.I. Lotización Rústica Chacra Cerro - Comas - Lima
Teléfono: (+51 1) 420 4860 | 959532120
E-mail: ventas@geoaceperu.com | www.geoaceperu.com



PAVCO
wavin

REFUERZO EN VÍAS Geomalla Biaxial Coextruida

Las Geomallas Biaxiales son estructuras bidimensionales de polipropileno, químicamente inertes, producidas mediante un proceso de extrusión, garantizando alta resistencia a la tensión y un alto módulo de elasticidad. Proporciona excelente resistencia frente a posibles daños de instalación y exposición ambiental. Están diseñadas especialmente para estabilización de suelos y aplicaciones de refuerzo.



VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Aumenta la vida útil de la estructura inicial al utilizarla en los granulares.
- Genera menor impacto ambiental en la explotación de pétreos al reemplazar los granulares.
- Disminuye espesores de granulares al emplearla como refuerzo.

CAMPOS DE APLICACIÓN

- Estabilización de suelos blandos.
- Refuerzo de materiales granulares en vías y terraplenes.
- Refuerzo secundario en muros de contención.
- Refuerzo de terraplenes en vías y pistas aéreas.

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL ¹	ST ¹	SL ¹	ST ¹
Módulo de rigidez inicial (@0.5% de elongación)	ASTM D6637	kN/m	390		570	
Resistencia última a la tensión	ASTM D6637	kN/m	20	20	30	30
Resistencia a la tensión 2% deformación (SL/ST)	ASTM D6637	kN/m	7	7.4	11	11
Resistencia a la tensión 5% deformación (SL/ST)	ASTM D6637	kN/m	14	14.6	21	21
Eficiencia de los nodos ²	ASTM D7737 / D6637	%	95			
Rigidez flexural	ASTM D7748	mg - cm + 1.000.000	700.000			
Rigidez torsional (J) ³	GRI GG9	cm - kg/deg	3.3		5.5	

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL ¹	ST ¹	SL ¹	ST ¹
Tamaño de abertura	Medido	mm	40	40	40	40
Espesor de las costillas	Medido	mm	1.3	0.70	2.4	1.0
Ancho de la costilla	Medido	mm	2.3	3.1	2.4	3.7
Resistencia a la degradación UV ⁴	ASTM D4355 / D6637	%	90		90	
Resistencia a los daños químicos	EPA 9090 A	%	100		100	

PRESENTACIÓN DEL ROLLO	NORMA	UNIDAD	P-BX 2020		P-BX 3030	
			SL ¹	ST ¹	SL ¹	ST ¹
Ancho del rollo	Medido	m	3.90		3.90	
Largo del rollo	Medido	m	51.3		51.3	
Área del rollo	Medido	m ²	200		200	

Nota:

- Todos los valores mostrados son VMPP (Valores mínimos promedio por rollo).
1. SL = Sentido Longitudinal
ST = Sentido Transversal
 2. Expresada como comparación entre las resistencias de la ASTM D7737 y ASTM D6637 de la misma muestra.
 3. Resistencia en el plano rotacional de movimiento medida mediante la aplicación de un momento de 20kg-cm en la junta central de una muestra de 9" x 9" restringida en su perímetro de acuerdo con la Metodología del Cuerpo de Ingenieros de USA para medida de Rigidez Torsional.
 4. Expresado como porcentaje de la resistencia última a la tensión.

CONVENCIONES:

ASTM: American Society for Testing and Materials • N. A.: No aplica.

Operamos bajo sistemas internacionales de control de calidad. Contamos con la acreditación GAI LAP (The Geosynthetic Institute).

La presente ficha técnica está vigente a partir de abril de 2019. Nos reservamos el derecho de introducir las modificaciones de especificaciones que considere necesarias para garantizar la óptima calidad y funcionalidad de sus productos sin previo aviso. La información aquí contenida se ofrece gratis, es clara y exacta a nuestro mejor saber y entender; no obstante, todas las recomendaciones y sugerencias serán hechas sin garantía, puesto que las condiciones de uso están fuera de nuestro control y es responsabilidad exclusiva del usuario. Por favor verificar los datos de esta especificación con el Departamento de Ingeniería para confirmar que la información está vigente.



PRESENTES EN TODA LATINOAMÉRICA



COLOMBIA: Bogotá • Tel.: (571) 782 5000 Ext.: 1518 • ingenieria@osintalcos@wavin.com
PERÚ: Lima • Tel.: (511) 6276038 / 6276039 • goosperu@wavin.com
ARGENTINA: Buenos Aires • Tel.: (54 11) 4848-8484 • goosintalcos@wavin.com
www.pavcovin@geosintalcos.com

Anexo N° 26: Cotización de la geomalla biaxial



GEOACE PERU S.A.C. | RUC: 20553727210
 Oficina: Jr. José Olaya 1573 La Perla - Callao
 Planta: Av. Santa Ana Lote 3 Z. I. Lotización
 Rústica Chacra Cerro - Comas - Lima
 (511) 420-4860 | www.geoaceperu.com

COTIZACIÓN N° 001 - 15239-03/2022
--

Empresa : RUC : Dirección : Teléfono :	Fecha : 31/03/2022 Contacto : RICARDINA DE LA CRUZ VELASQUE Email : abigaid0612@gmail.com Teléfono :
---	--

Nos es grato saludarlos y al mismo tiempo hacerles llegar la siguiente propuesta para su proyecto de : REFUERZO Y ESTABILIZACION

ITEM	DESCRIPCIÓN	UM	CANT.	P. UNIT. US\$	PARCIAL US\$
1	GEOMALLA BIAXIAL PP BX3030 (ROLLO: 3.95M X 50.0M)	M2	197.50	1.98	391.05
V. VENTA US\$					391.05
IGV 18%					70.39
TOTAL US\$					461.44

SON: CUATROCIENTOS CUARENTIOCHO Y 40/100 DOLARES AMERICANOS

CONDICIONES COMERCIALES:

Nuestros costos: Expresados en Dolares americanos. Precios unitarios no incluyen IGV.

Forma de Pago: 100% adelantado con la OC.

Tiempo de entrega: Inmediato despues de OC y deposito en Cta Cte.

Lugar de entrega: Av. Santa Ana Lote 3 Z.I. Lotización Rústica Chacra Cerro - Comas - Lima.

Observaciones comerciales: Ficha tecnica / Certificado de Calidad

Validez de la oferta: 15 dias.

Cuentas bancarias:

Banco	Moneda	Cuenta Corriente	Código Interbancario CCI
SCOTIABANK PERU	MIN	000-2275490	009-072-000002275490-07
SCOTIABANK PERU	ME	000-4488661	009-072-000004488661-03
BBVA CONTINENTAL	MIN	0011-0970-0100017063	011-970-000100017063-18
BBVA CONTINENTAL	ME	0011-0970-0100017061	011-970-000100017061-11
INTERBANK	MIN	898-3003861222	003-898-003003861222-49
INTERBANK	ME	898-3003861230	003-898-003003861230-42

Edith Rodriguez | Ejecutiva de Ventas

GEOACE PERU SAC

Móvil: 959532120 | Whatsapp : 959532120 | ventas@geoaceperu.com

Longitud de la red vial existente en el SINAC, según su superficie

LONGITUD DE LA RED VIAL EXISTE DEL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERA, SEGÚN TIPO DE SUPERFICIE POR AÑOS, 1990-2021

(Kilómetros)

Año	Clasificador de Rutas (Decreto Supremo)	Total SINAC	PAVIMENTADA				NO PAVIMENTADA			
			Nacional	Departamental	Vecinal 1/	Subtotal	Nacional	Departamental	Vecinal	Subtotal
2013	D.S. N° 036-2011-MTC	156 792	15 906	2 518	1 933	20 357	9 100	22 474	104 862	136 435
2014	D.S. N° 012-2013-MTC	165 467	17 411	2 430	1 925	21 766	8 377	22 582	112 741	143 701
2015	D.S. N° 012-2013-MTC	165 372	18 420	3 459	1 890	23 769	8 016	20 828	112 758	141 603
2016	D.S. N° 011-2016-MTC	165 905	19 682	3 696	1 915	25 293	7 001	21 608	112 002	140 612
2017	D.S. N° 011-2016-MTC	166 765	20 368	3 714	1 884	25 966	6 424	23 767	110 608	140 800
2018	D.S. N° 011-2016-MTC	168 473	21 434	3 623	1 859	26 916	5 676	23 882	111 999	141 557
2019	D.S. N° 011-2016-MTC	168 954	22 172	4 261	2 336	28 770	4 881	23 378	111 925	140 184
2020	D.S. N° 011-2016-MTC	168 882	22 217	4 262	2 318	28 797	4 832	23 562	111 691	140 085
2021 (Jul.)	D.S. N° 011-2016-MTC	175,589	22 535	4 262	2 782	29 579	4 511	23 689	117 811	146 010

Fuente: MTC

Infraestructura vial existente del SINAC, según departamento al año 2021

Infraestructura Vial Existente del SINAC, según departamento

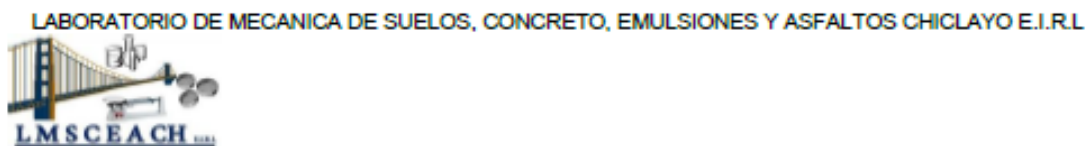
(Clasificador de Rutas D.S.011-2016-MTC al 31 de julio 2021)

Kilómetros

DEPARTAMENTO	LONGITUD TOTAL	NACIONAL				DEPARTAMENTAL ^{1/}				VECINAL ^{2/}			
		SUB TOTAL	Pavimentada	No Pavimentada		SUB-TOTAL	Pavimento	No Pavimentada		SUB-TOTAL	Pavimento	No Pavimentada	
TOTAL	175,589.3	27,045.6	22,535.1	4,510.6	27,951.0	4,262.4	23,688.6	120,592.7	2,781.6	117,811.0			
Amazonas	3,260.3	855.0	851.5	3.5	754.3	31.3	723.0	1,651.0	0.0	1,651.0			
Ancash	10,743.7	1,885.9	1,435.5	450.4	1,223.0	526.7	696.4	7,634.7	117.7	7,517.0			
Apurímac	8,129.1	1,284.0	1,013.5	270.5	1,290.8	9.1	1,281.8	5,554.3	11.6	5,542.7			
Arequipa	10,214.1	1,493.0	1,214.5	278.5	1,739.5	977.9	761.7	6,981.5	576.5	6,405.0			
Ayacucho	12,585.3	1,794.0	1,726.7	67.4	1,855.3	297.4	1,557.9	8,935.9	111.9	8,823.9			
Cajamarca	14,718.2	1,740.1	1,519.5	220.6	888.8	31.8	857.0	12,089.4	67.4	12,022.0			
Callao	52.1	45.2	45.2	0.0	6.9	5.2	1.7	0.0	0.0	0.0			
Cusco	17,504.7	2,032.8	1,623.5	409.4	2,803.5	565.2	2,238.3	12,668.4	304.6	12,363.8			
Huancavelica	8,244.3	1,446.3	1,187.8	258.5	2,002.3	21.3	1,981.0	4,795.7	0.7	4,795.1			
Huánuco	7,873.9	1,313.5	914.0	399.4	772.4	16.7	755.8	5,787.9	81.4	5,706.5			
Ica	3,646.2	637.3	683.3	14.1	743.1	48.9	694.1	2,205.8	162.2	2,023.6			
Junín	11,995.4	1,783.5	1,061.6	721.9	1,125.2	76.7	1,048.5	9,086.8	239.6	8,847.2			
La Libertad	8,808.0	1,262.2	954.6	307.6	1,941.2	106.4	1,834.8	5,604.7	160.5	5,444.2			
Lambayeque	3,197.5	469.0	450.8	18.2	674.5	208.6	465.8	2,054.0	27.6	2,026.4			
Lima	7,615.6	1,685.0	1,357.4	327.6	1,609.7	160.4	1,449.3	4,320.9	154.3	4,166.6			

Fuente: MTC

Anexo N° 27: Ensayos de Densidad de Campo:



Solicitante : De La Cruz Velasquez Ricardina Abigail
 Obra : "Estudio de la Influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021"

Ubicación : DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA DE LAMBAYEQUE DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2022

ENSAYO : SUELOS, Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in-Situ mediante el cono de arena.
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.143 ASTM D-1556

I.- Ubicación y/o Descripción de Prueba

N° de Prueba / N° Base		D - 01	D - 02			
Cono		4	4			
Placa		C	C			
II.- Datos de Campo y de Laboratorio						
1.-Peso de frasco + arena calibrada	g.	7007	6976			
2.-Peso de frasco + arena que queda	g.	3157	3558			
3.-Peso de la arena en el cono	g.	1573	1573			
4.-Densidad de la arena	g/cm ³	1.42	1.42			
5.-Volumen del material extraído	cm ³	1604	1299			
6.-Peso del material + recipiente	g.	3332	2991			
7.-Peso del recipiente	g.	9.0	9.0			
8.-Peso del material retenido 3/4"	g.	496	334			
9.-Peso específico de la grava	g/cm ³	2.41	2.41			
10.-Volumen de la grava	cm ³	206	139			
11.-Peso de finos	g.	2827	2648			
12.-Volumen de finos	cm ³	1398	1161			
13.-Densidad natural húmeda	g/cm ³	2.023	2.281			
III.- Contenido de Humedad						
14.-Humedad (Speedy)	(%)	5.0	6.0			
15.-Densidad natural seca	g/cm ³	1.926	2.152			
IV.- Resultados de Laboratorio (Proctor Modificado)						
16.-MÁXIMA DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.28	2.28			
17.-ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	6.87	6.87			
V.- Resultados Final						
18.-GRADO DE COMPACTACIÓN	(%)	85	94			

D - 01 Tramo de Prueba
 D - 02 Tramo de Prueba

OBSERVACIONES:

- Ensayo realizado : Chiclayo, 05 de junio del 2022


J. URBINA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 147898


DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. Nº 147898

Anexo N° 28: Ensayo de Viga Benkelman al pavimento nuevo:



Foto 98. Corroboración del brazo de la viga, relación 1:2
Fuente: Propia



Foto 99. Inicio del ensayo

Fuente: Propia



Foto 100. Toma de valores de la lectura del dial dictadas por el Técnico
Fuente: Propia



Foto 101. Toma de valores del lado izquierdo
Fuente: Propia

a) Ensayo de la Viga Benkelman al pavimento antiguo:



Foto 102. Toma de valores del pavimento antiguo lado izquierdo
Fuente: Propia



Foto 103. Toma de valores del pavimento antiguo lado derecho

Fuente: Propia



Foto 104. Toma de valores del pavimento antiguo lado izquierdo
Fuente: Propia

Anexo N° 29: Comparación del estado de la zona

