



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la
estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los
Olivos 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

Marmanillo Mamani, Daina Giovanna (ORCID:0000-0002-7213-0766)
Villegas Aguilar, Maria Fernanda (ORCID:0000-0003-3479-8316)

ASESOR(A):

Mg. Diaz Huiza, Luis Humberto (ORCID:0000-0003-1304-5008)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA – PERÚ
2020

Dedicatoria

Este proyecto de investigación va dedicado a nuestros padres, quienes con su amor incondicional nos brindaron su apoyo y nos guiaron en este largo camino para así nosotras poder cumplir nuestras metas.

Agradecimiento

A nuestro asesor, por brindarnos su conocimiento y orientación para la realización de este proyecto de investigación.

A nuestras familias, por sus palabras de aliento y apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2. Variables y operacionalización	22
3.3. Población, muestra y muestro	24
3.3.1. Población	24
3.3.2. Muestra	24
3.3.3. Muestreo	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5. Procedimientos	30
3.6. Método de análisis de datos	36
3.7. Aspectos éticos.....	36
IV. RESULTADOS	37
V. DISCUSIÓN	77
VI. CONCLUSIONES	78
VII. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación de geosintéticos</i>	12
Tabla 2. <i>Clasificación de Suelos según tamaño de partículas</i>	14
Tabla 3. <i>Clasificación SUCS</i>	15
Tabla 5. <i>Clasificación de suelos según índice de plasticidad</i>	16
Tabla 6. <i>Clasificación de Suelos según índice de grupo</i>	18
Tabla 7. <i>Categorías de subrasante</i>	19
Tabla 8. <i>Número de calicatas</i>	20
Tabla 9. <i>Operacionalización de variables</i>	23
Tabla 10. <i>Técnicas de laboratorio</i>	29
Tabla 11. <i>Ensayo de análisis granulométrico</i>	37
Tabla 12. <i>Ensayo de análisis límite líquido, plástico e índice de plasticidad</i>	38
Tabla 13. <i>Ensayo de contenido de humedad</i>	39
Tabla 14. <i>Ensayo de Proctor modificado</i>	40
Tabla 15. <i>Proctor modificado sin aplicación de polímero sintético muestra 2</i>	41
Tabla 16. <i>Proctor modificado sin aplicación de polímero sintético muestra 3</i>	42
Tabla 17. <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	43
Tabla 18. <i>Ensayo CBR %</i>	44
Tabla 19. <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	45
Tabla 20. <i>Ensayo CBR %</i>	46
Tabla 21. <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	47
Tabla 22. <i>Ensayo CBR %</i>	48
Tabla 23. <i>Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 2cm %</i>	49
Tabla 24. <i>Proctor modificado aplicación de polímero sintético a 2cm muestra 2</i>	50
Tabla 25. <i>Proctor modificado aplicación de polímero sintético a 2cm muestra 3</i>	51
Tabla 26: <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	52
Tabla 27: <i>Ensayo CBR %</i>	53
Tabla 28: <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	54
Tabla 29: <i>Ensayo CBR %</i>	55
Tabla 30: <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	56
Tabla 31: <i>Ensayo CBR %</i>	57
Tabla 32: <i>Proctor modificado aplicación de polímero sintético a 1.2cm muestra</i>	58

Tabla 33: <i>Proctor modificado aplicación polímero sintético a 1.2cm muestra 2</i> ...	59
Tabla 34: <i>Proctor modificado aplicación polímero sintético a 1.2cm muestra 3</i> ...	60
Tabla 35: <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	61
Tabla 36: <i>Ensayo CBR %</i>	62
Tabla 37: <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	63
Tabla 38: <i>Ensayo CBR %</i>	64
Tabla 39: <i>Ensayo CBR compactación y penetración</i>	65
Tabla 40: <i>Ensayo CBR %</i>	66
Tabla 41. <i>CBR con polímero sintético a diferentes profundidades</i>	67
Tabla 42. <i>Ensayo de tracción y elongación</i>	67
Tabla 43. <i>Gráficas Fuerza-Deformación Longitudinal y Transversal</i>	67
Tabla 44. <i>Ensayo de tracción y elongación</i>	68
Tabla 45. <i>Gráficas Fuerza-Deformación Longitudinal y Transversal</i>	68
Tabla 46. <i>Cuadro comparativo de geomallas</i>	71
Tabla 47. <i>Datos de la calle Fortaleza</i>	71
Tabla 48. <i>Datos de la geomalla biaxial</i>	72
Tabla 49. <i>Cálculo de cantidad de botellas plásticas</i>	72
Tabla 50. <i>Presupuesto de botellas plásticas</i>	72
Tabla 51. <i>Presupuesto total de polímero sintético con botellas plásticas</i>	73
Tabla 52. <i>Presupuesto total de geomalla Tensar vs polímero sintético</i>	73
Tabla 53. <i>Prueba de normalidad</i>	74
Tabla 54. <i>Estadísticas de muestras emparejadas</i>	74
Tabla 55. <i>Correlaciones de muestras emparejadas</i>	75
Tabla 56. <i>Análisis estadístico t-student</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Reciclado en Lima.....	2
<i>Figura 2.</i> Suelo arcilloso.....	9
<i>Figura 3.</i> Diseño estructural de pavimento.....	10
<i>Figura 4.</i> Tereftalato de polietileno.....	11
<i>Figura 5.</i> Geomalla Biaxial.....	13
<i>Figura 6.</i> Dimensiones de geomalla biaxial.....	13
<i>Figura 7.</i> Clasificación granulométrica.....	14
<i>Figura 8.</i> Cuchara de Casagrande.....	17
<i>Figura 9.</i> Curva de compactación.....	18
<i>Figura 10.</i> Ensayo California Bearing Ratio.....	19
<i>Figura 11.</i> Máquina Universal de Ensayos.....	21
<i>Figura 12.</i> Ubicación geográfica.....	24
<i>Figura 13.</i> Representación de muestra.....	25
<i>Figura 14.</i> Máquina cortadora semi-industrial.....	26
<i>Figura 9.</i> Representación de muestra.....	26
<i>Figura 15.</i> Unión de costillas longitudinal y transversal.....	27
<i>Figura 16.</i> Polímeros sintéticos con botellas plásticas.....	27
<i>Figura 17.</i> Muestra de suelo en el laboratorio de suelos.....	28

RESUMEN

El buen diseño de las obras viales es indispensable para el tránsito vehicular, pero para ello es necesario contar con una buena subrasante, o de otro modo contar con buenas técnicas para mejorar el terreno. Por tales motivos poco a poco las geomallas de polipropileno se han ido introduciendo en el mercado ayudando así al buen diseño. De igual manera, en este proyecto se quiso implementar una geomalla con otro tipo de material capaz de reducir costos y contribuir al medio ambiente.

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020. Para este fin se desarrollaron ensayos de suelos como análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado, CBR y para evaluar la calidad de la geomalla elaborada se realizó el ensayo de resistencia a la rotura y elongación (2% y 5%).

La geomalla biaxial consta de una abertura longitudinal de 2.5 cm y transversal de 3.05 cm y las costillas tienen un espesor de 4 mm, la cuál será sometida a un control de calidad para poder verificar si será apta como estabilizante de una subrasante de suelos arcillosos.

Asimismo, dicha geomalla será aplicada en el ensayo de CBR en las profundidades de 2cm y 1.2 cm y así poder evaluar si existe una mejora en la capacidad de soporte del terreno natural.

Palabras claves: Polímeros sintéticos, Resistencia a la rotura y elongación, Capacidad de soporte

ABSTRACT

Good design of the road works is essential for vehicular traffic, but for this it is necessary to have a good subgrade, or otherwise have good techniques to improve the terrain. For these reasons, little by little, polypropylene geogrids have been introduced to the market, thus helping good design. Similarly, this project wanted to implement a geogrid with another type of material capable of reducing costs and contributing to the environment.

The main objective of this research is to determine the influence of synthetic polymers with plastic bottles on the stabilization of subgrade in clayey soils Fortaleza Los Olivos 2020 street. For this purpose, soil tests were developed such as granulometric analysis, Atterberg limits, modified Proctor, CBR and to evaluate the quality of the developed geogrid, the resistance to breakage and elongation test (2% and 5%) was performed.

The biaxial geogrid consists of a longitudinal opening of 2.5 cm and a transversal opening of 3.05 cm and the ribs have a thickness of 4 mm, which will be subjected to a quality control to verify if it will be suitable as a stabilizer for a subgrade of clay soils.

Likewise, said geogrid will be applied in the CBR test at depths of 2cm and 1.2 cm and thus be able to evaluate if there is an improvement in the support capacity of the natural terrain.

Keywords: Synthetic polymers, Resistance to breakage and elongation, Bearing capacity

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática:

En el Perú, específicamente en el norte de Lima existen suelos pobres, y debido a ello la inestabilidad de estos es uno de los principales inconvenientes que se encuentran en una pavimentación. Se sabe que las carreteras son una necesidad básica para la población, cuyo único objetivo es ser fuente de comunicación, por tal motivo a lo largo de los años se han desarrollado múltiples métodos para aumentar la capacidad de soporte del terreno y así extender su vida útil, alterando así su proceso convencional. Tales métodos involucran una alteración en el presupuesto, ya que suelen ser costosos, además de en algunos casos no sostenibles.

La implementación de los geosintéticos (geotextiles, geomallas, etc), es uno de los métodos más utilizados para estabilizar la subrasante puesto que entre sus principales ventajas es su fácil instalación, uno de sus componentes es a base de polímeros sintéticos. También existen el uso de cal, cloruro de sodio, hule de neumáticos, entre otros, cuya finalidad es la misma, mejorar las propiedades de los suelos. Por otro lado, según la revista mundial World Air Quality publicada por IQAir (2019, pag.9) Perú se ubica en el puesto 28 como uno de los países con mayor grado de contaminación ambiental siendo Perú considerado el país con el promedio anual más alto en exposición a la contaminación a nivel Latinoamérica. Teniendo en cuenta que Lima en el 2018 según World Air Quality estuvo posicionada en el octavo puesto como la ciudad más contaminada en América Latina.

El Ministerio del Ambiente (2018) nos dice que debemos de tomar conciencia de la importancia de reutilizar o reciclar los residuos de forma correcta, minimizando la contaminación, re-usando y reaprovechando aquellos que aún tienen valor comercial y pueden ser procesados y convertidos en productos nuevos, aprovechando lo mencionado en utilizar el polietileno como geosintético e implementarlo en la estabilización de suelo, teniendo como conocimiento que las botellas plásticas demoran hasta 450 años en descomponerse en el mar y en la tierra tardan de 100 a mil años, siendo los objetos más contaminantes y de fácil adquisición.

De todo lo expuesto consideramos que más allá de obtener calidad, queremos aportar con el medio ambiente, de tal modo desarrollaremos el reciclaje de botellas plásticas compuestas por Tereftalato de polietileno (PET) para la estabilización de suelos arcillosos, ya que este tipo de suelo posee una condición no apropiada para la circulación de cargas pesadas.



Figura 1. Reciclado en Lima.

1.2. Formulación del problema:

Los problemas identificados en el siguiente proyecto de investigación se han realizado enfocándose en la elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos.

¿En qué medida influye la incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

¿Qué capacidad de soporte se obtiene al incluir los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

¿Cuál es la resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

¿Es rentable el uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

1.3. Justificación:

La inadecuada utilización del plástico en el Perú es uno de los principales disgustos, pues no hay un buen aprovechamiento en sus múltiples usos. Este material tiene una fabricación aproximada de 900.000 toneladas al año, del cual solo el 4% se recicla.

En la industria de la construcción se ha optado desde hace años implementar un sistema sostenible que ayude al medio ambiente, de tal forma en nuestro presente informe de investigación se ha buscado contribuir en el reciclaje de botellas plásticas, para esto se procederá al lavado y eliminación de etiquetas de las botellas, luego se cortará en tiras el plástico obtenido de tal manera que se genere una especie de malla para luego colocarla en la subrasante. Este método de estabilización ayudará a la reducción de la contaminación al medio ambiente y también nos resultará económico a comparación de otros métodos y/o productos.

1.4. Objetivos:

Objetivo general:

Determinar la influencia de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Objetivos específicos:

Determinar la capacidad de soporte al incluir los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Determinar la resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Analizar la rentabilidad del uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

1.5. Hipótesis:

Hipótesis general:

La incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas, será favorable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Hipótesis específicas:

La capacidad de soporte deberá ser mayor al 6% según el Manuel de Carreteras con la elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

La resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% empleando la Máquina Universal de los polímeros sintéticos con botellas plásticas influirán favorablemente en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

El uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas será rentable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Trabajos previos:

Antecedentes Internacionales:

En la tesis titulada “Análisis del comportamiento físico y mecánico de la adición de microfibras de PET en el mejoramiento de un suelo arcilloso, tuvo como **objetivo** estudiar el comportamiento físico-mecánico de un suelo con mejoramiento de fibras PET, con referencia a un suelo virgen de la misma muestra. Lo cual tuvo como **resultado** que la implementación de microfibras PET en un suelo areno arcilloso de baja plasticidad, tuvo un mejoramiento en sus características físico-mecánicas. El cual para una muestra de 3000 gr necesito un 2.5% de adición de microfibras para generar un mejoramiento notorio. Pero de acuerdo a la norma I.N.V.E-48 Art.220, el cual nos especifica que la adición mínima de CBR para suelos adecuados debe ser mayor al 5%. Aplicando la **metodología** cuantitativa. En **conclusión**, al realizar el trabajo de adición de microfibras PET a un suelo, se obtiene una mejora notoria en las características físico-químicas del suelo” (Luna y Bejarano, 2020, págs. 20, 37, 72).

En la tesis titulada " Refuerzos de estructuras terreas utilizando tereftalato de polietileno (PET), señaló como **objetivo** estudiar el comportamiento de un suelo reforzado mediante la inclusión de fibras de PET (Polietileno Tereftalato) con dimensiones de 8 cm de largo, 2mm de ancho y 0,5mm de espesor con el fin de dar estabilidad a estructuras terreas. Aplicando la **metodología** experimental. Lo cual obtuvo como **resultado** que las probetas con 0,3% de adición de PET y con la menor compactación, fallaron al recibir un esfuerzo compresivo de 0.161 kg/m², mientras que la probeta con mayor porcentaje de adición de PET y con mayor compactación, es decir, 1,2% fallaron al recibir un esfuerzo de 0.332 kg/m². Con respecto a esto datos se puede afirmar que los especímenes con mayor reforzamiento y además mayormente compactados tienen mejor comportamiento en cuanto a esfuerzo vs deformación. Por último, se llegó a la **conclusión** que este método de reforzamiento de estructuras terreas funciona, dado que es

evidente que la resistencia al corte del suelo mejoro notablemente con la inclusión de las fibras, y también que es mucho más conveniente aplicar una compactación elevada para tener mejores resultados " (Arbeláez y Góngora, 2019, págs. 13, 76, 78).

En la tesis titulada "Análisis del comportamiento de la base- cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado", tiene como **objetivo** contrastar la conducta de la base estabilizada con cemento, sustituyendo el 2%, 4% y 6% de material granular con PET reciclado tipo escamas N°4, con el fin de determinar si el producto presentado puede ser empleado como estabilizante. Aplicando la **metodología** científica. Además, se destaca que, el valor comercial del kilogramo de material PET es elevado, dada su condición de material reciclado, esto debido a que, es una industria que en Colombia aún no se ha desarrollado a plenitud, pues no se han realizado suficientes investigaciones que permitan identificar alternativas para su reutilización, y en este caso, como material para construcción en ingeniería civil; sin embargo, es bueno considerar que la alternativa que se presentó en esta investigación contribuye con el manejo de este material en beneficio de la preservación del medio ambiente, por lo que se debería considerar incentivar el desarrollo de esta industria en el país. Se **concluyó** que el material PET es muy duradero, además de que una de sus características principales es resistencia, principalmente es resistente al ataque de microorganismos, no emite reacción al aplicarle diferentes y su tiempo de degradación es muy larga, así mismo este producto es un material no pesado y práctico que se puede reciclar en un 100% evitando la contaminación ambiental, a su vez generando impactos ambientales positivos en cuanto al uso del nuevo producto reciclado, ya que puede darse el uso de diferentes formas y en diferentes sector como por ejemplo en el sector de la construcción". (Arteaga, 2018, págs. 19, 38, 82, 84)

Antecedentes Nacionales:

En su tesis “Estabilización de sub rasante de suelos inadecuados con geosintético producido por botellas plásticas recicladas” tuvo como **objetivo** evaluar la estabilización de subrasantes de suelos baja capacidad portante y baja calidad aplicando un geosintético elaborado de botellas plásticas. Aplicando la **metodología** cuantitativa. Lo que **resultó** en la prueba CBR a la muestra del suelo aplicando el geosintético perforado a profundidades de 8cm, 4cm, 2.54 cm, 1.27 cm, se observan mejorías de 14.77%, 28.87%, 54.98% y 124.74% con respecto al CBR del suelo natural, mientras que el estudio de Núñez a un suelo base incorporando geomalla a diferentes alturas de 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm y 10 cm y obteniendo aumentos de 14,71%, 26,04%, 53,07% y 84,87% respectivamente según su CBR de suelo natural , lo que verifica que los geosintéticos aumentan el valor de soporte por estar cerca de la interfaz de la subrasante. En **conclusión**, de acuerdo a los parámetros del manual de carreteras del MTC, este tipo de suelos requiere refuerzo” (Cuellar y Vega, 2020, págs. 8, 10, 40, 41).

En su tesis nombrada " Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018”, indicó como **objetivo** determinar la influencia de la integración del plástico reciclado triturado en la mejora de la sub rasante. Aplicó la metodología **deductiva**. Lo cual dió como **resultado** que para determinar el aumento del porcentaje de CBR considerando la granulometría ideal y textura ondulada, de los 6 porcentajes probados solo se consideran los valores que se encuentran dentro del valor máximo de CBR alcanzado, que es con 5% de incorporación; es decir, el valor medio de CBR en dosis de 1% a 5%. En **conclusión**, se obtuvo que la incorporación de PRT-PET influye significativamente en la mejora del suelo a nivel de subrasante en función del tipo de granulometría, textura y dosificación con la que se incorpora al suelo, aumentando el valor de CBR y reduciendo la expansión del suelo, logrando pasar de ser una

subrasante insuficiente o pobre con un valor de CBR de 3.4% y expansión de 1.1% a una subrasante regular de 7.8% y expansión de 0.60 apta para soportar la estructura del pavimento" (Quispe y Sañac, 2019, págs. 3, 41, 110, 111).

En la tesis titulada " Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018 ", tiene como **objetivo** determinar la influencia al aplicar las bolsas de polietileno fundido en la estabilización de un suelo arcilloso o de baja calidad de la subrasante. Haciendo uso de la **metodología** experimental. Del mismo modo se adquirió como **resultado** en el IP se observa que el suelo natural varía de 12.7% a 14.7%, al añadir 4% BPF reduce su plasticidad de mediana a ligera y se observa que el suelo varía de 7.5% a 10.5%; con respecto a la clasificación de suelos con el método SUCS el suelo varía de ML (arcilla con ligera plasticidad) a CL (arcilla de plasticidad media a baja) y con el método ASSHTO el suelo varía de A-4(3) (suelo limo-arcilloso) a A-7-8(9) (suelo arcilloso); para el ensayo de proctor modificado la MDS de suelo natural varia de (1.707 a 1.806) kg/cm³, al añadir 12% BPF la MDS del suelo varía de (1.785 a 1.833) kg/cm³, por último el CBR del suelo natural varía de 5% a 5.9% lo cual indica que la subrasante es pobre en resistencia y necesita ser mejorada y al añadir 12% BPF el CBR varía de 9.8% a 10.3% lo cual indica que la subrasante es regular o buena. Llegando a la **conclusión** que la incorporación de las bolsas de polietileno fundido en proporciones de 4%, 8% y 12% influyó en el mejoramiento de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, por lo tanto, se acierta la hipótesis planteada donde establece que las bolsas de polietileno fundido influyen en el mejoramiento de un suelo arcilloso de la subrasante. (Linares, 2019, págs. 2, 16, 43)

2.2. Teorías relacionadas al tema:

- **Estabilización de suelos:**

Según Yepes, menciona al respecto:

La estabilización de suelos consta de mejorar un suelo que existe adicionando un material, que puede ser es cal o cemento Los beneficios directos que adquirimos son, entre otras, las próximas: aprovechar los suelos

pobres, evitando su sustracción y transporte a vertedero; minimizar la sensibilidad al agua del suelo, incrementando su resistencia a la erosión, a la helada y otros agentes climáticos; acceder a la circulación por terrenos intransitable y adquirir una plataforma sólida de apoyo del firme de infraestructuras lineales que colabore estructuralmente con el mismo. (2014, párr.2).

- **Suelos arcillosos:**

Según Sandoval, dice:

Los suelos arcillosos presentan gran cantidad de arcilla por arriba de otras partículas de varios tamaños. La arcilla son las partículas pequeñas de menos de 0.001 milímetros de diámetro. La arcilla está compuesta de silicatos de aluminio, es impermeable y al unirse con agua o humedad se hace más plástica, también contiene limo y arena, pero la arcilla es la que influye. (2019, p.3).



Figura 2. Suelo arcilloso.

- **Subrasante:**

Según el Manual de carreteras, sostiene:

La Subrasante es el área terminada del pavimento a grado de desplazamiento de tierras (corte y relleno), donde se sitúa la composición del pavimento o afirmado. La subrasante es la base para el diseño del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se hace entre el lote natural allanado o explanada y la composición del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que resistirá

la composición del pavimento, y está constituida por suelos seleccionados de propiedades admisibles y compactados por capas para formar una superficie estable en óptimo estado, de tal forma que no se vea afectada por las fuerzas que ejerce el tránsito vehicular. (2013, p.23)

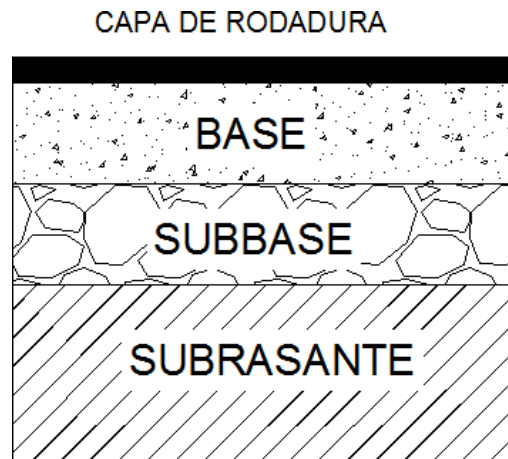


Figura 3. Diseño estructural de pavimento.

- **PET (Tereftalato de polietileno):**

“Es un elemento transparente, duro y muy resistente, tanto al deterioro por agentes climáticos y a los productos químicos, como al impacto, a la fractura y al fuego. Además, hay que sumarle que es reciclable y considerado con la naturaleza. [...]”. (Arteplastica, 2017, párr.2)

Según la revista Gestores de Residuos existe:

1. PET (Polietileno tereftalato). El PET se utiliza principalmente en la elaboración del envase de botellas de diferentes bebidas. A través de su reciclaje se recibe principalmente fibras para relleno de bolsas de descansar, alfombras, cuerdas y almohadas.
2. HDPE (Polietileno de alta densidad). El HDPE normalmente se usa en envases de leche, detergente, etc.
3. PVC (Cloruro de polivinilo). PVC es usado en botellas de champú, envases de aceite de cocina, etc.
4. LDPE (Polietileno de baja densidad). El LDPE está en bolsas de supermercado, plástico para envolver. El LDPE puede ser reciclado y procesado para volver a ser utilizados como bolsas de supermercado.

5. PP (Polipropileno). El PP puede ser usado como viguetas de plástico, cajas de baterías para autos.
6. PS (Poliestireno). El PS se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes. El PS puede reciclarse y ser procesado para utilizarse en cajas de cintas para casetes y macetas.



Figura 4. Tereftalato de polietileno.

- **Polímeros sintéticos:**

Según Hermida, sostiene:

Son macromoléculas instaurados por el ser humano y se parten en 2 clases según su comportamiento al ser calentados: termoplásticos y termorrígidos. Los termorrígidos, sin embargo, se descomponen al ser calentados y no tienen la posibilidad de fundirse. Tienen estructuras elaboradas tridimensionales con reticulación. (2011, p. 16).

- **Geosintéticos:**

Según Sicha, menciona que:

Los geosintéticos, según ASTM D4439, son un producto planar hecho de material polimérico. Dichos materiales mantienen contacto directo con suelo, piedra u otro material referente a la ingeniería geotécnica que logre incorporarse en proyectos, construcciones o sistema. Pueden cumplir 5 funciones principales: separación, filtración, refuerzo, drenaje e impermeabilización (Koerner, 2012). Asimismo, se pueden organizar principalmente en los siguientes tipos: geotextiles, geomallas, geomembranas (2018, p.6).

Tabla 1. Clasificación de geosintéticos.

	Geotextil	Geomembrana	Geonet	Geomalla	Geocompuesto
Separación	X				X
Filtración	X				X
Drenaje	X		X		X
Impermeabilización		X			X
Refuerzo	X			X	X

Fuente: Manual de Diseños con Geosintéticos, Octava Edición

- **Geomalla Biaxial:**

“La geomalla biaxial está proyectada para tener un equilibrio igual de resistencia a la tracción tanto en la máquina como en las direcciones transversales. Esto le da a la geomalla la función de repartir las cargas en un área más extendido de lo usual, por lo que su capacidad incrementa empleándolo en estabilizaciones de bases” (GEOACE, 2019, párr. 5).

Ventajas según Arpimix:

- Mejora de la subrasante o la capa subbase.
- Incrementa la capacidad de carga admisible efectiva debajo de zapatas corridas de baja altura.
- Disminuye el asentamiento diferencial.
- Es adecuado para suelos pantanosos o blandos ya que crean núcleos compuestos de suelo y geomalla formando terraplenes estables y minorando los tiempos de construcción.
- Edificar taludes seguros, estructuralmente estables y de mayor inclinación para reducir los desplazamientos de suelo e incrementar la capacidad de ésta misma.



Figura 5. Geomalla Biaxial

Características de geomallas según Caballeros:

- **Tamaño de aberturas:** Las aberturas de las geomallas tienen que ser considerablemente enormes, como para dejar que los agregados y el suelo entren por medio de ellas, sin embargo, lo justamente chicas para conceder una trabe eficaz. Se ha demostrado que una abertura entre 0.9 y 1.5 pulgadas tiene un mejor resultado con la mayor parte de las composiciones de agregados y suelos de las bases para carreteras.
- **Grosor de costillas y uniones:** Las costillas cuadradas o rectangulares y gruesas dan mejor relación con los suelos al instante de confinar las partículas, comparativamente a las costillas redondeadas y delgadas.
- **Resistencia a la tensión:** Para la situación de las geomallas biaxiales esta resistencia se muestra en los dos sentidos, no obstante, muestran más grande capacidad a la tensión en el sentido longitudinal, o bien el sentido del rollo.

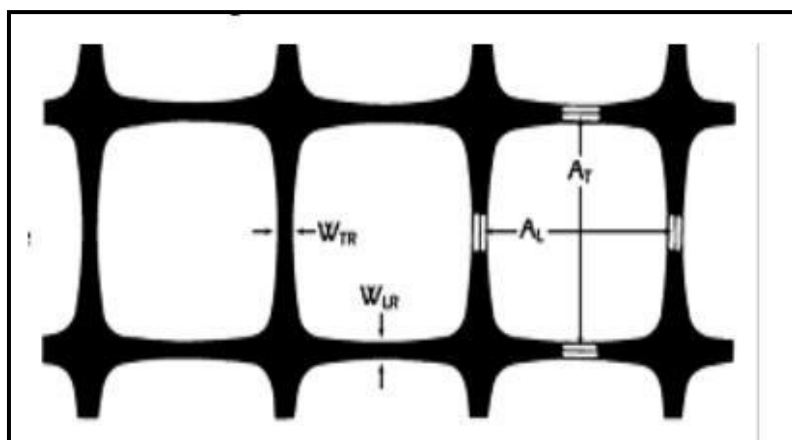


Figura 6. Dimensiones de geomalla biaxial

Para determinar las características del tipo de suelo se procede a realizar los siguientes ensayos:

A. Granulometría, da a conocer los tamaños del agregado por medio del tamizado de la muestra según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). El propósito de este laboratorio es determinar la simetría de sus diferentes elementos, especificados según su dimensión.

Tabla 2. Clasificación de Suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos



Figura 7. Clasificación granulométrica.

Tabla 3. Clasificación de suelos según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES	SIMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad Óptima P.M	CBR In situ		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GW	Excelente	Excelente	2.00 - 2.24	60-80		
	GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76- 2.08	25-60		
	Gravas	GM	d	Bueno a excelente	2.08-2.32	40-80	
			u	Bueno	1.92-2.24	20-40	
		GC	Bueno	Mala a impermeable	1.92-2.24	20-40	
	Arenas	SW	Bueno	Excelente	1.76-2.08	20-40	
		SP	Aceptable a bueno	Excelente	1.60-1.92	10-25	
		SM	d	Aceptable a bueno	Aceptable a mala	1.92-2.16	20-40
			u	Aceptable	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20
		SC	Malo a bueno	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL<50)	ML	Malo a aceptable	Aceptable a mala	1.60-2.00	5-15	
		CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60-2.00	5-15	
		OL	Malo	Mala	1.44-1.70	4-8	
SUELOS ORGANICOS	Limos y arcillas (LL>50)	MH	Malo	Aceptable a mala	1.28-1.60	4-8	
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44-1.76	3-5	
		OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28-1.68	3-5	
	Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-		

Fuente: Manual de Carreteras

Tabla 4. Clasificación de suelos según AASHTO

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo -arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	Subgrupo	A-1-a		A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7	A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤50											
	#40	≤30	≤50	≤51									
	#200	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	≥36	
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido			NP	C	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≥41	≥41
Índice de plasticidad	≤6			≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11	≥11
INDICE DE GRUPO	0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤20		≤20	
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		suelos arcillosos			
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA							ACEPTABLE A MALA					

Fuente: Manual de Carreteras

B. La plasticidad

Según el Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos:

La característica de estabilidad significa que el suelo no se desintegrará bajo cierta humedad, por lo que la plasticidad del suelo no depende de los elementos gruesos que contiene, sino exclusivamente de los elementos finos. El análisis del tamaño de partículas no deja apreciar esta característica, por lo que se debe determinar los Límite de Atterberg. (2013, p.36).

La plasticidad se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

- ❖ Límite Líquido (LL), se da cuando la muestra del suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.
- ❖ Límite Plástico (LP), se da cuando la muestra del suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se quiebra.

Tabla 5. Clasificación de suelos según índice de plasticidad

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

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

El índice de plasticidad indica "el tamaño del rango de humedad, dentro del cual el suelo tiene plasticidad y puede clasificar bien el suelo. Un IP mayor pertenece a muy arcilloso; por el contrario, un IP menor es una característica del suelo con un poco de arcilla" (Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p.37).



Figura 8. Cuchara de Casagrande.

C. Índice de grupo, es “un índice normalizado por AASHTO que sirve para clasificar suelos, forma parte de los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se haya a través de la fórmula” (Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p.37).

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

Donde:

- ❖ a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).
Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- ❖ b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).
Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- ❖ c = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- ❖ d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

Tabla 6. Clasificación de Suelos según Índice de Grupo

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

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

D. Proctor Modificado

Según Aula carreteras:

Se hará uso de un molde de metal con un volumen de 2.320 cm³ y un peso de 4,535 kg, la cual caerá a una altura mayor (457 mm), produciendo una energía de compactación mayor. Asimismo, en lugar de 3 capas de material granular, se colocarán 5 capas, dando a cada una de ellas un total de 25 golpes. (2019, párr. 14).

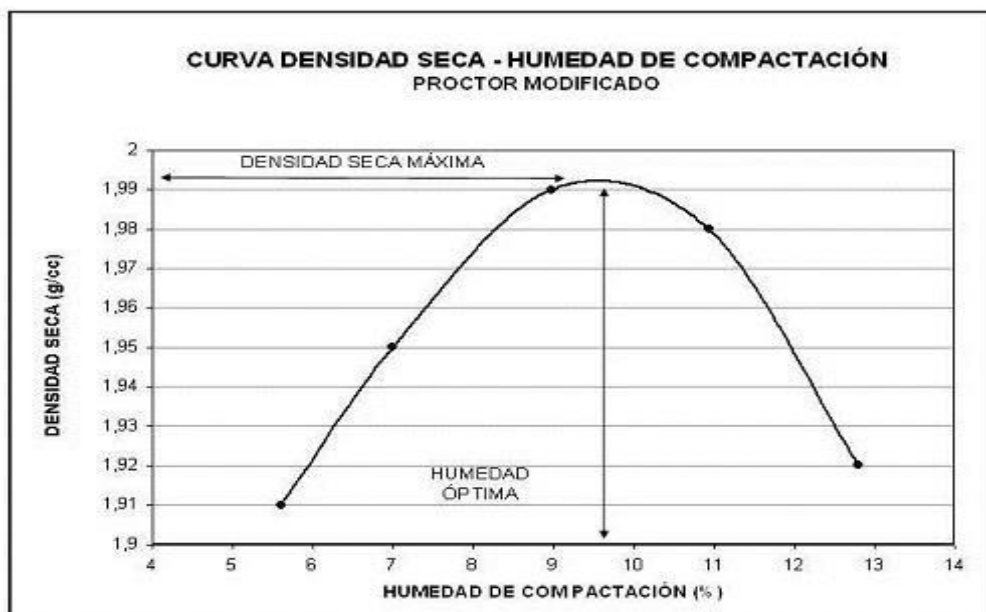


Figura 9 Curva de compactación

E. Ensayo CBR:

Según el Manual de carreteras, suelos, geología y pavimentos, sostiene que:

Los suelos clasificados por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos en este manual, se realizará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o al tramo de estudio, a partir del cual se determinará los tipos de ensayos para realizar el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 0.1". (2013, p.37).

Tabla 7. Categorías de subrasante

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

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

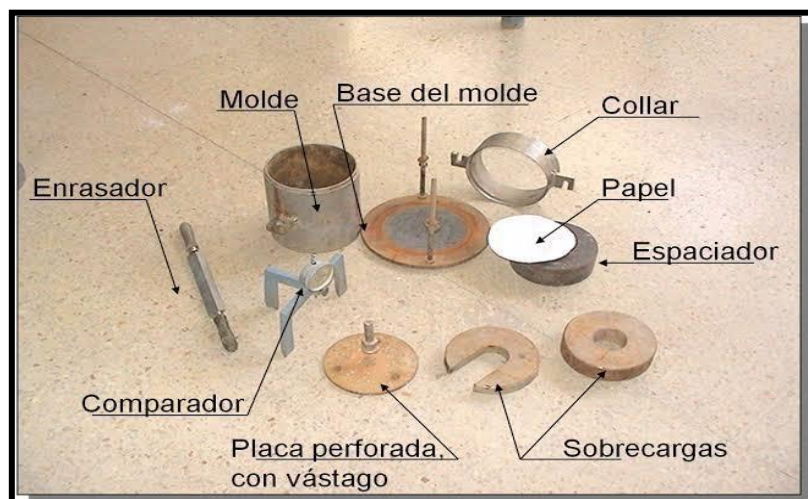


Figura 10. Ensayo California Bearing Ratio

"El suelo con $CBR \geq 6\%$ se considerará como un material adecuado para la subrasante. Si hay menos (diferencia de subrasante o subrasante insuficiente), el

suelo se estabilizará y se analizarán soluciones alternativas según la naturaleza del suelo, como estabilización mecánica, reemplazando el suelo de cimentación, estabilización química del suelo " (Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p.46).

Para hallar las características físico-mecánicas de la materia prima de la subrasante se realizarán calicatas de 1.5m de profundidad como mínimo, el número de calicatas a utilizar se determinan en el siguiente cuadro:

Tabla 8. *Número de calicatas para exploración de suelos*

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento

F. Resistencia a la rotura y elongación

Para definir, Caballeros sostiene al respecto:

Esta prueba se realiza para determinar la resistencia a la tracción y las propiedades de alargamiento de las nervaduras o de un conjunto de nervaduras de la geomalla biaxial, los resultados se pueden utilizar como referencia para el rodillo completo de la geomalla e indicar siempre la dirección de la prueba.

Para realizar esta prueba se deben determinar dos tipos de costillas de la geomalla biaxial: costillas longitudinales y costillas transversales. El primero es una unidad de geomalla biaxial paralela a la dirección de los rodillos, y también es una unidad que resiste la tensión máxima de tracción. El segundo es el elemento transversal o perpendicular a la dirección de rodadura y colocado en la dirección de menor fuerza. (2006, p.70).



Figura 11. Máquina Universal de Ensayos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

- **Tipo de investigación:**

El tipo de investigación a utilizar es la aplicada, porque se busca darle solución a un problema determinado, es decir los conocimientos adquiridos se van a poner en práctica. En nuestra investigación se busca dar estabilidad a los suelos arcillosos.

Para definir la investigación aplicada, Murillo sostiene al respecto:

La investigación aplicada se denomina "indagación práctica o empírica", tiene la característica de buscar la aplicación o uso de los conocimientos adquiridos, mientras tanto que otros se obtienen, después de llevar a cabo y sistematizar la práctica establecida en la investigación. (2008, p.6).

➤ **Diseño de investigación:**

El tipo de diseño que se ha empleado en nuestro proyecto de investigación es experimental.

Para definir el diseño experimental Iglesias y Cortés sostienen al respecto:

En los experimentos se trazan pruebas en las que se inducen cambios, o sea, se maniobran deliberadamente las cambiantes que interceden en un proceso o sistema, de forma que sea viable mirar, detectar y analizar las razones de un resultado dado. (2004, p.28).

3.2. Variables y operacionalización:

3.2.1. Variables:

Variable Independiente: Polímeros sintéticos con botellas plásticas

Variable Dependiente: Estabilización de suelos arcillosos

Tabla 9. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
POLÍMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS PLÁSTICAS	Los Polímeros sintéticos son creados por el hombre a partir de elementos propios de la naturaleza. Estos polímeros sintéticos son creados para funciones específicas y poseen características para cumplir estas mismas. Algunos ejemplos de polímeros sintéticos son el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, etc. (Hermida, 2011, pág. 14)	Para que el polímero sintético con botellas plásticas influya en la estabilidad del suelo arcilloso, se procederá al reciclaje de botellas de agua y gaseosas, haciendo un control de calidad retirando las etiquetas y poder elaborarlas de manera semi-industrial realizando láminas de polietileno y colocándolas en el ensayo de capacidad de soporte.	Reciclar	Unidades	RAZÓN
			Control de calidad	Resistencia a la rotura y elongación	
			Elaboración de polímero sintético con botellas plásticas	Semi-industrial	
			Rentabilidad	Presupuesto	
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	La estabilización de suelos consiste en mejorar un suelo existente adicionando un material orgánico o sintético. Las ventajas directas que obtenemos de la estabilización son, entre otras, las siguientes: aprovechar suelos de baja calidad, evitando su extracción y transporte a vertedero; reducir la sensibilidad al agua del suelo, aumentando su resistencia a la erosión, a la helada y otros agentes climáticos; permitir la circulación por terrenos intransitables y obtener una plataforma estable de apoyo del firme de infraestructuras lineales que colabore estructuralmente con el mismo. (Yepes, 2014, párr.2)	Para la verificación de la resistencia y estabilización del suelo arcilloso, se basará en el manual de ensayos de materiales del MTC, y con ayuda de los equipos propios de cada ensayo se logrará medir los indicadores de análisis granulométrico, límite líquido y plástico e índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR.	Clasificación de suelos	ASSHTO Y SUCS	RAZÓN
			Resistencia a la tensión	Capacidad de soporte sin el polímero sintético	
				Capacidad de soporte con el polímero sintético a 2cm y 1.2 cm de profundidad.	
Contenido de humedad	Porcentaje contenido de humedad				

3.3. Población, muestra y muestro:

3.3.1. Población:

“Desde el punto de vista estadístico, el conjunto de elementos o sujetos que serán efectuados a un estudio se denomina población o Universo.” (Borja, 2012, p.30).

La población de nuestro proyecto de investigación está conformada por la única cuadra de la calle Fortaleza Los Olivos Lima.

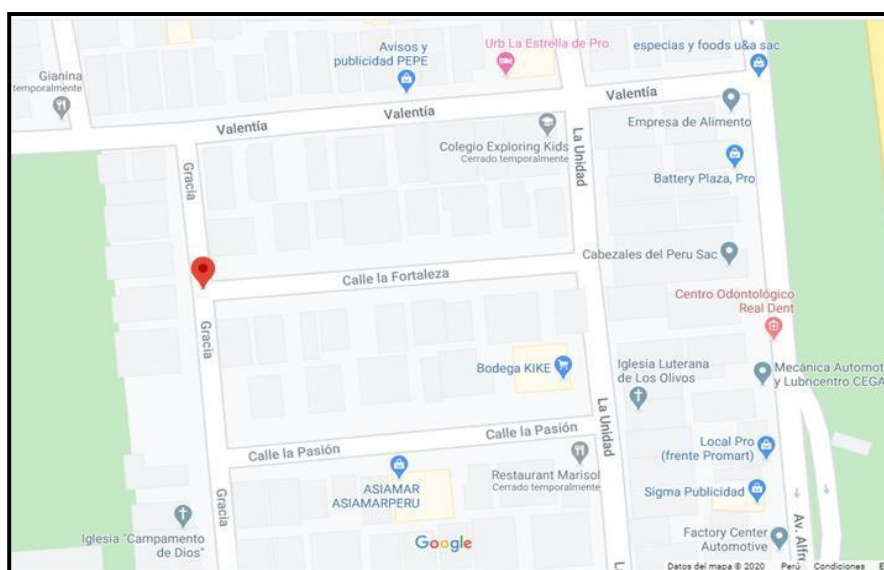


Figura 12. Ubicación geográfica

3.3.2. Muestra:

Para definir la muestra, Sampieri sostiene que:

En este apartado comentaremos la muestra, o es decir, los tipos de muestra, para lograr escoger la más correcta para un análisis. La muestra es en esencia un subconjunto poblacional. Digamos que es un subconjunto de recursos que pertenecen a aquel grupo definido en sus propiedades que llamamos población y [...], cada una de las muestras (en el enfoque cuantitativo) tienen que ser representativas; por consiguiente, la utilización de los términos aleatorio y aleatorio solo denota un tipo de método mecánico referente con la posibilidad y la selección de recursos o unidades, sin embargo, no aclara el tipo de muestra ni el método de muestreo. (2014, p.175)

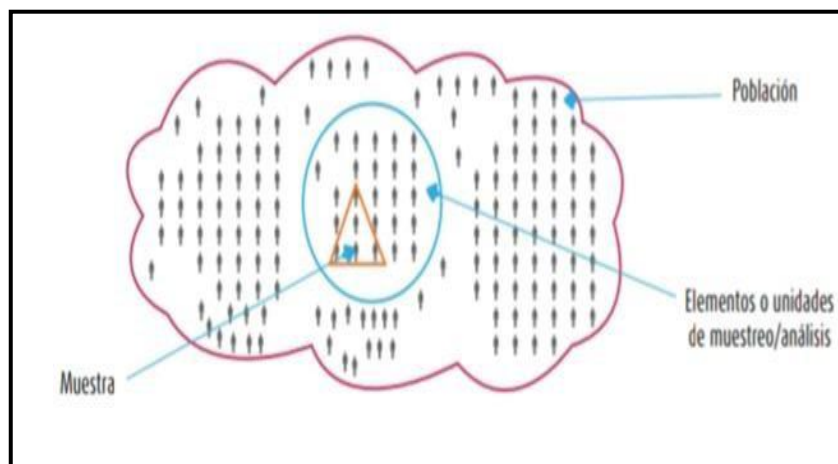


Figura 13. Representación de muestra

La muestra de nuestro proyecto de investigación serán 80 Kg de la calle Fortaleza conformada por una cuadra.

3.3.3. Muestreo:

Para definir muestreo, Borja sostiene al respecto:

En muestras no probabilísticas no es viable calcular el error estándar, así como el grado de confianza con el que realizamos la evaluación. Sin embargo, este tipo de muestreo es muy significativo en estudios cualitativos. En este caso, la selección de los elementos no depende de la probabilidad sino del criterio del investigador. (2012, p.32).

El muestreo para nuestro proyecto de investigación es no probabilístico.

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

3.4.1. Técnicas de recolección de datos:

a) Técnicas de campo:

- **Reciclaje de botellas plásticas:** Se procederá al reciclaje de botellas plásticas con las medidas respectivas de seguridad, donde se quitarán las etiquetas, reciclar las tapas, lavar las botellas plásticas para luego elaborar una máquina cortadora semi-industrial y cortar las mallas de polímeros sintéticos con botellas plásticas.



Figura 14. Máquina cortadora semi-industrial



Figura 14. Representación de corte de tiras de botellas plásticas.

➤ **Elaboración del polímero sintético con botellas plásticas:**

Se realizaron cortes de las costillas de un grosor de 4 mm, con una abertura longitudinal de 2.5 cm y transversal 3.05 cm, para ello se tejieron dichas costillas uniéndolas entre sí con silicona caliente, para así obtener una geomalla biaxial de 1m², que posteriormente fue llevada al laboratorio de control de calidad de geomallas para evaluar su resistencia a la rotura y elongación.



Figura 15. Unión de costillas longitudinal y transversal.

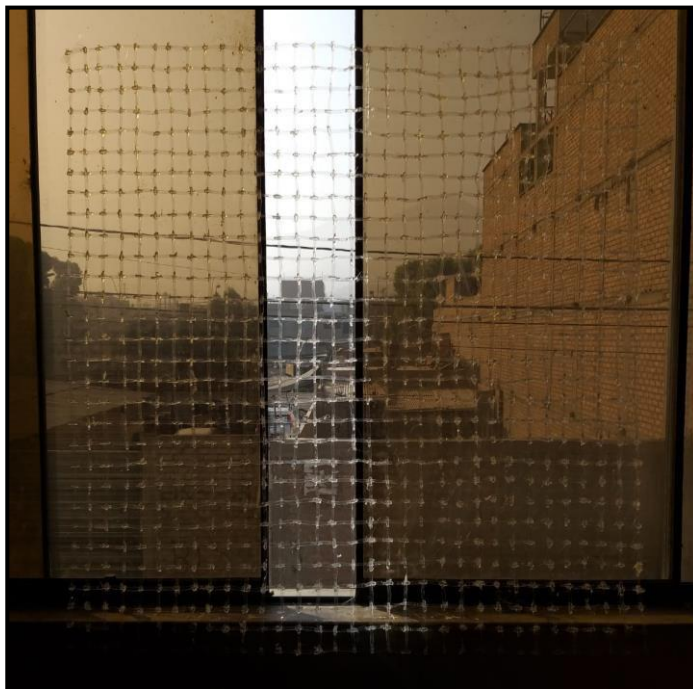


Figura 16. Polímeros sintéticos con botellas plásticas. (1m²).

- **Extracción de las muestras del suelo:** Se usará diversas herramientas para la extracción de las muestras del suelo (pico, pala y cinta métrica). Para luego excavar y conocer sus tipos de estratos de suelo a estudiar.



Figura 17. Muestra de suelo en el laboratorio de suelos.

b) Técnicas de laboratorio:

- **Ensayos de laboratorio:** Se realizarán los ensayos necesarios como, análisis granulométrico por tamizado, limite plástico, limite líquido, índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR que nos permitirá conocer las diferentes características de suelo, plasticidad, humedad y resistencia del suelo. Adicionalmente se realizará el ensayo de la resistencia a la rotura y elongación del polímero sintético elaborada con botellas plásticas.

Tabla 10. *Técnicas de laboratorios.*

Fuente: Elaboración propia

c) Técnicas de gabinete:

- Procesamiento de datos: Se procederá analizar los datos obtenidos del laboratorio en formatos de laboratorio.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos:

Se usarán formatos de ensayos de laboratorio que se rellenarán a lo largo de los ensayos respectivos como: ensayos de análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, Proctor modificado, CBR, y la resistencia a la rotura y elongación del polímero sintético con botellas plásticas.

3.4.3. Validez y confiabilidad:

En nuestro informe de investigación se empleará el Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos dadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por lo cual éstas no requieren de alguna evaluación de confiabilidad como tampoco de la validación por decisión de expertos, porque dicho manual ha sido elaborado por Barriga Dall' Orto S.A. Ingenieros Consultores y la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles un grupo de expertos de conocimientos altamente especializados.

3.5. Procedimientos:

- **Obtención de muestra de campo:**

La muestra del suelo fue una calicata extraída en la calle Fortaleza Los Olivos. Reciclaje de botellas plásticas utilizando guantes, mascarillas, mameluco y alcohol 96° para la protección personal y para la elaboración del tejido de mallas, será de manera semi-industrial empleando una máquina cortadora mecánica.

- **Caracterización física y mecánica del suelo y la geomalla:**

Se pasará a realizar los ensayos respectivos del suelo como análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR incluyendo al polímero sintético con botellas plásticas.

A la vez se realizarán el ensayo de resistencia a la rotura y elongación de la geomalla con botellas plásticas que se emplearán en la subrasante.

A. Análisis granulométrico:

Este ensayo consiste en tamizar la muestra mediante los distintos números de mallas y así poder obtener los diferentes tamaños de las partículas de la muestra del suelo.

Procedimiento:

- ✓ Se colocó la muestra sobre un recipiente y se procedió a mezclar, luego se dividió el material en 4 partes del cual se agarró 1/4 y se obtuvo la muestra requerida.
- ✓ Se pesó la muestra obtenida.
- ✓ Inmediatamente se lavó la muestra sobre el tamiz N° 200 con la finalidad de que todo el material fino menor a 0.075 mm se suelte. Se lava hasta que el agua salga limpia.
- ✓ Luego de lavar el material retenido en la malla 200 se coloca en el horno por 24 horas.
- ✓ Una vez transcurrido las 24 horas se pesa la muestra después del lavado.
- ✓ Posteriormente el material seco pasa por una serie de tamices (3", 2 ½ ", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼ ", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N° 80, N°100 y N°200) y se agitan por un promedio de 10 minutos
- ✓ En seguida se registra el material retenido en cada tamiz y al final se suma para así hallar el peso que se obtuvo con el peso inicial, si se tiene una pérdida de más del 2% en relación al peso original se considera que el experimento no es satisfactorio y, por ende, debe repetirse todo el procedimiento con otra muestra.

B. Límite líquido

El ensayo de Límite Líquido nos permite conocer la clasificación de nuestra muestra de suelo desde los resultados de su plasticidad, por consiguiente la cantidad de arcilla que contenga nos demuestra su comportamiento funcional.

Se define como la humedad con la que el ranurador separa dos partes de la pasta de la muestra colocada en la cuchara de la Casagrande, se cierra por su fondo, con una distancia de unos 13 mm, cuando cae la cuchara, dando 25

golpes de una altura de 1cm. El estado líquido de un suelo es el contenido de humedad en porcentaje del suelo secado al horno.

Procedimiento:

- ✓ Se obtuvo la muestra seca pasante por el tamiz N° 40, se mezcló en la vasija de porcelana con el material “mucílago de penca de tuna” hasta alcanzar la consistencia deseada.
- ✓ Se procede a colocar la muestra en la Cuchara de Casagrande aplanando el suelo con la espátula y conjuntamente nivelando hasta conseguir una profundidad de 1 cm. Devolver el exceso de suelo a la Vasija de porcelana
- ✓ Posteriormente se dan de 15 golpes a más a la cazuela de bronce para que ocasione el cierre evitando la introducción de burbujas de aire dentro de la muestra.
- ✓ Este procedimiento se repitió tres veces más con distintos contenidos de humedad.

C. Límite plástico

Se designa el límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que se puede formar pequeñas barritas o gusanitos cilíndricos de 3.2mm, consecuente torneando a la muestra de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que estas muestren alguna fractura, hasta llegar a presentarse unas pequeñas fisuras.

Procedimiento:

- ✓ Se pasa la muestra por el tamiz N° 40.
- ✓ Se amasó la muestra pasante con el mucílago de penca de tuna hasta formar una esfera para luego darle forma de un cilindro rodando con los dedos sobre el vidrio grueso.
- ✓ Si no se llega al diámetro de 3.2 mm (1/8") y se ha deshecho, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso.
- ✓ Luego esta muestra en forma de cilindro se ubica en recipientes para determinar su contenido de humedad.

- ✓ Para el cálculo de contenido de humedad se pesó el suelo húmedo, consecutivamente se puso la muestra en el horno para secarla, luego se pesó la muestra seca.
- ✓ Este procedimiento se realizó dos veces.

D. Proctor modificado

Esta prueba consiste en procedimientos de compactación para calcular la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación).

Procedimiento:

- ✓ Método A
 - Molde. - 6 pulg. de diámetro (101,6mm)
 - Material. - Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).
 - Capas. – 5
 - Golpes por capa. – 12
 - Uso. - Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- ✓ Método B
 - Molde. - 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.
 - Materiales. - Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).
 - Capas. – 5
 - Golpes por capa. – 26
 - Usos. - Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).
- ✓ Método C
 - Molde. - 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.
 - Materiales. - Se emplea el que pasa por el tamiz ¾ pulg (19,0 mm).
 - Capas. – 5
 - Golpes por Capa. – 56

- Usos. - Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm)

E. CBR (Relación de soporte California):

Determina el índice de resistencia de los suelos que recibe el nombre de valor de la relación de soporte, que se conoce como CBR (California Bearing Ratio). Este índice se utiliza para evaluar la capacidad portante de suelos de subrasante y de la base, subbase y capas afirmadas.

Procedimiento:

- ✓ Cuando más del 75% en peso de la muestra pasa a través del tamiz de 19,1 mm (3/4"), el material que pasa por el tamiz se utiliza para la prueba. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") es mayor al 25% en peso, el material retenido en dicho tamiz se separa y se reemplaza por una proporción igual de material entre los 19.1 mm (3/4") y 4.75 mm (No. 4), obtenido por tamizado otra porción de la muestra.
- ✓ De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para la prueba de apisonamiento, más unos 6 kg por cada molde CBR.
- ✓ Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco distanciador y, sobre este, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.
- ✓ Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en 5 capas, con 12,26 y 56 golpes.
- ✓ Se quitó el collar, se enjuagó la parte superior del molde, se dio la vuelta al molde y se quitaron la base del molde perforada y el disco espaciador.
- ✓ Se pesó el molde con la muestra, para determinar la densidad y la humedad de la muestra.
- ✓ Se colocó sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y se colocó dos pesas de 10 libras.
- ✓ Se montó el trípode con un dial y se tomó una lectura inicial, se sumerge el molde en agua dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra.

- ✓ Se sumergió la muestra durante 96 horas, anotando cada 24 horas la lectura del dial.
- ✓ Después de las 96 horas transcurridas se sacó el molde y se dejó drenar durante 15 minutos aproximadamente.
- ✓ Se colocó debajo de la prensa el molde con la muestra y la sobrecarga.
- ✓ Se aplicó la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm

F. Resistencia a la rotura y elongación

Este ensayo consiste en someter una sección de la geomalla a una fuerza que aumenta secuencialmente en sentido longitudinal hasta llegar a la rotura y e donde a la vez se puede evaluar el incremento de la longitud mediante la Máquina Universal de Ensayos.

Procedimientos:

- ✓ Colocar las mordazas en el marco de carga de la máquina universal.
- ✓ Con las mordazas unidas a la máquina defectuosa, la muestra debe colocarse en una mordaza; Es importante centrar la muestra dentro de las caras de la mandíbula e insertar 5 cm de la muestra en ellas, lo que corresponde al ancho interno de las caras. Una vez hecho esto, la muestra se ajusta dentro de la mordaza.
- ✓ Repetir el proceso anterior para el otro extremo de la geomalla y su mordaza correspondiente.
- ✓ Programe en el software de la máquina de averías la velocidad a la que debe realizarse la prueba. El ensayo se realizará a una tasa de deformación del $(10 \pm 3)\%$ por minuto de la longitud calibrada. Para ello tomar el dato de la longitud del calibre y multiplicarlo por un valor entre 0.07 y 0.13, este resultado será el dato de velocidad constante de la prueba, el cual deberá ser programado.

- **Fase de gabinete:**

Ahí se realizarán la tabulación y procesamiento de datos obtenidos en laboratorio utilizando hojas Excel, para facilitar los cálculos, siguiendo los pasos y fórmulas de las normas.

3.6. Método de análisis de datos:

La interpretación y análisis de resultados se realizará con el uso de hojas de cálculo en Excel. También se analizarán los resultados contrastando con el Manual de carreteras: Suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.7. Aspectos éticos:

- Para la presente investigación, la información brindada es verídica ya que para elaborarlo se tuvieron como referencias tesis, libros, artículos y revistas confiables.
- La información tomada de las tesis, libros, artículos y revistas se encuentran respectivamente citados según la Norma ISO.
- Los resultados que se obtengan de los estudios básicos preliminares de nuestro proyecto de investigación serán con total veracidad y confiabilidad.

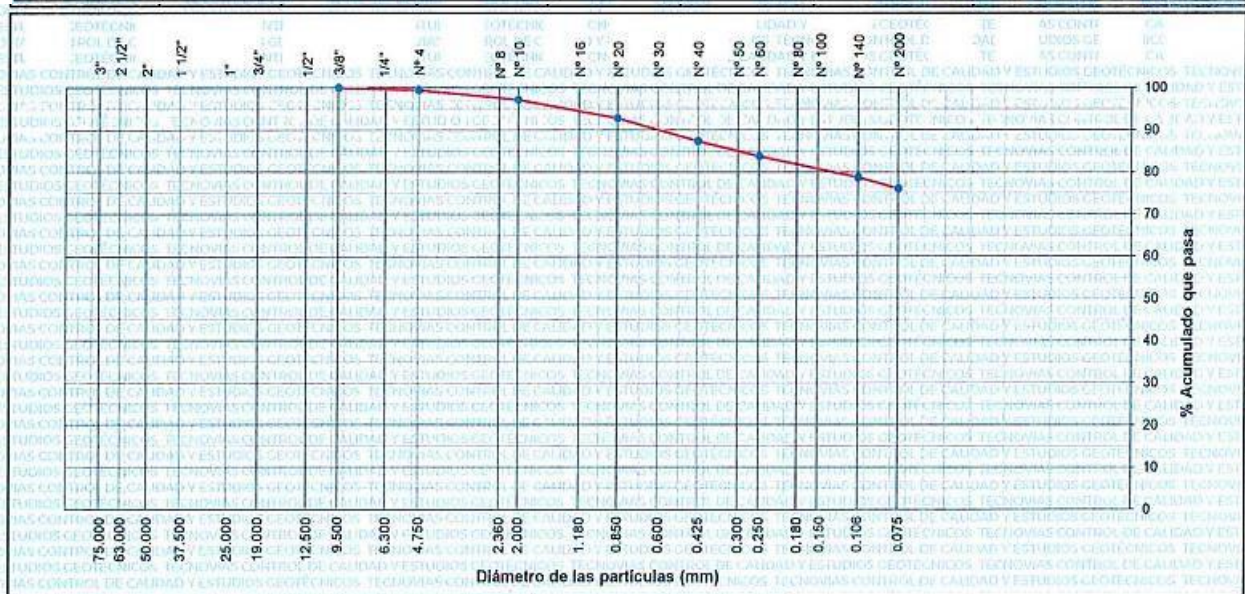
IV. RESULTADOS

A. Ensayos realizados para el suelo arcilloso:

- Análisis granulométrico:

Tabla 11. Ensayo de análisis granulométrico

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripción de la Muestra
3"	75.000						Peso Inicial 1181.1
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						Peso Fracción
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						Límite Líquido 39
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						Límite Plástico 23
3/8"	9.500				100		
Nº4	4.750	6.4	0.5	0.5	99.5		Índice de Plasticidad 18
Nº10	2.000	27.2	2.3	2.8	97.2		Clas. SUCS CL
Nº20	0.850	51.3	4.3	7.2	92.8		
Nº40	0.425	64.1	5.4	12.6	87.4		Clas. AASHTO A-6 (10)
Nº60	0.250	42.4	3.6	16.2	83.8		
Nº140	0.106	59.8	5.1	21.3	78.7		Cont. Humedad 22.9
Nº200	0.075	31.2	2.6	23.9	76.1		
< Nº200		898.7	76.1	100			



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Según la tabla 11 se obtuvo como resultado que según AASHTO pertenece al grupo A6 que viene a ser un suelo arcilloso sabiendo que más del 35% de la muestra pasa el tamiz #200 y según SUCS se obtuvo una clasificación CL quiere decir arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana.

- **Límites de Atterberg:**

Tabla 12. Ensayo límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos

LÍMITE LÍQUIDO				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°	10	8	20	
N° de golpes	16	24	33	
Recipiente + Suelo Húmedo	45.90	34.24	41.42	
Recipiente + Suelo Seco	41.04	30.32	35.80	
Peso del Agua (gr)	4.86	3.92	5.62	
Peso de Recipiente	29.83	20.31	20.15	
Peso de Suelo Seco (gr)	11.21	10.01	15.65	
% de Humedad	43.35	39.11	35.91	
LÍMITE PLÁSTICO				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°	7	2		
Recipiente + Suelo Húmedo	26.11	26.50		
Recipiente + Suelo Seco	25.22	25.60		
Peso del Agua (gr)	0.89	0.90		
Peso de Recipiente	21.33	21.56		
Peso de Suelo Seco (gr)	3.89	4.04		
% de Humedad	22.88	22.28		

DÍAGRAMA DE FLUIDEZ	
	<p>Límite Líquido: 39</p> <p>Límite Plástico: 23</p> <p>Índice de Plasticidad: 16</p>

Fuente: Laboratorio Tecnovías

Se realizó el ensayo para determinar el límite líquido usando la cuchara casagrande.

El límite líquido, que es el contenido de agua, expresado en porcentaje, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico, el resultado muestra que el límite líquido es 39.

El contenido de agua, expresado en porcentaje, que delimita la transición entre el estado plástico y semisólido, es denominado Límite plástico. Según el ensayo de laboratorio realizado se obtuvo un límite plástico de 23.

Según la clasificación de suelos el Índice de plasticidad mostrado en la Tabla 3 establecido en el Manual de carreteras: Suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que un índice de plasticidad menor a 20 y mayor a 7 obtiene como principal característica ser un suelo arcilloso teniendo como resultado un índice de plasticidad del suelo según la tabla 12 es 16.

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 39 - 23$$

$$IP = 16$$

Con los datos obtenidos se calculó el índice de grupo:

$$IG = (F_{200} - 35)[0.2 + 0.005X(LL - 40)]$$

$$IG = (76.1 - 35)[0.2 + 0.005X(39 - 40)]$$

$$IG = 8.01$$

Teniendo como índice de grupo 8.01 y según el Manual de Carreteras está clasificado como suelo de subrasante pobre.

- **Contenido de humedad:**

Tabla 13. Ensayo contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD		22.9 %
Peso del Suelo Humedo + Recipiente (g)		312.5
Peso del Suelo Seco + Recipiente (g)		254.2
Peso del Recipiente (g)		0.0
Peso del Agua Contenida (g)		58.3
Peso del Suelo Seco (g)		254.2

Fuente: Laboratorio Tecnovías

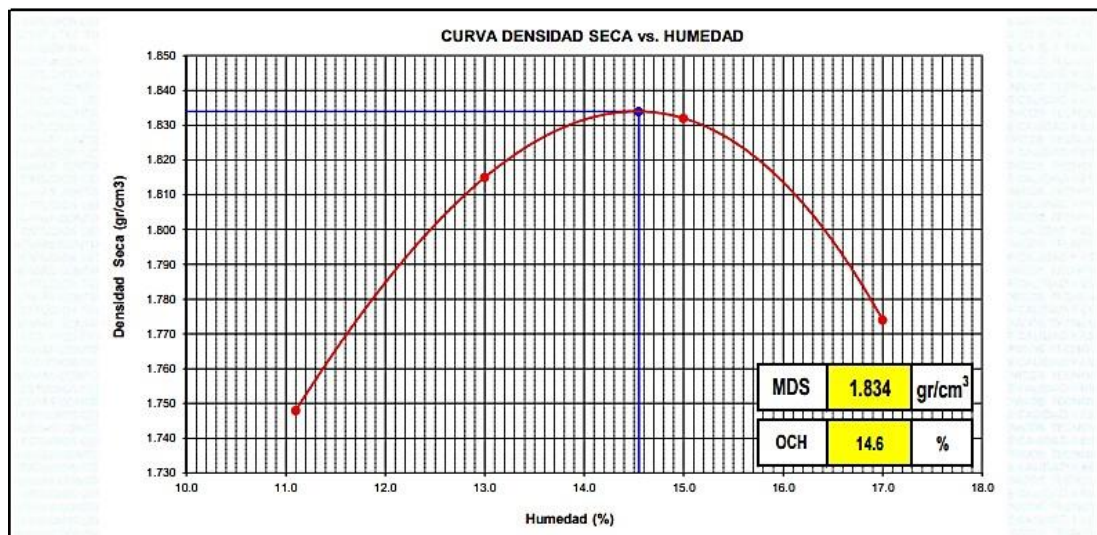
En el ensayo de contenido de humedad se determinó la relación expresada como porcentaje del peso de agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Según los resultados del laboratorio nuestro tipo de suelo arcilloso contiene un 22.9% de humedad.

- **Proctor modificado:**
- **Muestra 1:**

Tabla 14. Ensayo Proctor modificado sin aplicación de polímero sintético

COMPACTACION					
Prueba N°	1	2	3	4	5
N° de capas	5	5	5	5	
N° de golpes por capa	56	56	56	56	
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10718	10949	11067	11001	
Peso del Molde (gr.)	6596	6596	6596	6596	
Peso del Suelo Compactado (gr.)	4122	4353	4471	4405	
Volumen del Molde (cm ³)	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.942	2.051	2.107	2.075	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	663.6	652.2	705.2	881.2	
Tara + Suelo Seco (gr.)	597.3	577.2	613.2	753.2	
Peso del Agua (gr.)	66.3	75.0	92.0	128.0	
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	597.3	577.2	613.2	753.2	
Contenido de Humedad (%)	11.1	13.0	15.0	17.0	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.748	1.815	1.832	1.774	

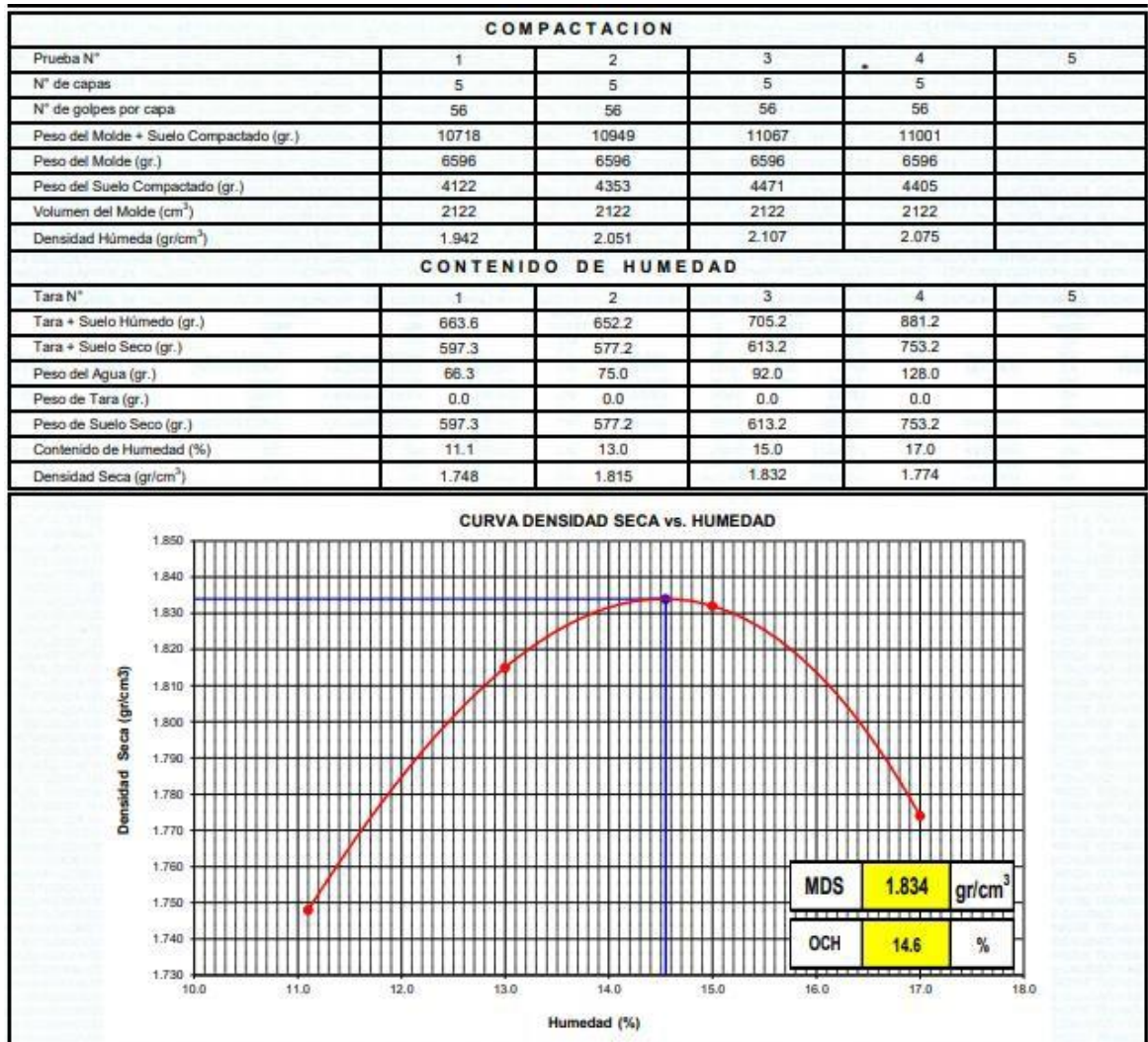


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 14 que el óptimo contenido de humedad es 14.6% y la máxima densidad seca es 1.834 gr/cm³.

– Muestra 2:

Tabla 15. *Ensayo Proctor sin aplicación de polímero sintético muestra 2*

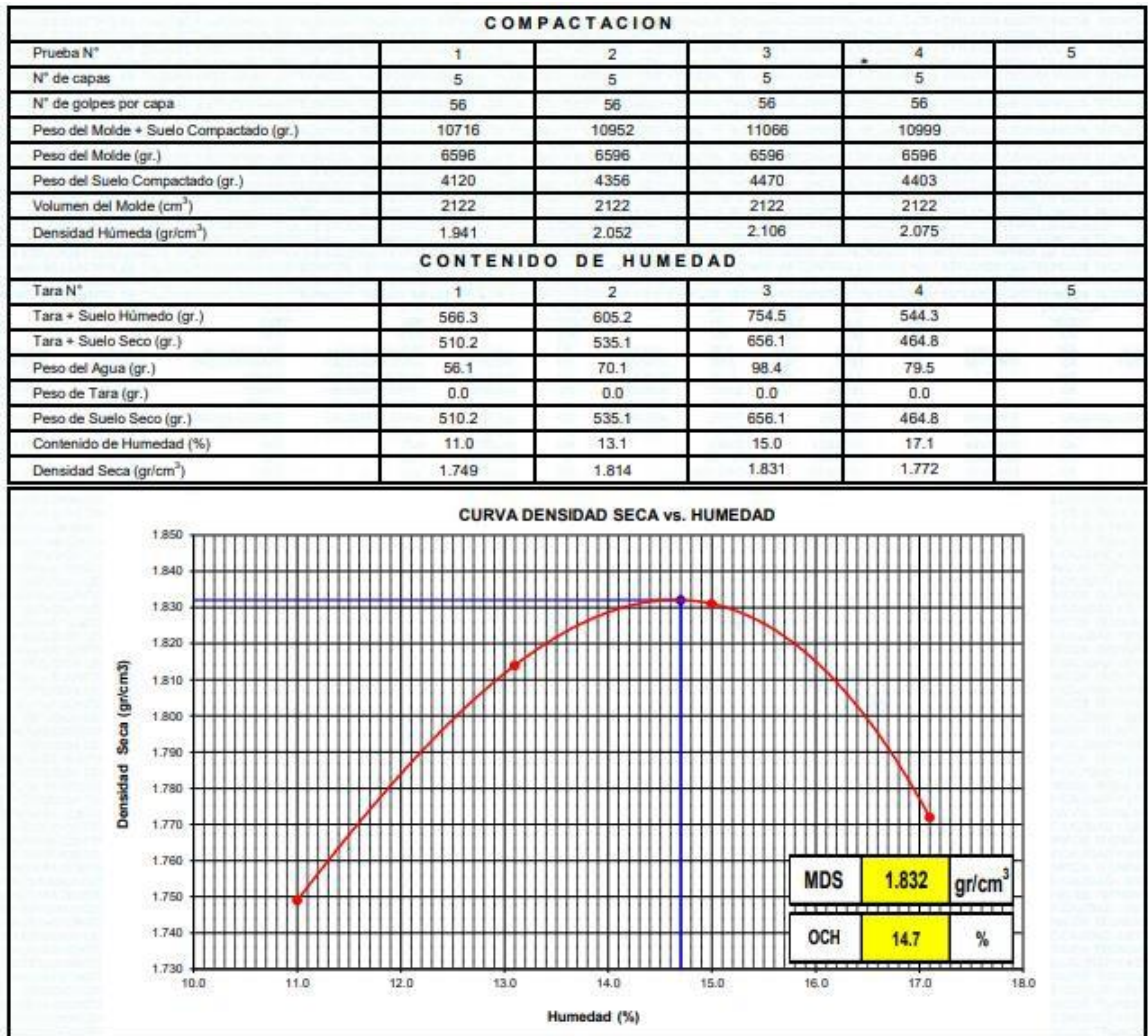


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 15 que el óptimo contenido de humedad es 14.6% y la máxima densidad seca es 1.834 gr/cm³.

– **Muestra 3:**

Tabla 16. *Ensayo Proctor sin aplicación de polímero sintético muestra 3*



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 16 que el óptimo contenido de humedad es 14.7% y la máxima densidad seca es 1.832 gr/cm³.

- **CBR (California Bearing Ratio):**

- **Muestra 1:**

Tabla 17: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN										
Molde N°	2			4			7			
Capas N°	5			5			5			
Golpes por capa N°	56			25			10			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12426	12508	12561	12742	12553	12659				
Peso de molde (g)	7529	7529	8102	8102	8430	8430				
Peso del suelo húmedo (g)	4897	4979	4459	4640	4123	4229				
Volumen del molde (cm ³)	2329	2329	2230	2230	2133	2133				
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.102	2.137	2.000	2.081	1.933	1.982				
Tara (N°)										
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.7	548.5	513.9	585.3	561.3	573.7				
Peso suelo seco + tara (g)	465.2	465.5	448.8	496.0	490.2	476.4				
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Peso de agua (g)	67.5	83.0	65.1	89.3	71.1	97.3				
Peso de suelo seco (g)	465.2	465.5	448.8	496.0	490.2	476.4				
Contenido de humedad (%)	14.5	17.8	14.5	18.0	14.5	20.4				
Densidad seca (g/cm ³)	1.836	1.814	1.746	1.763	1.688	1.646				

EXPANSIÓN										
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO										

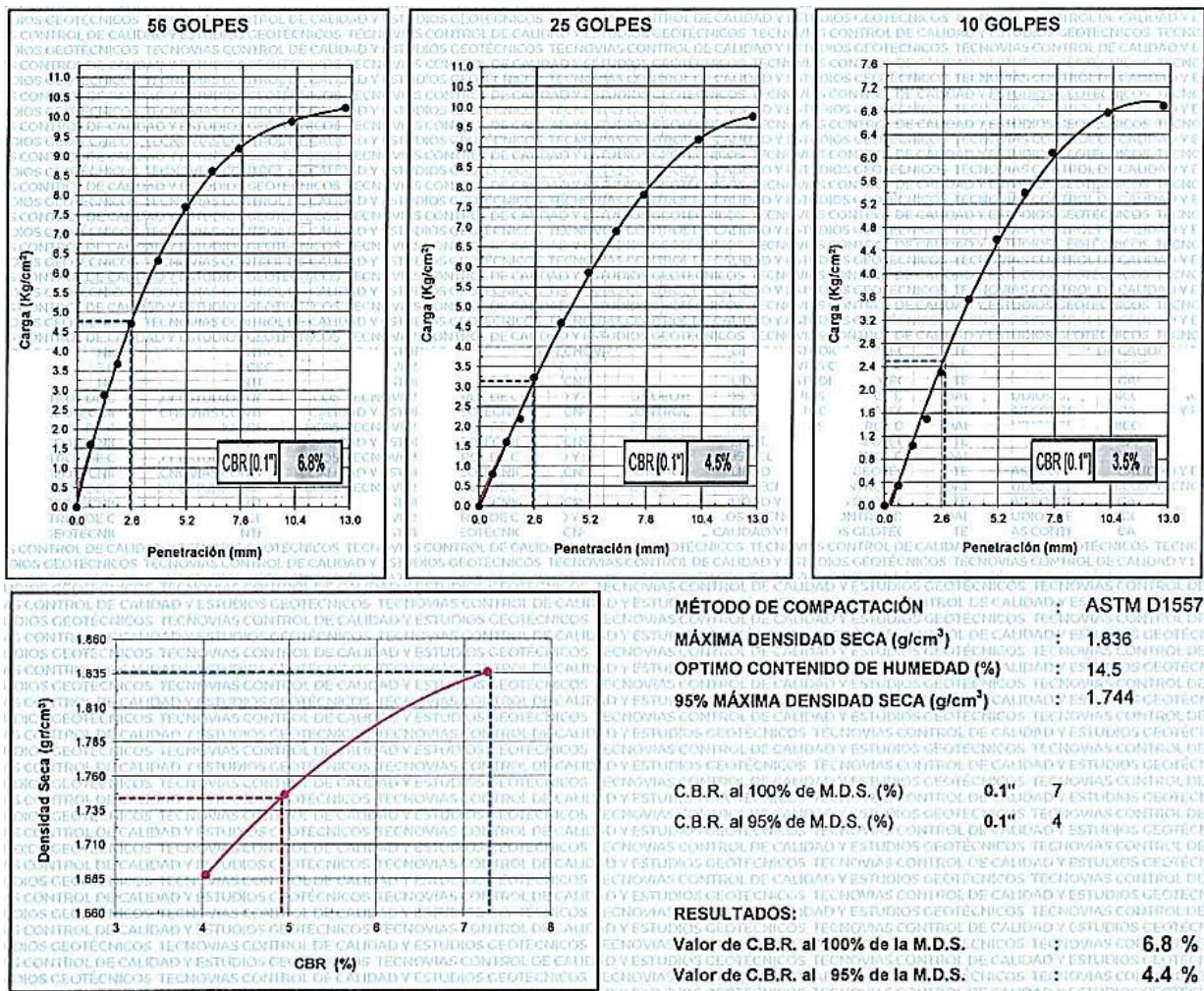
PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²
0.000		0	0		0	0		0	0	
0.635		32	1.6		16	0.8		7	0.3	
1.270		58	2.9		32	1.6		21	1.0	
1.905		74	3.7		44	2.2		30	1.5	
2.540	70.5	94	4.7	6.8	64	3.2	3.1	46	2.3	2.5
3.810		127	6.3		92	4.6		71	3.6	
5.080	105.7	154	7.7		117	5.9		92	4.6	
6.350		173	8.6		138	6.9		108	5.4	
7.620		184	9.2		156	7.8		122	6.1	
10.16		198	9.9		184	9.2		136	6.8	
12.70		205	10.2		196	9.8		138	6.9	

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 17 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 6.8%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.5% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.5%.

Tabla 18: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 18 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 18 se obtuvo 4.4% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

– Muestra 2:

Tabla 19: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN						
Molde N°	2		4		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12426	12508	12561	12742	12553	12659
Peso de molde (g)	7529	7529	8102	8102	8430	8430
Peso del suelo húmedo (g)	4897	4979	4459	4640	4123	4229
Volumen del molde (cm ³)	2329	2329	2230	2230	2133	2133
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.102	2.137	2.000	2.081	1.933	1.982
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.7	548.5	513.9	585.3	561.3	573.7
Peso suelo seco + tara (g)	465.2	465.5	448.8	496.0	490.2	476.4
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	67.5	83.0	65.1	89.3	71.1	97.3
Peso de suelo seco (g)	465.2	465.5	448.8	496.0	490.2	476.4
Contenido de humedad (%)	14.5	17.8	14.5	18.0	14.5	20.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.836	1.814	1.746	1.763	1.688	1.646

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

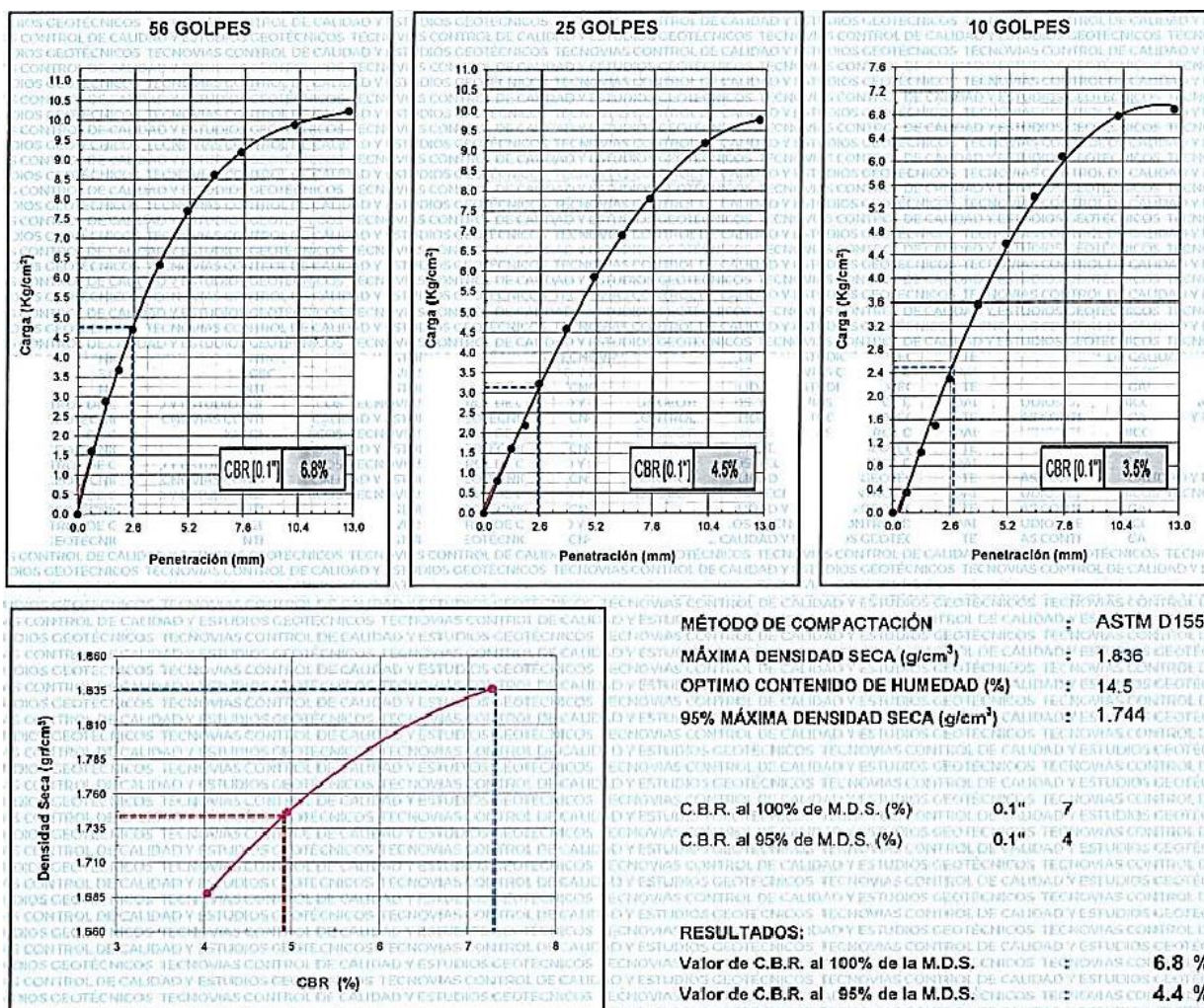
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		32	1.6			16	0.8			7	0.3		
1.270		58	2.9			32	1.6			21	1.0		
1.905		74	3.7			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	94	4.7	4.8	6.8	64	3.2	3.1	4.5	46	2.3	2.5	3.5
3.810		127	6.3			92	4.6			71	3.6		
5.080	105.7	154	7.7			117	5.9			92	4.6		
6.350		173	8.6			138	6.9			108	5.4		
7.620		184	9.2			156	7.8			122	6.1		
10.16		198	9.9			184	9.2			136	6.8		
12.70		205	10.2			196	9.8			138	6.9		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 19 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 6.8%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.5% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.5%.

Tabla 20: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 20 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 20 se obtuvo 4.4% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

– Muestra 3:

Tabla 21: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN													
Molde N°	11				12				13				
Capas N°	5				5				5				
Golpes por capa N°	56				25				10				
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12416	12496	12502	12609	12528	12644							
Peso de molde (g)	7528	7528	7731	7731	7870	7870							
Peso del suelo húmedo (g)	4888	4968	4771	4878	4658	4774							
Volumen del molde (cm ³)	2326	2326	2399	2399	2418	2418							
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.101	2.136	1.989	2.033	1.926	1.974							
Tara (N°)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	633.6	705.2	802.2	776.6	632.3	664.1							
Peso suelo seco + tara (g)	552.4	599.2	699.4	657.0	551.3	552.0							
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Peso de agua (g)	81.2	106.0	102.8	119.6	81.0	112.1							
Peso de suelo seco (g)	552.4	599.2	699.4	657.0	551.3	552.0							
Contenido de humedad (%)	14.7	17.7	14.7	18.2	14.7	20.3							
Densidad seca (g/cm ³)	1.832	1.815	1.734	1.720	1.679	1.641							

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

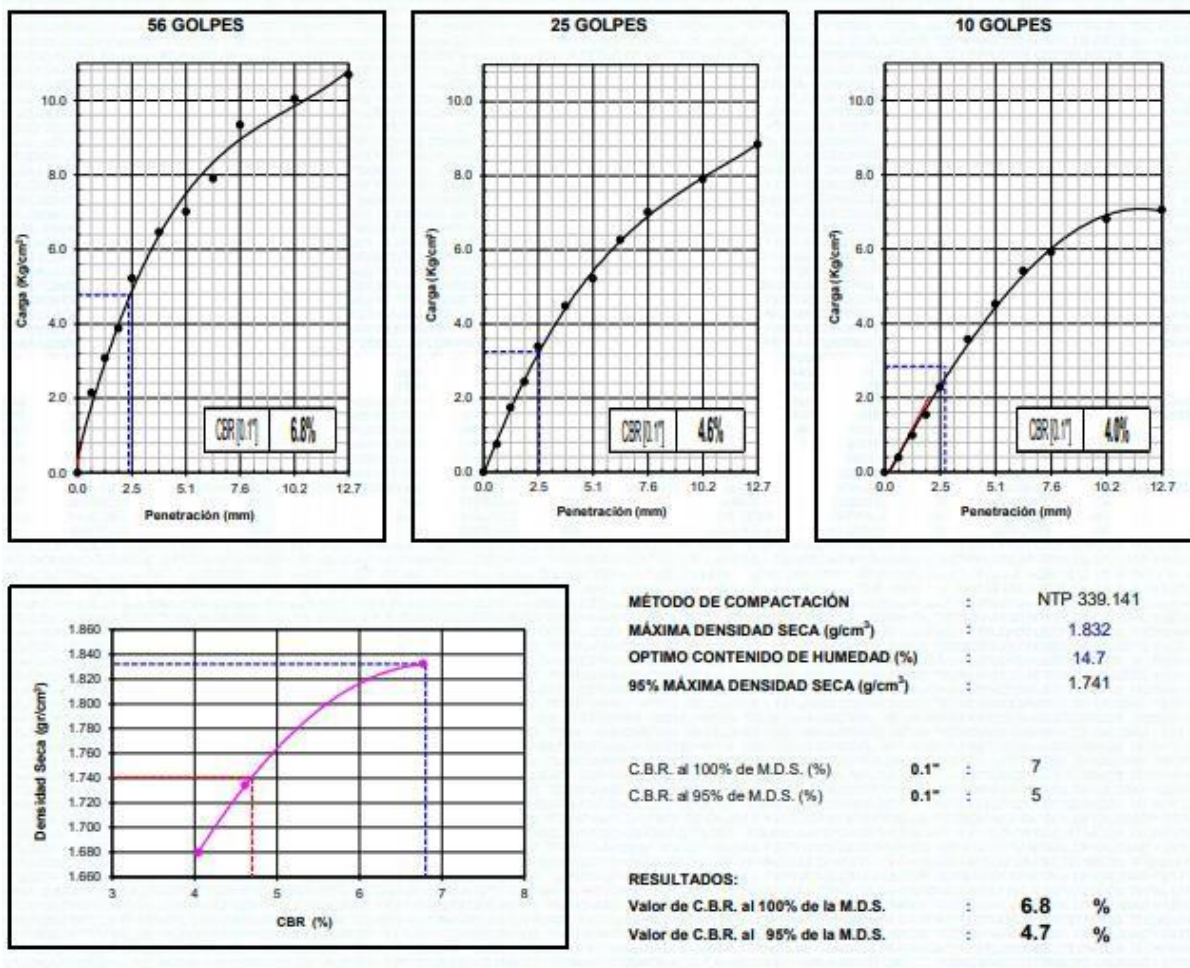
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		43	2.1			15	0.7			8	0.4		
1.270		62	3.1			35	1.7			20	1.0		
1.905		78	3.9			49	2.4			31	1.5		
2.540	70.5	105	5.2	4.8	6.8	68	3.4	3.2	4.6	46	2.3	2.8	4.0
3.810		130	6.5			90	4.5			72	3.6		
5.080	105.7	141	7.0			105	5.2			91	4.5		
6.350		159	7.9			126	6.3			109	5.4		
7.620		188	9.3			141	7.0			119	5.9		
10.16		202	10.0			159	7.9			137	6.8		
12.70		215	10.7			178	8.9			142	7.1		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 21 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 6.8%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.6% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.0%.

Tabla 22: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 22 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R, así como se muestra en la Tabla 22 se obtuvo 4.7% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

B. Cbr con polímero sintético a 2cm de profundidad:

- **Proctor modificado:**

- **Muestra 1:**

Tabla 23. Ensayo Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 2cm

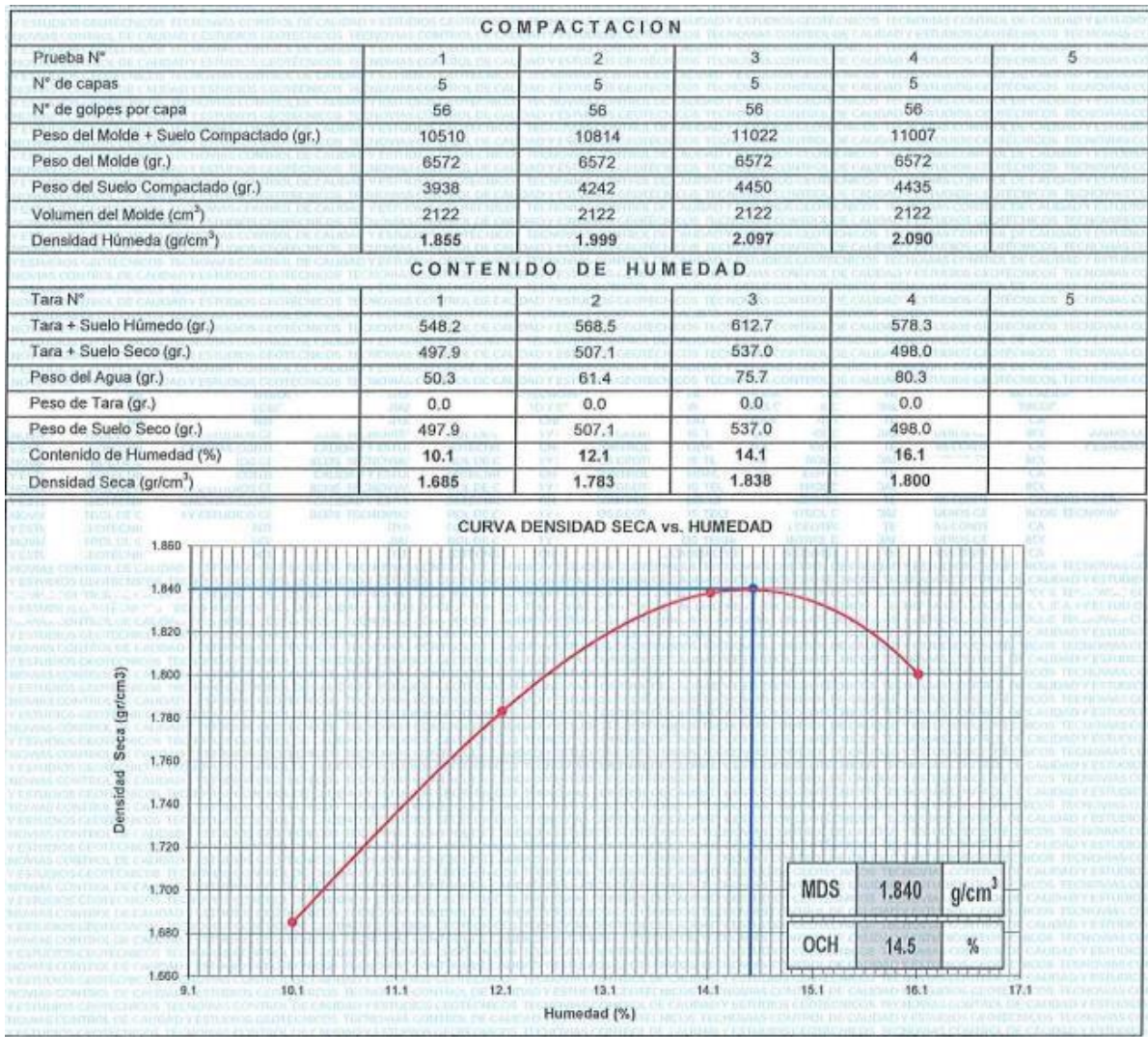
COMPACTACION					
Prueba N°	1	2	3	4	5
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10528	10778	10997	11027	
Peso del Molde (gr.)	6572	6572	6572	6572	
Peso del Suelo Compactado (gr.)	3956	4206	4425	4455	
Volumen del Molde (cm ³)	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.864	1.982	2.085	2.099	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	943.5	751.3	851.0	858.6	
Tara + Suelo Seco (gr.)	859.3	672.0	747.8	741.5	
Peso del Agua (gr.)	84.2	79.3	103.2	117.1	
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	859.3	672.0	747.8	741.5	
Contenido de Humedad (%)	9.8	11.8	13.8	15.8	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.698	1.773	1.832	1.813	

Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 23 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.838 gr/cm³.

- **Muestra 2:**

Tabla 24. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 2cm muestra 2

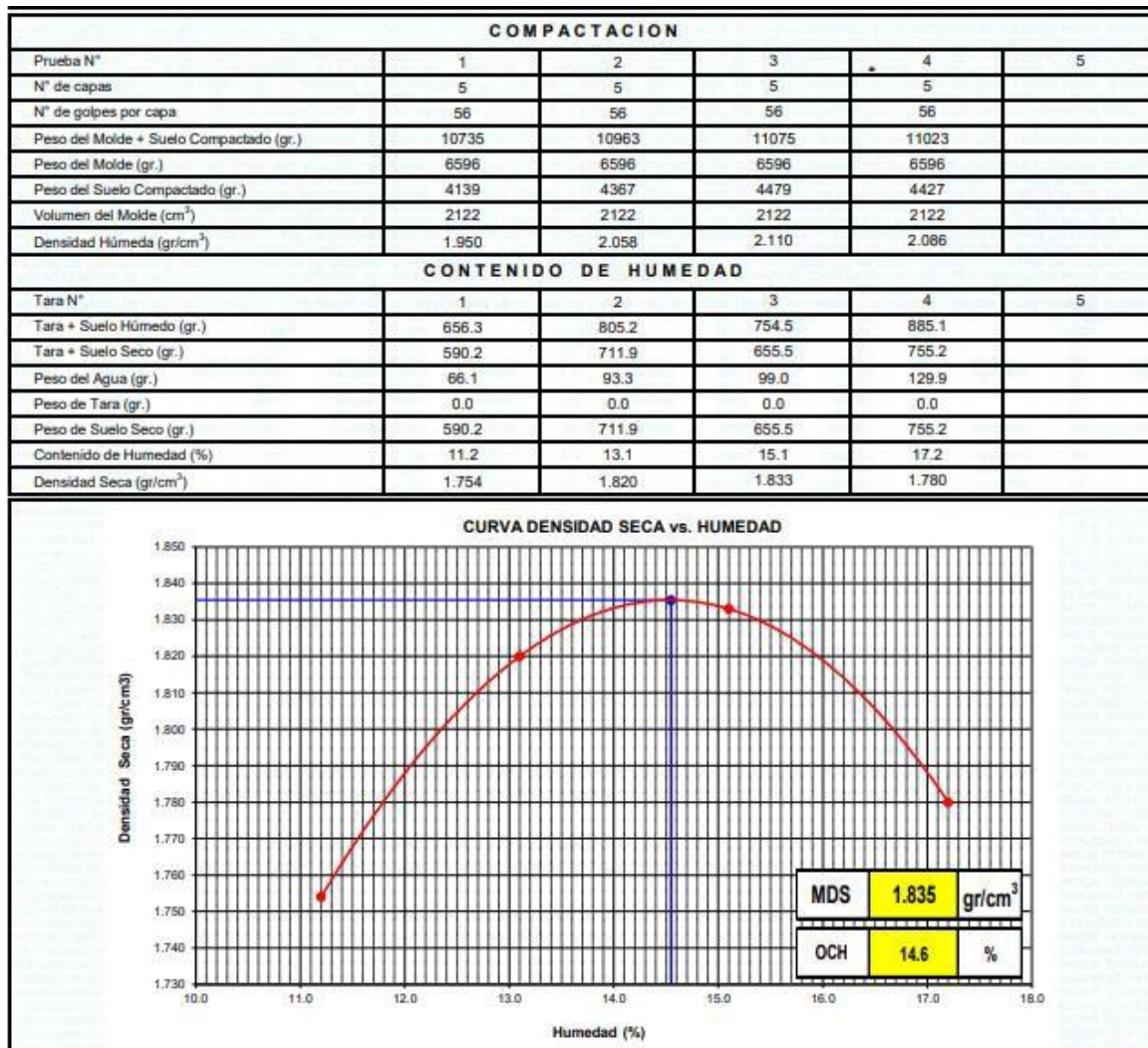


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 24 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.840 gr/cm³.

- Muestra 3:

Tabla 25. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 2cm muestra 3



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 25 que el óptimo contenido de humedad es 14.6% y la máxima densidad seca es 1.835 gr/cm³.

- CBR:
- Muestra 1:

Tabla 26: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN						
Molde N°	2		4		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12621	12874	11963	12462	11287	11612
Peso de molde (g)	8113	8113	7688	7688	7128	7128
Peso del suelo húmedo (g)	4508	4761	4275	4774	4159	4484
Volumen del molde (cm ³)	2142	2142	2129	2129	2142	2142
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.105	2.223	2.008	2.243	1.942	2.094
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	567.8	567.4	645.8	523.7	534.4	512.9
Peso suelo seco + tara (g)	495.9	480.4	564.0	443.1	466.7	426.4
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	71.9	87.0	81.8	80.6	67.7	86.5
Peso de suelo seco (g)	495.9	480.4	564.0	443.1	466.7	426.4
Contenido de humedad (%)	14.5	18.1	14.5	18.2	14.5	20.3
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.882	1.754	1.897	1.696	1.741

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

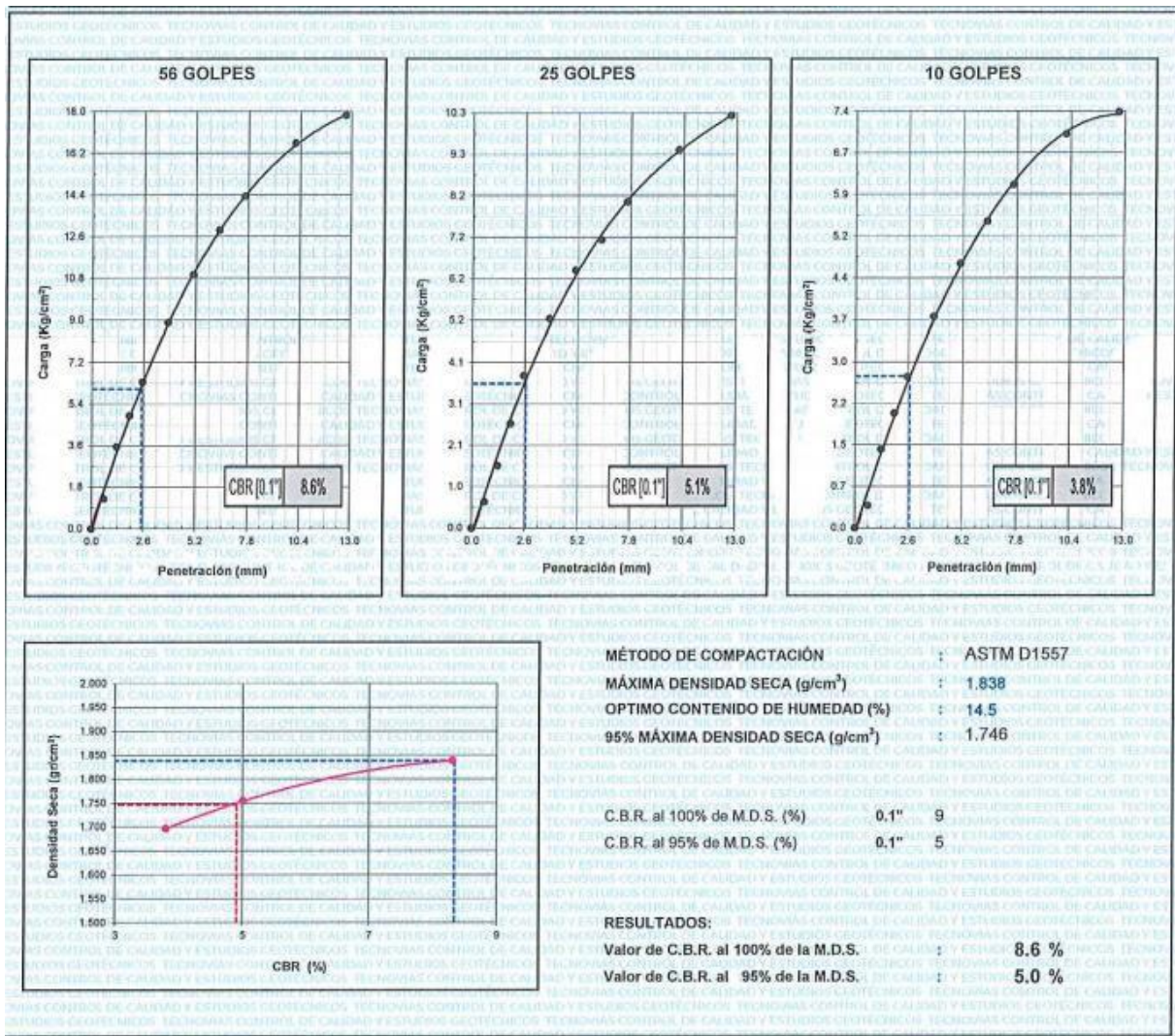
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		26	1.3			13	0.6			8	0.4		
1.270		71	3.5			31	1.5			28	1.4		
1.905		98	4.9			52	2.6			41	2.0		
2.540	70.5	127	6.3	6.0	8.6	76	3.8	3.6	5.1	54	2.7	2.7	3.8
3.810		178	8.9			104	5.2			75	3.7		
5.080		219	10.9			128	6.4			94	4.7		
6.350		258	12.9			143	7.1			109	5.4		
7.620		287	14.3			162	8.1			122	6.1		
10.16		333	16.6			188	9.4			140	7.0		
12.70		357	17.8			205	10.2			148	7.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 26 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 8.6%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 5.1% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.8%.

Tabla 27: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 27 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 27 se obtuvo 5.0% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

- Muestra 2:

Tabla 28: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN											
Molde N°	2				4				7		
Capas N°	5				5				5		
Golpes por capa N°	56				25				10		
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11639		11726		11377		12492		11697		11877
Peso de molde (g)	7128		7128		7128		7128		7688		7688
Peso del suelo húmedo (g)	4511		4598		4249		5364		4009		4189
Volumen del molde (cm ³)	2142		2142		2142		2142		2129		2129
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.106		2.147		1.984		2.505		1.883		1.968
Tara (N°)											
Peso suelo húmedo + tara (g)	534.2		656.7		564.9		519.8		578.7		544.8
Peso suelo seco + tara (g)	466.6		470.6		493.3		438.6		505.4		450.2
Peso de tara (g)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
Peso de agua (g)	67.6		86.1		71.6		81.2		73.3		94.6
Peso de suelo seco (g)	466.6		470.6		493.3		438.6		505.4		450.2
Contenido de humedad (%)	14.5		18.3		14.5		18.5		14.5		21.0
Densidad seca (g/cm ³)	1.840		1.815		1.733		2.113		1.645		1.626

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

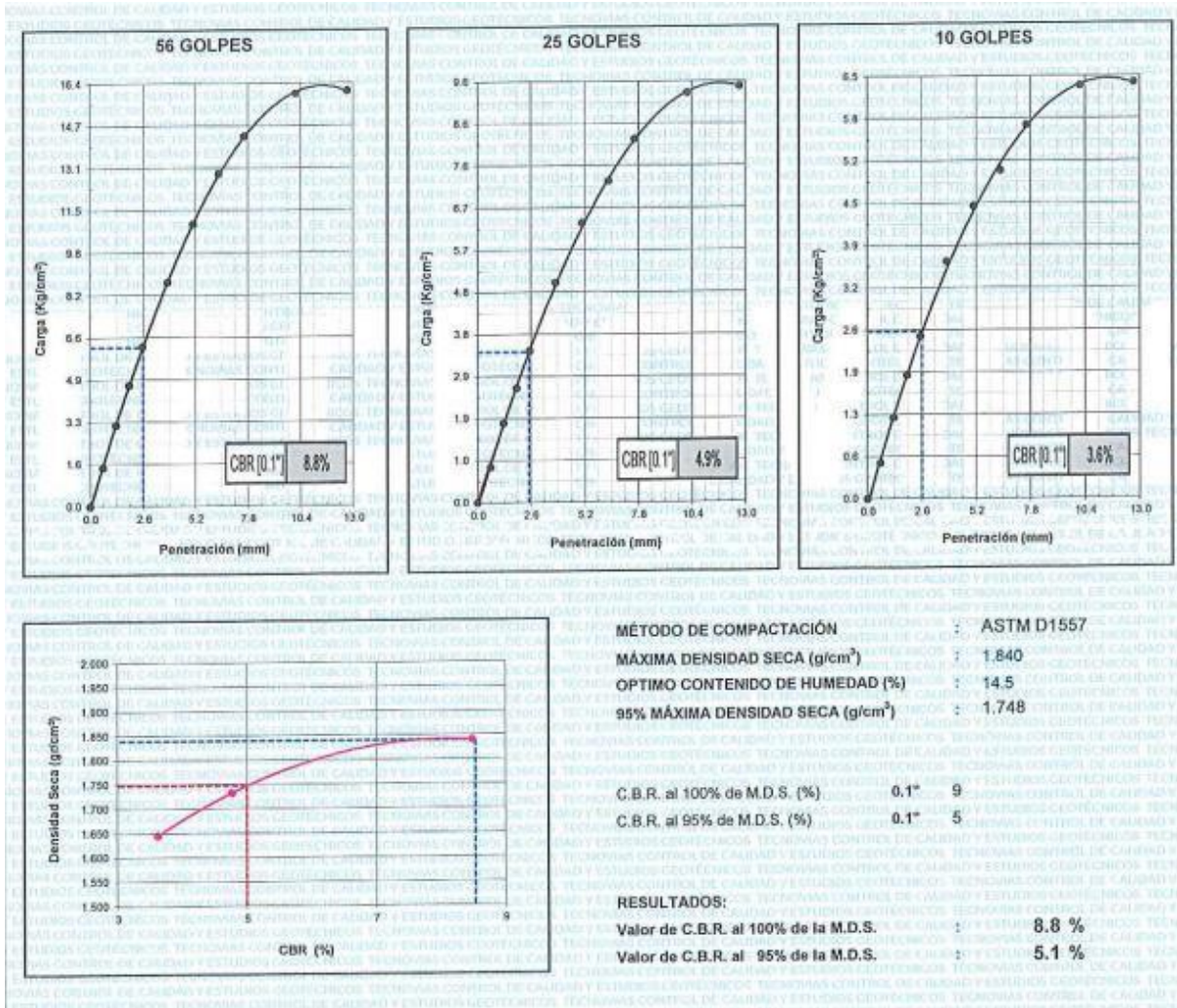
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		30	1.5			16	0.8			11	0.5		
1.270		63	3.1			36	1.8			25	1.2		
1.905		94	4.7			52	2.6			38	1.9		
2.540	70.5	124	6.2	6.2	8.8	69	3.4	3.4	4.9	50	2.5	2.6	3.6
3.810		174	8.7			100	5.0			73	3.6		
5.080	105.7	219	10.9			127	6.3			90	4.5		
6.350		256	12.9			146	7.3			101	5.0		
7.620		287	14.3			165	8.2			115	5.7		
10.16		320	16.0			186	9.3			127	6.3		
12.70		322	16.1			189	9.4			128	6.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 28 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 8.6%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.9% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.6%.

Tabla 29: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 29 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 29 se obtuvo 5.1% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

- Muestra 3:

Tabla 30: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN						
Molde N°	1		3		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12425	12508	12549	12652	12553	12659
Peso de molde (g)	7529	7529	7732	7732	7865	7865
Peso del suelo húmedo (g)	4896	4979	4817	4920	4688	4794
Volumen del molde (cm ³)	2328	2328	2405	2405	2423	2423
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.139	2.003	2.046	1.935	1.979
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	562.3	865.5	855.2	545.2	653.0	605.3
Peso suelo seco + tara (g)	490.7	734.1	746.2	461.6	569.9	502.3
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	71.6	131.4	109.0	83.6	83.1	103.0
Peso de suelo seco (g)	490.7	734.1	746.2	461.6	569.9	502.3
Contenido de humedad (%)	14.6	17.9	14.6	18.1	14.6	20.5
Densidad seca (g/cm ³)	1.835	1.814	1.748	1.732	1.688	1.642

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

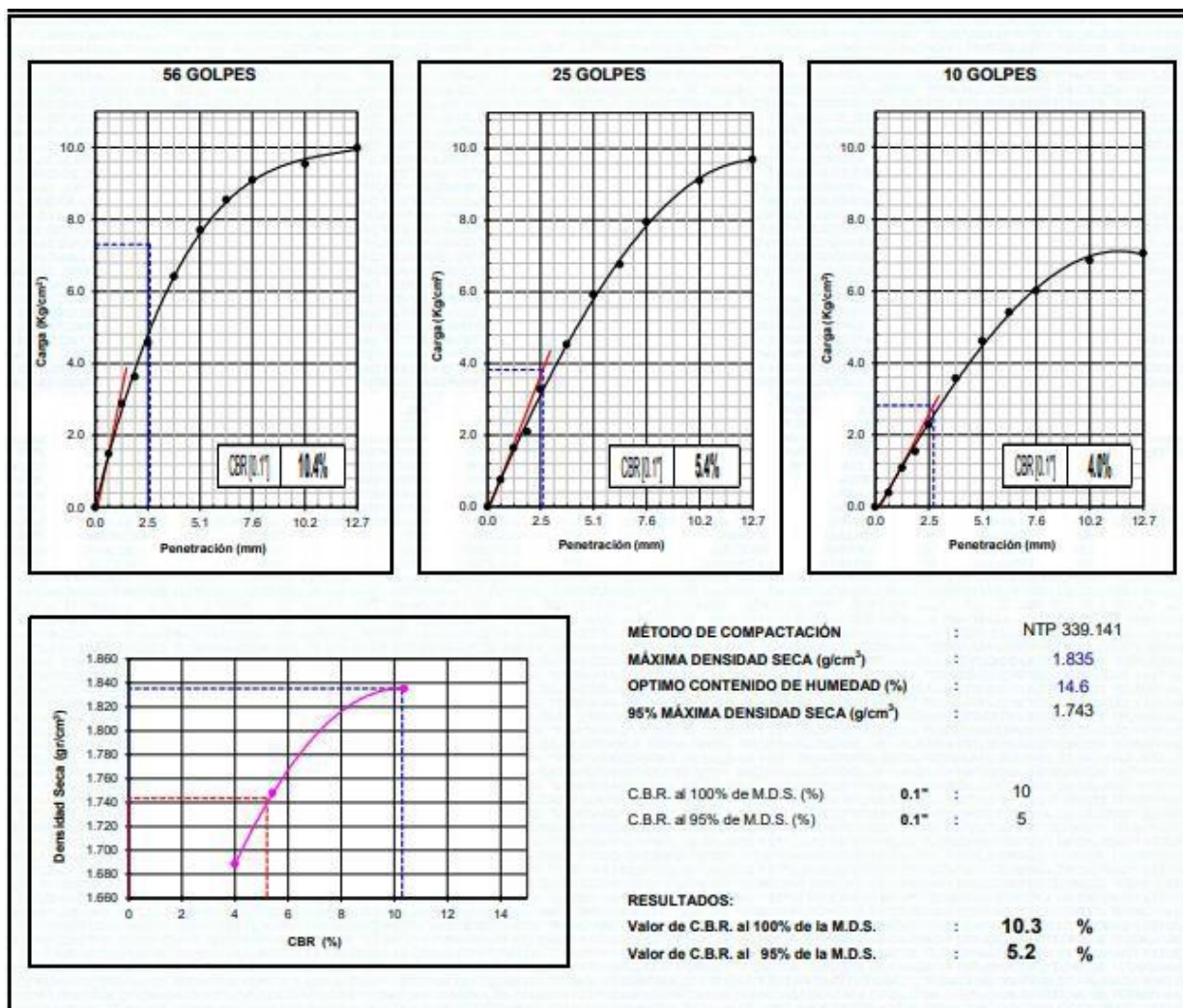
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		30	1.5			15	0.7			8	0.4		
1.270		58	2.9			33	1.6			22	1.1		
1.905		73	3.6			42	2.1			31	1.5		
2.540	70.5	92	4.6	7.3	10.4	66	3.3	3.8	5.4	46	2.3	2.8	4.0
3.810		129	6.4			91	4.5			72	3.6		
5.080	105.7	155	7.7			119	5.9			93	4.6		
6.350		172	8.6			136	6.8			109	5.4		
7.620		183	9.1			160	8.0			121	6.0		
10.16		192	9.5			183	9.1			138	6.9		
12.70		201	10.0			195	9.7			142	7.1		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 30 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 10.4%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 5.4% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.0%.

Tabla 31: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 31 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 31 se obtuvo 5.2 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

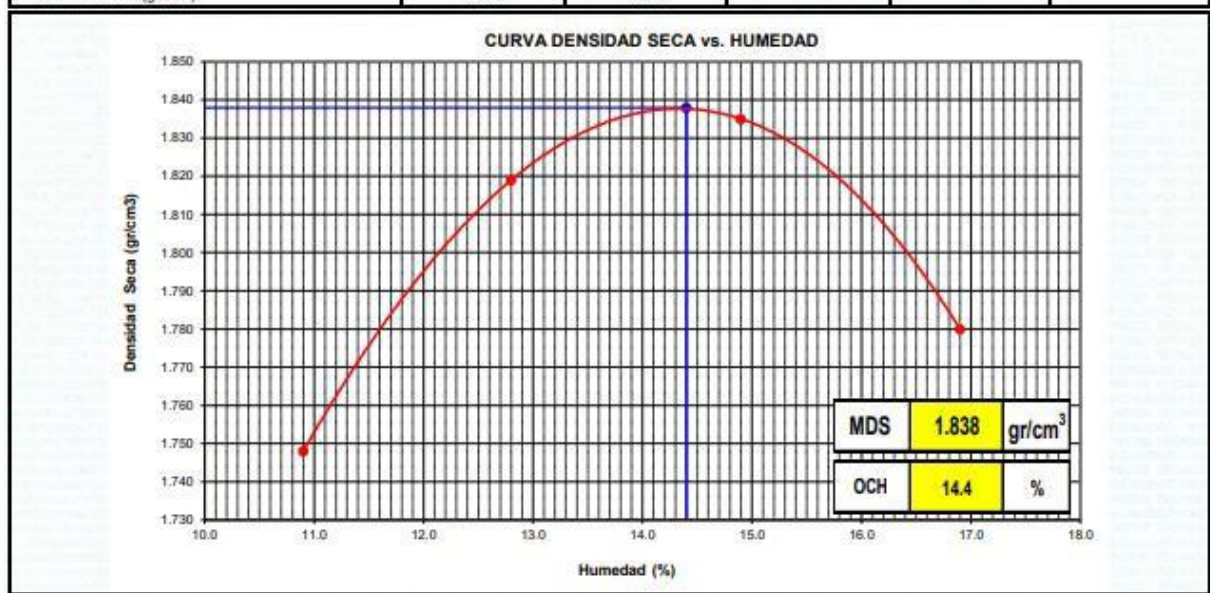
C. CBR con polímero sintético a 1.2cm de profundidad:

- **Proctor modificado:**

- **Muestra 1:**

Tabla 32. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 1.2cm muestra

COMPACTACION					
Prueba N°	1	2	3	4	5
N° de capas	5	5	5	5	
N° de golpes por capa	56	56	56	56	
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10711	10951	11069	11012	
Peso del Molde (gr.)	6596	6596	6596	6596	
Peso del Suelo Compactado (gr.)	4115	4355	4473	4416	
Volumen del Molde (cm ³)	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.939	2.052	2.108	2.081	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	869.0	805.2	774.5	905.2	
Tara + Suelo Seco (gr.)	783.6	713.8	674.1	774.3	
Peso del Agua (gr.)	85.4	91.4	100.4	130.9	
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	783.6	713.8	674.1	774.3	
Contenido de Humedad (%)	10.9	12.8	14.9	16.9	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.748	1.819	1.835	1.780	

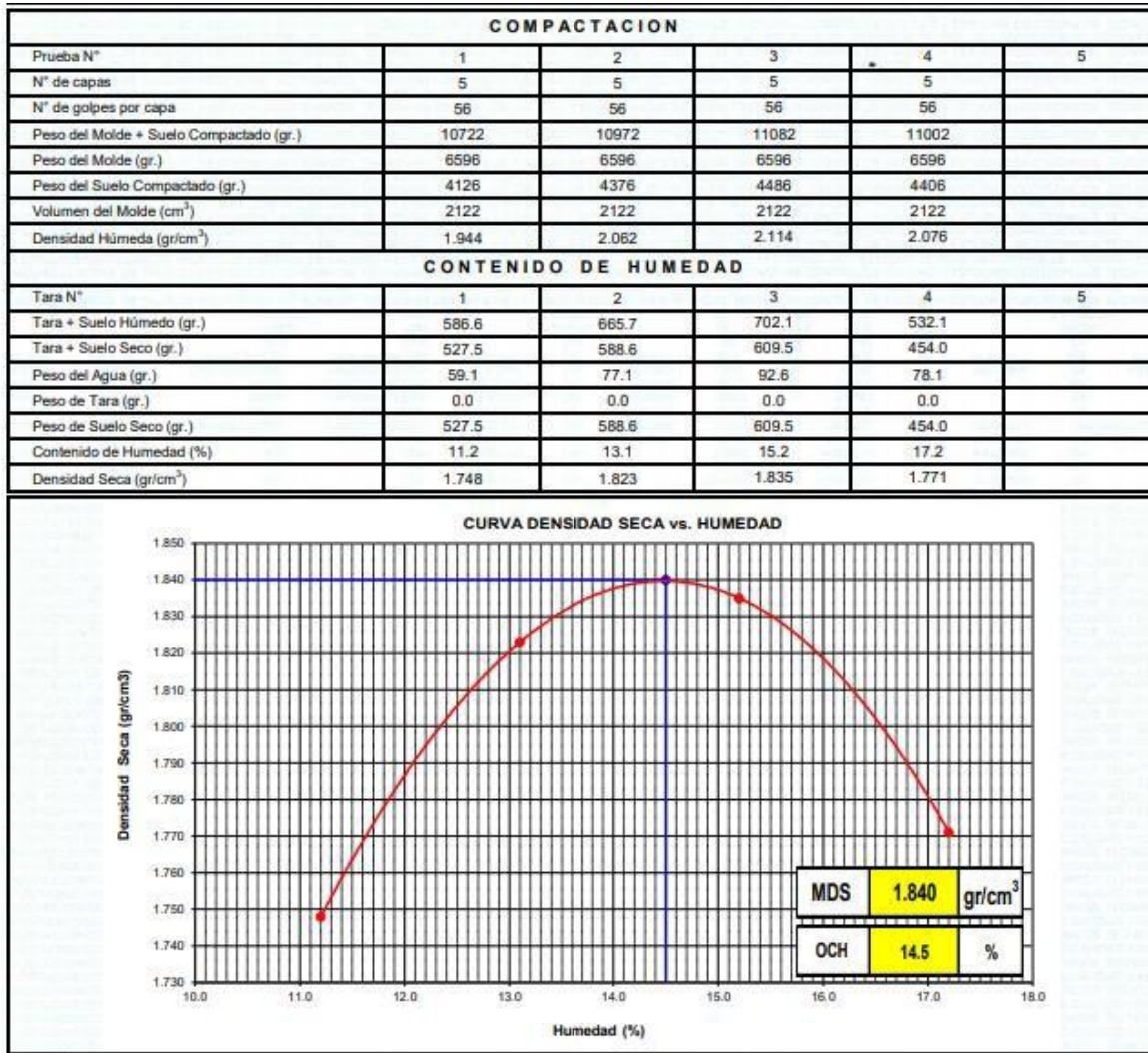


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 32 que el óptimo contenido de humedad es 14.4% y la máxima densidad seca es 1.838 gr/cm³.

- **Muestra 2:**

Tabla 33. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 1.2cm muestra 2

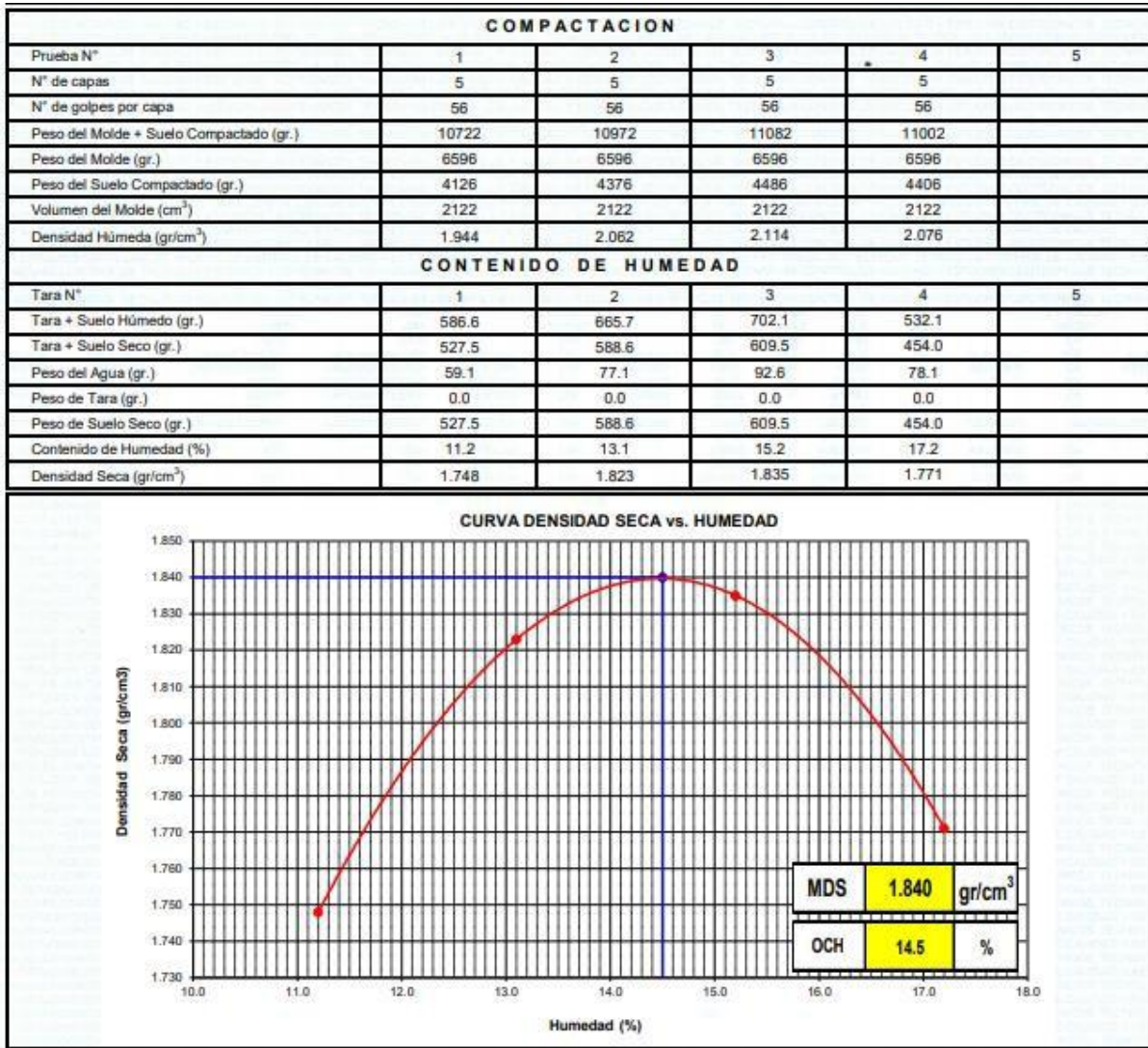


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 33 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.840 gr/cm³.

- **Muestra 3:**

Tabla 34. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 1.2cm muestra 3



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 34 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.840 gr/cm³.

- CBR:
- Muestra 1:

Tabla 35: Ensayo CBR compactación y penetración

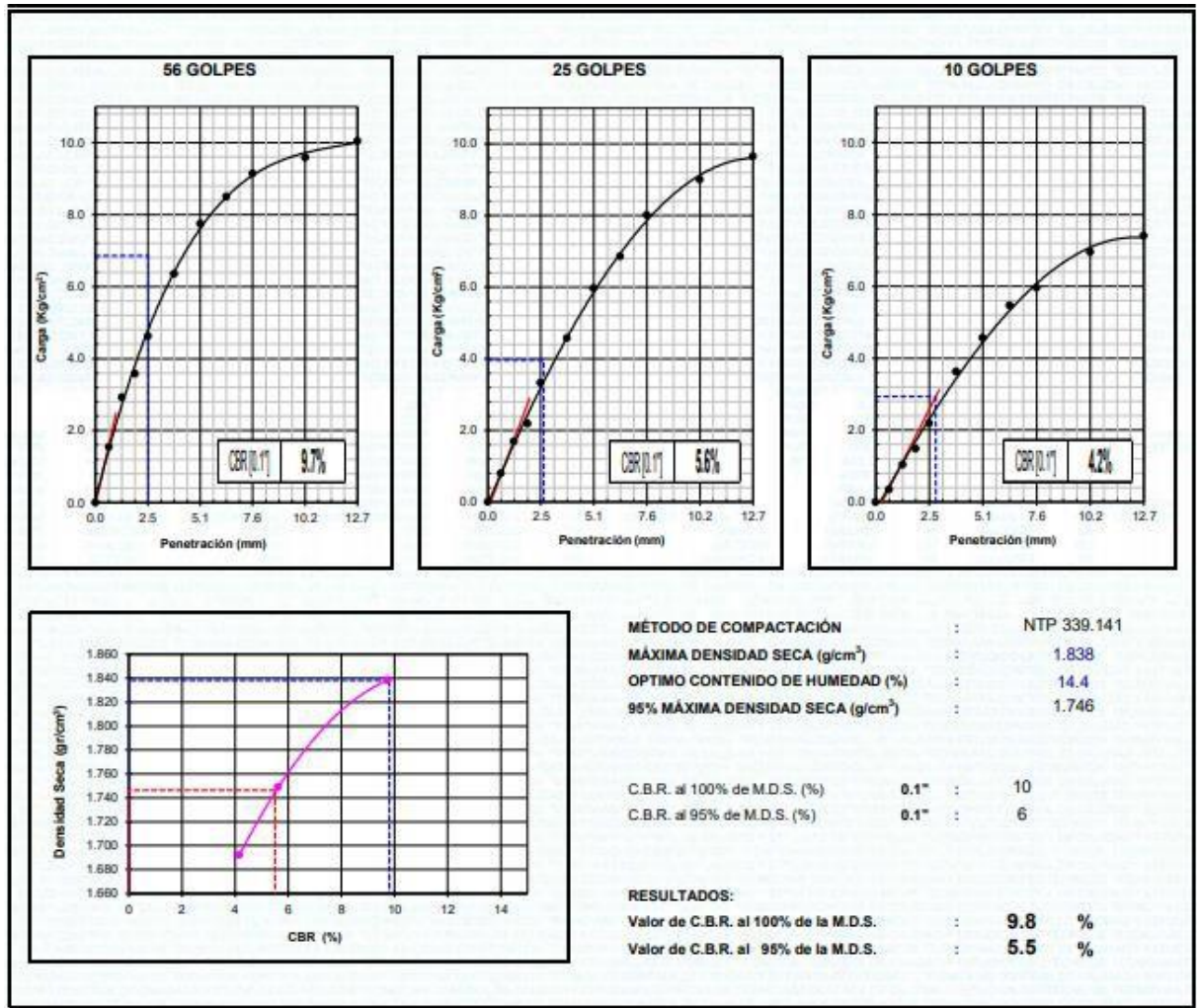
COMPACTACIÓN													
Molde N°	9		11		14								
Capas N°	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12433	12510	12548	12660	12533	12655							
Peso de molde (g)	7529	7529	7715	7715	7823	7823							
Peso del suelo húmedo (g)	4904	4981	4833	4945	4710	4832							
Volumen del molde (cm ³)	2332	2332	2416	2416	2433	2433							
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.136	2.000	2.047	1.936	1.986							
Tara (N°)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.6	602.2	854.5	774.5	653.3	552.2							
Peso suelo seco + tara (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6							
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Peso de agua (g)	67.0	91.0	107.6	118.1	82.2	93.6							
Peso de suelo seco (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6							
Contenido de humedad (%)	14.4	17.8	14.4	18.0	14.4	20.4							
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.813	1.749	1.735	1.692	1.650							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		31	1.5			16	0.8			7	0.3		
1.270		59	2.9			34	1.7			21	1.0		
1.905		72	3.6			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	93	4.6	6.9	9.7	67	3.3	4.0	5.6	44	2.2	2.9	4.2
3.810		128	6.4			92	4.6			73	3.6		
5.080	105.7	156	7.8			120	6.0			92	4.6		
6.350		171	8.5			138	6.9			110	5.5		
7.620		184	9.2			161	8.0			120	6.0		
10.16		193	9.6			181	9.0			140	7.0		
12.70		202	10.0			194	9.6			149	7.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 35 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 9.7%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 5.6% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.2%.

Tabla 36: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 36 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 36 se obtuvo 5.5 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

- Muestra 2:

Tabla 37: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN											
Molde N°	A				C				D		
Capas N°	5				5				5		
Golpes por capa N°	56				25				10		
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12438	12534	12525	12609	12451	12571					
Peso de molde (g)	7531	7531	7733	7733	7875	7875					
Peso del suelo húmedo (g)	4907	5003	4792	4876	4576	4696					
Volumen del molde (cm ³)	2329	2329	2405	2405	2422	2422					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.107	2.148	1.993	2.027	1.889	1.939					
Tara (N°)											
Peso suelo húmedo + tara (g)	566.3	865.2	754.2	522.7	653.3	556.7					
Peso suelo seco + tara (g)	494.6	736.3	658.7	443.0	570.6	463.9					
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
Peso de agua (g)	71.7	128.9	95.5	79.7	82.7	92.8					
Peso de suelo seco (g)	494.6	736.3	658.7	443.0	570.6	463.9					
Contenido de humedad (%)	14.5	17.5	14.5	18.0	14.5	20.0					
Densidad seca (g/cm ³)	1.840	1.828	1.740	1.718	1.650	1.616					

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

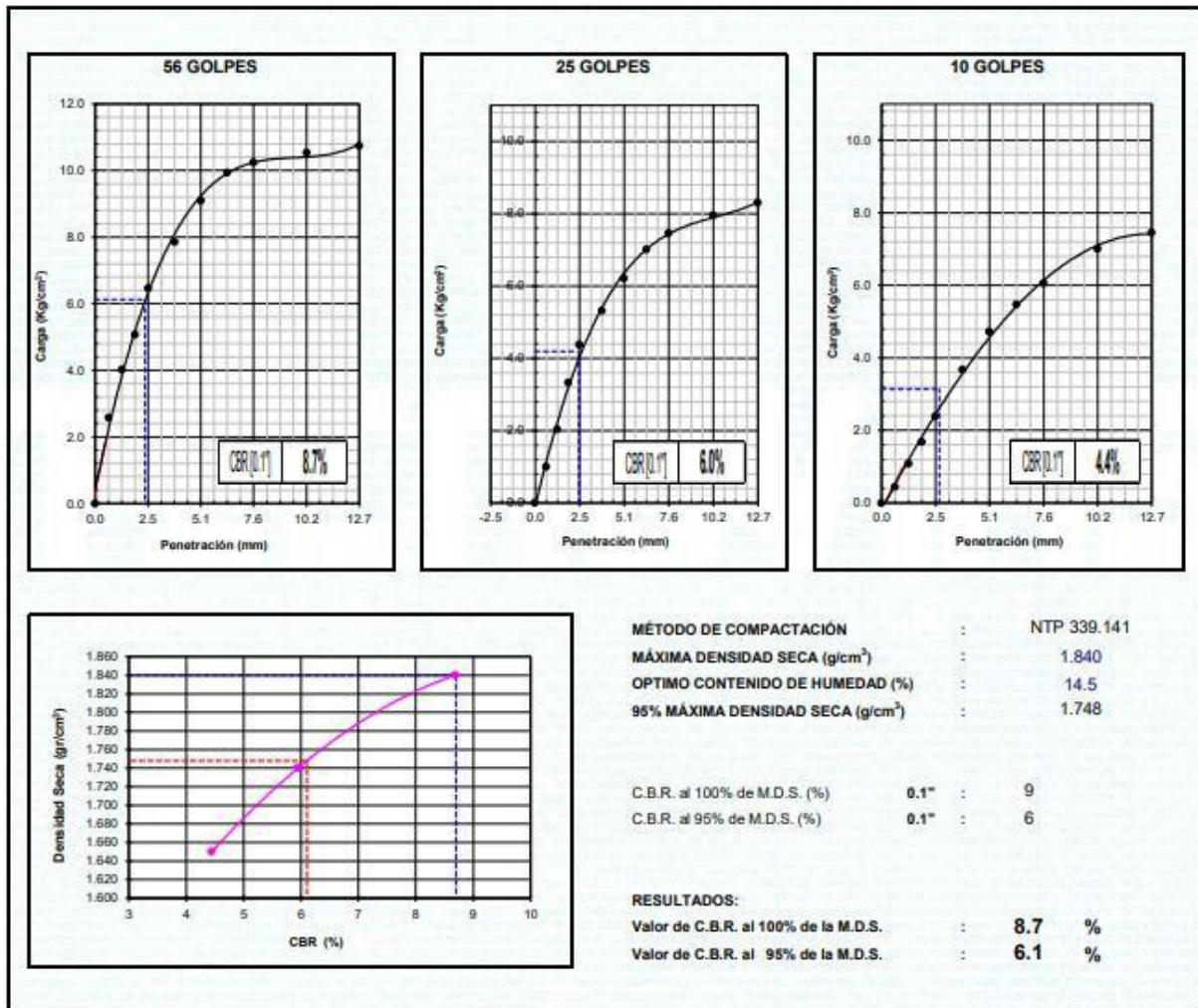
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		52	2.6			20	1.0			9	0.4		
1.270		81	4.0			41	2.0			22	1.1		
1.905		102	5.1			67	3.3			34	1.7		
2.540	70.5	130	6.5	6.1	8.7	88	4.4	4.2	6.0	48	2.4	3.1	4.4
3.810		158	7.9			107	5.3			74	3.7		
5.080	105.7	183	9.1			125	6.2			95	4.7		
6.350		200	9.9			141	7.0			110	5.5		
7.620		206	10.2			150	7.5			122	6.1		
10.16		212	10.5			160	8.0			141	7.0		
12.70		216	10.7			167	8.3			150	7.5		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 37 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 8.7%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 6.0% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.4%.

Tabla 38: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 38 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 38 se obtuvo 6.1 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR mayor a 6% es considerado una subrasante regular teniendo así los polímeros sintéticos con botellas plásticas influyen significativamente en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Los Olivos 2020.

- Muestra 3:

Tabla 39: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN						
Molde N°	9		11		14	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12433	12510	12548	12660	12533	12655
Peso de molde (g)	7529	7529	7715	7715	7823	7823
Peso del suelo húmedo (g)	4904	4981	4833	4945	4710	4832
Volumen del molde (cm ³)	2332	2332	2416	2416	2433	2433
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.136	2.000	2.047	1.936	1.986
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.6	602.2	854.5	774.5	653.3	552.2
Peso suelo seco + tara (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	67.0	91.0	107.6	118.1	82.2	93.6
Peso de suelo seco (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6
Contenido de humedad (%)	14.4	17.8	14.4	18.0	14.4	20.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.813	1.749	1.735	1.692	1.650

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%

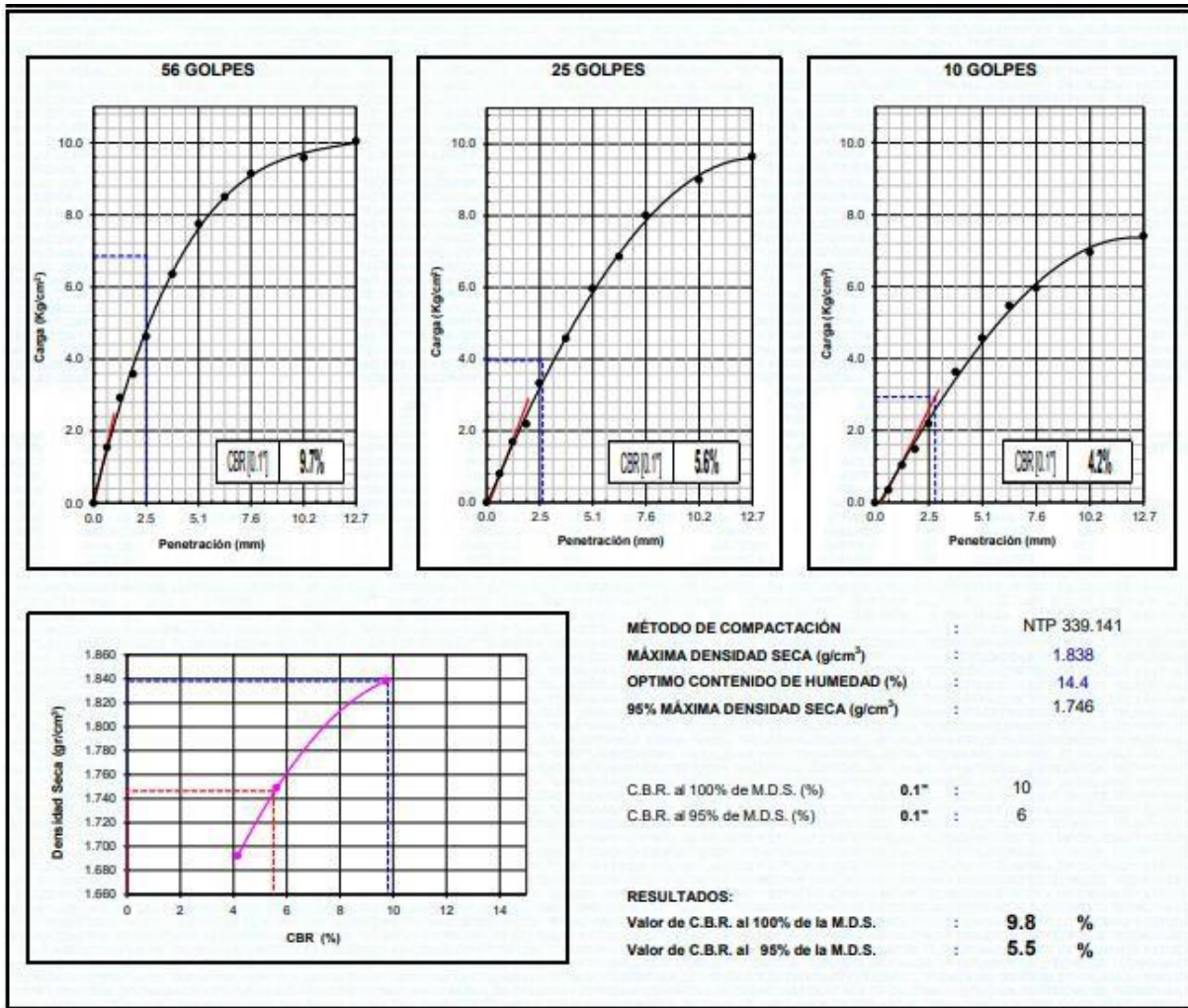
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		31	1.5			16	0.8			7	0.3		
1.270		59	2.9			34	1.7			21	1.0		
1.905		72	3.6			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	93	4.6	6.9	9.7	67	3.3	4.0	5.6	44	2.2	2.9	4.2
3.810		128	6.4			92	4.6			73	3.6		
5.080	105.7	156	7.8			120	6.0			92	4.6		
6.350		171	8.5			138	6.9			110	5.5		
7.620		184	9.2			161	8.0			120	6.0		
10.16		193	9.6			181	9.0			140	7.0		
12.70		202	10.0			194	9.6			149	7.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 39 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 9.7%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 560% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.2%.

Tabla 40: Ensayo CBR



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 40 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 40 se obtuvo 5.5 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

Resumen de resultados:

Los resultados se obtuvieron según la NTP 339.141.

Tabla 41. CBR con polímero sintético a diferentes profundidades

MUESTRAS	CBR 95%			PROMEDIO
Suelo natural	4.4	4.4	4.7	4.50
Aplic. Geos. a 2 cm	5.0	5.1	5.2	5.10
Aplic. Geos. a 1.2 cm	5.5	5.5	6.1	5.70

D. Ensayo para el polímero sintético con botellas plásticas:

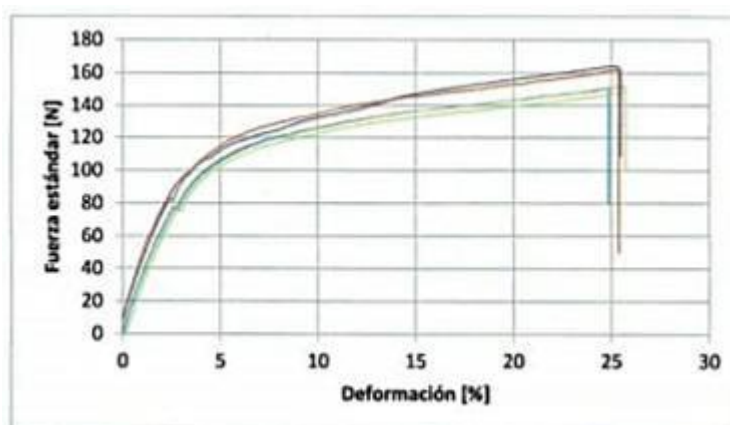
- Resistencia a la rotura y elongación (2% y 5%)

Tabla 42. Ensayo de tracción y elongación longitudinal

Medición	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
Resistencia de Rotura Longitudinal, N	151.0	152.1	148.3	164.2	162.1	155.5
% Elongación	24.7	25.5	25.4	25.1	25.0	25.1
Resistencia longitudinal al 2% de deformación, N	64.3	59.9	58.5	73.4	73.4	65.9
Resistencia longitudinal al 5% de deformación, N	106.2	105.1	102.4	112.4	113.8	108.0

Fuente: Slab

Tabla 43. Gráficas Fuerza – Deformación Longitudinal



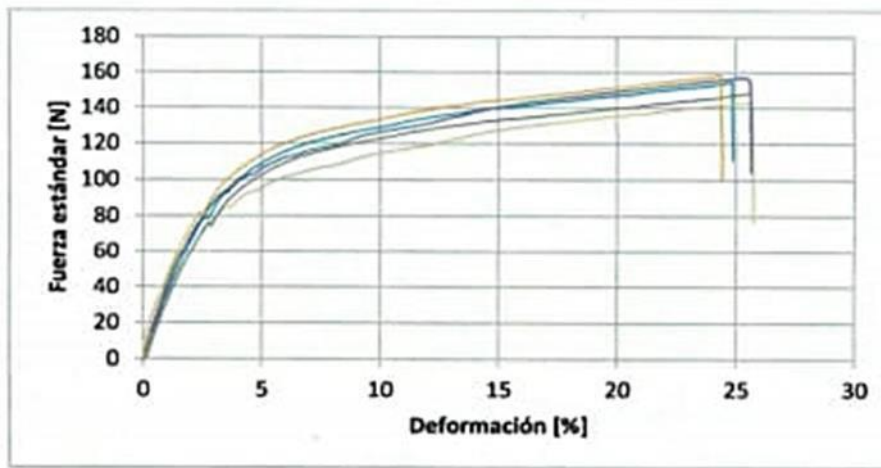
Fuente: Slab

Tabla 44. Ensayo de tracción y elongación transversal

Medición	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
Resistencia de Ruptura Transversal, N	154.7	142.7	148.5	157.0	158.7	152.3
% Elongación	24.6	25.5	25.6	25.2	24.1	25.0
Resistencia Transversal al 2% de deformación, N	65.9	60.5	60.0	68.7	72.6	65.5
Resistencia Transversal al 5% de deformación, N	108.9	95.8	102.5	106.1	113.8	105.4

Fuente: Slab

Tabla 45. Gráficas Fuerza – Deformación Transversal



Fuente: Slab

- **Cálculos a partir de los resultados:**

❖ **Tamaño de muestra llevada al laboratorio: 1 m²**

Dimensiones:

Longitudinal: 2.5 cm

Transversal: 3.05 cm

Costillas: 4 mm

❖ **Muestra tomada para someter a la Máquina Universal de Ensayos: 10**

probetas de 66.43 cm² (0.6642 m²)

Ancho: 7.3 cm (0.073m)

Largo: 9.1 cm (0.091m)

A. Ensayo de tracción y elongación – Dirección longitudinal

Resistencia a la rotura longitudinal: 155.5 N

Elongación: 25.1 %

Fórmula para hallar la longitud final:

$$\%E = \frac{l_f - l_o}{l_o}$$

- %E: Porcentaje de elongación
- Lf: Longitud final
- Lo: Longitud inicial

Cálculo para la longitud final:

$$0.251 = \frac{l_f - 7.3 \text{ cm}}{7.3 \text{ cm}}$$

$$9,1323 \text{ cm} = l_f$$

Diferencia de longitud inicial y final:

$$9,1323 - 7.3 = 1.8323 \text{ cm}$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{155.5 \text{ N}}{0.0183 \text{ m}} = 8497.2677 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 8.4972 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia longitudinal al 2% de deformación: 65.9 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 1.8323 cm

$$0.02 = \frac{l_f - 1.8323 \text{ cm}}{1.8323 \text{ cm}}$$

$$1.8689 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{65.9 \text{ N}}{0.01868 \text{ m}} = 3527.837 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 3.5278 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia longitudinal al 5% de deformación: 108.0 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 1.8323 cm

$$0.05 = \frac{l_f - 1.8323 \text{ cm}}{1.8323 \text{ cm}}$$

$$1.9239 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{108.0 \text{ N}}{0.0192 \text{ m}} = 5625 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 5.625 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

B. Ensayo de tracción y elongación – Dirección transversal

Resistencia a la rotura transversal: 152.3 N

Elongación: 25 %

Fórmula para hallar la longitud final:

$$\%E = \frac{l_f - l_o}{l_o}$$

- %E: Porcentaje de elongación
- l_f : Longitud final
- l_o : Longitud inicial

Cálculo para la longitud final:

$$0.25 = \frac{l_f - 9.1 \text{ cm}}{9.1 \text{ m}}$$

$$11.375 \text{ cm} = l_f$$

Diferencia de longitud inicial y final:

$$11.375 - 9.1 = 2.275 \text{ cm}$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{152.3 \text{ N}}{0.02275 \text{ m}} = 6694.505 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 6.694 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia transversal al 2% de deformación: 65.5 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 2.275 cm

$$0.02 = \frac{l_f - 2.275 \text{ cm}}{2.275 \text{ cm}}$$

$$2.3205 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{65.5 \text{ N}}{0.02332 \text{ m}} = 2808.74 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 2.8087 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia transversal al 5% de deformación: 105.4 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 2.275 cm

$$0.05 = \frac{l_f - 2.275 \text{ cm}}{2.275 \text{ cm}}$$

$$2.3887 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{105.4 \text{ N}}{0.02388 \text{ m}} = 4413.7353 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 4.4137 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Tabla 46. Cuadro comparativo de geomallas

CUADRO COMPARATIVO					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		Método de prueba	Unidad	Valores nominales	
				Longitudinal (MD)	Transversal (TD)
GEOAMALLA BIAXIAL BX1500 (TENSAR)	Características geométricas	Dimensiones de abertura	mm	25	30.5
		Espesor de costillas	mm	1.78	1.78
	Características mecánicas	Resistencia última a la tracción	kN/m	27	30
		Resistencia a la tracción al 2% de deformación	kN/m	8.5	10
		Resistencia a la tracción al 5% de deformación	kN/m	17.5	20
GEOMALLA DE POLIMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS PLÁSTICAS	Características geométricas	Dimensiones de abertura	mm	25	30.5
		Espesor de costillas	mm	4	4
	Características mecánicas	Resistencia última a la tracción	kN/m	8.49	6.69
		Resistencia a la tracción al 2% de deformación	kN/m	3.52	2.80
		Resistencia a la tracción al 5% de deformación	kN/m	5.62	4.41

Fuente: Elaboración propia

E. RENTABILIDAD:

Se procedió a realizar el presupuesto para evaluar la rentabilidad de los polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos teniendo como presupuesto base la Geomalla biaxial de la empresa Tensar.

Tabla 47. Datos de la calle Fortaleza

Datos		Área a estabilizar(m2)
Ancho (m)	4	252
Largo (m)	63	

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 47 muestra el área de la Calle Fortaleza, la cual tiene un ancho de 4m y de largo 63m, obteniendo así con total de 252m² a estabilizar.

– **Geomalla biaxial Tensar:**

Tabla 48. *Datos de la geomalla biaxial*

Geomalla biaxial Tensar	Área total (m ²)	Precio U. S/.	Parcial (S/.)
	252	S/.8.75	S/./2,205.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48 se observa que según la empresa Tensar para el área de la calle Fortaleza el costo del m² es de S/. 8.75 por lo tanto para los 252m² la Geomalla biaxial tendrá un costo de S/./2,205.00.

– **Polímero sintético con botellas plásticas**

Tabla 49. *Cálculo de cantidad de botellas plásticas*

Botellas de 7 Lt	N° Botellas/m ²	Área total (m ²)	N° total de botellas
	4	252	1008

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 49 se obtuvo que para la elaboración de la geomalla de polímeros sintéticos se utilizaron 4 botellas de 7 Lt para 1 m², por lo tanto, para el área de 252 m² a estabilizar de la calle Fortaleza se necesitará de 1008 botellas de 7 Lt.

Tabla 50. *Presupuesto de botellas plásticas*

Botellas plásticas	Cant botellas	Peso de 1 botella (Kg)	Precio (S/.) de 1 Kg	Peso total (Kg)	Precio total (S/.)
	1008	0.1	0.7	100.8	70.56

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 50 se obtuvo el costo del 1 kg de botellas plásticas es de S/./0.70, y el peso por cada botella de 7Lt es de 0.1 Kg, por lo tanto, al multiplicar la

el N° de botellas por el peso de cada una se obtuvo el peso total de 100.8 Kg y al multiplicar por su precio unitario se obtuvo un costo total de S/. 70.56.

Tabla 51. *Presupuesto total de polímeros sintéticos con botellas plásticas*

Botellas plásticas	Precio S/.
Material C/desperdicio (10%)	77.616
Mano de obra C/U	300
Equipos y herramientas	50
COSTO DIRECTO	427.616
IGV (18%)	76.971
TOTAL	504.59

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 51 se obtuvo el precio total de las geomallas de polímeros sintéticos con botellas plásticas, en donde se consideró todos los gastos que conllevará elaborar esta malla.

Tabla 52. *Presupuesto total de Geomalla Tensar vs geomalla de polímeros sintéticos con botellas plásticas*

NOMBRE	Precio (S/.)
Geomalla biaxial Tensar	2205
Geomalla biaxial de botellas plásticas	504.59

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 52 se realizó un cuadro comparativo de precios, donde se puede observar la diferencia en gastos al adquirir una geomalla industrial como la de Tensar y otra elaborada de material reciclado como las botellas plásticas para una determinada área de la calle Fortaleza (252 m2).

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Luego de obtener los resultados del ensayo CBR se procedió a el análisis estadístico mediante el software SPSS.

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 53. Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RESULTADO	,385	3	.	,750	3	,000
RESULTADOFINAL	,241	3	.	,974	3	,688

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 53 tenemos un nivel de significancia igual a 0.688 aplicando Shapiro-Wilk.

Tabla 54. Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	RESULTADO	4,500	3	,1732	,1000
	RESULTADOFINAL	5.333	3	.7095	.4096

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 54 obtuvimos una desviación estándar en el resultado final de 0.70095 y la media de error estándar de 0.4096.

Tabla 55. Correlaciones de muestras emparejadas

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 RESULTADO & RESULTADOFINAL	3	-,773	,437

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Análisis estadístico t-student para los ensayos de geomalla biaxial

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
RESULTADO	Media		4,500	,1000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,070	
		Límite superior	4,930	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		4,400	
	Varianza		,030	
	Desviación estándar		,1732	
	Mínimo		4,4	
	Máximo		4,7	
	Rango		,3	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,732	1,225
	Curtosis		.	.
RESULTADOFINAL	Media		5,333	,4096
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,571	
		Límite superior	7,096	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		5,200	
	Varianza		,503	
	Desviación estándar		,7095	
	Mínimo		4,7	
	Máximo		6,1	
	Rango		1,4	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		,816	1,225
	Curtosis		.	.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos se demuestra que existe una diferencia significativa en las medias de la aplicación de la geomalla biaxial de botellas plásticas.

Dados los resultados se procedió a contestar las hipótesis:

- ❖ H0: La incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas, será favorable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.
- ❖ H1: La incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas, no será favorable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Según nuestro análisis estadístico mediante el programa SPSS, se halló un nivel de significancia de 0.688 el cual es mayor a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna.

V. DISCUSIÓN:

- De acuerdo a los ensayos elaborados en nuestro informe de investigación estamos de acuerdo con los autores Cuellar y Vega (2020) ya que se realizó los ensayos de calidad a los polímeros sintéticos con botellas plásticas, en específico el ensayo de resistencia a la rotura y elongación.
- En relación a nuestros resultados presentados estamos de acuerdo con los autores Cuellar y Vega (2020) ya que se analizó la rentabilidad siendo así favorable para el medio ambiente y para el presupuesto de una estabilización de subrasante ya que usaron para 266 botellas de 3 litros para un pavimento de 3.5mx3.5m teniendo como resultado un presupuesto económico al implementar las botellas plásticas.

VI. CONCLUSIONES

- Se demostró la influencia de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020, dado que a medida en que la colocación de la geomalla se aproxima a la superficie la subrasante va aumentando su capacidad de soporte.
- Se determinó la capacidad de soporte al incluir los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020, teniendo como resultado que en la altura del polímero sintético con botellas plásticas en la subrasante a los 2 cm arrojó un CBR de 5.2% y a 1.2 cm arrojó un CBR de 6.1%. Como se puede observar a la altura de 1.2 cm se obtiene un CBR mayor a 6%, que según el Manual de Carreteras se considera una subrasante regular, es decir si existe una mejora en la estabilización de una subrasante de suelos arcillosos ya que inicialmente tenía un CBR de 4.4% que es un suelo pobre y al incluir los polímeros sintéticos pasó a un suelo regular.
- Se calculó la resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% de deformación de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020 obteniendo, así como resultado una resistencia longitudinal al 2% de deformación de 3.5278 kN/m y en el 5% una resistencia longitudinal de 5.625 kN/m. En cuanto a la resistencia transversal al 2% se obtuvo 2.8087 kN/m al 5% un 4.4137 kN/m. Constatando nuestro resultado con la ficha técnica BX 1500 de Tensar de geomallas de polipropileno tiene una mayor resistencia a la elaborada en la tesis, puesto que la de Tensar tiene en la dirección longitudinal en el 2% una resistencia de 8.5 kN y al 5% tiene un 17.5 kN, en cuanto a la dirección transversal tiene una resistencia al 2% de 10 kN y al 5% de 20kN.
- Se analizó la rentabilidad de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020 generando así una concientización al cuidado del medio ambiente y la innovación de nuevos productos estabilizantes.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar botellas de distintos tamaños.
- Realizar un estudio socioeconómico para la producción de los polímeros con botellas plásticas a mayor escala.
- Se recomienda aplicar la geomalla de botellas plásticas en distintos tipos de suelos inadecuados ($CBR < 6\%$) para poder diferenciar su funcionamiento.
- Realizar ensayo para la determinación de la permeabilidad al agua de los geotextiles por medio de la permitividad puesto que la geomalla se verá expuesta a diversas condiciones climáticas y geológicas.
- Investigar y crear máquinas cortadoras mucho mas prácticas para la elaboración de las tiras de botellas plásticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TESIS:

1. ARBELÁEZ, Juan y GONGÓRA, Daniel. Refuerzos de estructuras terreas utilizando Tereftalato de Polietileno (PET). Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Ibagué: Universidad de Ibagué, 2019. 99 pp.
2. ARTEAGA Villamarin, Jefferson. Análisis del comportamiento de la base – cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018. 91 pp.
3. FIORINI, Adolfo. Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 47pp.
4. LINARES, Roiser. Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018. (Título profesional de Ingeniero Civil). Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2019. 69 pp.
5. LUNA Pizza, Julián y BEJARANO Hernández, Brayan. Análisis del comportamiento físico y mecánico de la adición de microfibras PET en el mejoramiento de un suelo arcilloso. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2020. 75 pp.
6. MONJE, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. (Título profesional en Ciencias Sociales y Humanas). Colombia: Universidad Surcolombiana, 2011. 24pp.
7. ORREGO, Daniel. Análisis técnico – económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. 72 pp.
8. QUISPE, Esperanza y SAÑAC, Magaly. Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, 2019. 134 pp.

9. Laboratorio de mecánica de Suelos.(2006).Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada(56 000 pie-lb/pie³ [2 700 kn-m/m³]) (proctor modificado).Universidad Nacional de Ingeniería.
10. Castro A.(2017).Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante.Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
11. Apolinares A.(2018). Estabilización de la Subrasante con la incorporación de ceniza vegetal: Universidad peruana de los andes.
12. Quintana, D., & Vera, M. (2017). Evaluación de la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 50%, 75% y 100%. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.25%,
13. Mendizábal K. (2018). Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca. Huancayo: Universidad Peruana de los Andes.

LIBROS:

14. IGLESIAS, Miriam y CORTÉS, Manuel. Generalidades sobre Metodología de la Investigación. México: Universidad Autónoma del Carmen, 2004. 105 pp.
ISBN: 9686624872
15. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Lima: 2013. 36pp.
16. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2014). Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM 2000). Lima, Perú.: Agora Ediciones.
17. SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 6.^a ed. México: Interamericana Editores, S.A. de C.V. 2014. 634 pp.
ISBN: 9781456223960

ARTÍCULOS, BLOGS Y REVISTAS EN LÍNEA:

18. BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. Chiclayo, 2016 [fecha de consulta: 6 de mayo de 2020].

- Disponible en: <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
19. Clasificación e identificación de materiales plásticos [Mensaje en un blog]. España: AIMPLAS, F., (15 de marzo de 2019). [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020. Recuperado de: <https://www.aimplas.es/blog/clasificacion-e-identificacion-de-materiales-plasticos/>
 20. Indecopi. (2008). Normas técnicas peruanas: Suelos.
 21. EL PLÁSTICO PET, ¿PARA QUÉ SE USA? [Mensaje en blog]. Madrid: Arteplastica, (27 de Julio de 2017). [Fecha de consulta: 5 de Mayo]. Recuperado de: <https://arteplastica.es/el-plastico-pet-para-que-se-usa/>
 22. El Perú primero. Ministerio del Ambiente. 17 de Mayo de 2018. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/>
 23. Apolinares A.(2018). Estabilización de la Subrasante con la incorporación de ceniza vegetal: Universidad peruana de los andes.
 24. Gestión. El comercio. 09 de Junio de 2019. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/lima-octava-ciudad-contaminada-america-latina-269614-noticia/>
 25. GEOACE Geosintéticos. Geoaceblog. 14 de octubre del 2019. Disponible en: <https://www.geoaceperu.com/blog/que-es-una-geomalla-usos/>
 26. Instituto de la Construcción y Gerencia ICG.(2000) .Manual de ensayo de materiales.
 27. HERMIDA, Élida. Polímeros [en línea]. Argentina: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2011 [fecha de consulta: 04 de Mayo de 2020].
Capítulo 9. Polímeros.
Disponible en:
http://www.inet.edu.ar/wpcontent/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf
 28. SANDOVAL, Luria. Suelos arcillosos: definición, características y propiedades. Revista mágica naturaleza [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020].
 29. Textos científicos. 23 de Junio de 2013. Disponible en:
<https://www.textoscientificos.com/polimeros/sinteticos>

- Disponible en <https://magicanaturaleza.com/c-suelos/suelos-arcillosos/>
30. URIARTE, Julia. Polímeros. [en línea]. 2019 2011 [fecha de consulta: 28 de Abril de 2020].
Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/polimeros/>
31. Equiservicios S.A.S.(2016) Equiservicios industriales. Colombia
32. REVISTA Infraestructura Vial. [en línea]. Chile: Universidad de La Frontera, 2018. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020].
Disponible en: <file:///C:/Users/Zenia%20Carbajal/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLasPropiedadesMecanicasDeMezclasAsfalt-7095348.pdf>
ISSN: 2215-3705
33. REVISTA Perú Construye [en línea]. Miraflores: Editora Digamma SAC, 2020. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020].
Disponible en: <https://peruconstruye.net/ED64/>
ISSN: 2009-12863
34. Fernández, C & Baptista, Pilar. (2014). Metodología de la investigación. México.
35. REVISTA 2019 World Air Quality Report [en línea]. Alemania: IQAir, 2020. [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2020].
ISSN: 2020-0318
36. La estabilización de suelos [Mensaje en un blog]. Valencia: Yepes, V., (23 de enero de 2014). [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2020]. Recuperado de: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/estabilizacion-de-suelos/>
37. REVISTA La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica [en línea]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2009. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2020].
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
ISSN: 0379-7082
38. La subrasante y base en el diseño de pavimentos [Mensaje en un blog]. México: Lainco. (13 de agosto de 2019). [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2020]. Recuperado de: <https://www.lainco.com.mx/en/blog/item/la-subrasante-y-base-en-el-diseno-de-pavimentos>
39. Polímeros [Mensaje en un blog]. Perú: Morales, B., (22 de abril de 2018). [Fecha de consulta: 3 de mayo de 2020]. Recuperado de: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/qm2-202-131/2018/04/22/polimeros/>

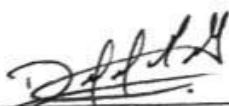
40. Tecnología de los plásticos [Mensaje en un blog]. Perú: Mariano (10 de agosto del 2013). [Fecha de consulta: 3 de mayo de 2020]. Recuperado de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/08/polimeros.html>

ANEXO 1

Declaratoria de autenticidad

Marmanillo Mamani Daina y Villegas Aguilar Maria Fernanda, identificadas con DNI N° 70303971 y N° 73011328, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Profesional de Ingeniería, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompañamos es veraz y auténtica. Asimismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente proyecto de investigación son auténticos y veraces. En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 10 de Abril del 2020.



Daina Giovanna Marmanillo Mamani
DNI: 70303971



Maria Fernanda Villegas Aguilar
DNI:73011328

ANEXO 2

ANEXO 2

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, LUIS HUMBERTO DIAZ HUIZA, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Ate, revisor del trabajo de investigación/tesis titulada

“Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos”, de las estudiantes Marmanillo Mamani Daina Giovanna y Villegas Aguilar Maria Fernanda, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 18 de Junio del 2020

.....
Firma

DIAZ HUIZA LUIS HUMBERTO

DNI: 08196873

ANEXO 3

ELABORACIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS PLÁSTICAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS CALLE FORTALEZA LOS OLIVOS 2020							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			MÉTODOLOGÍA	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES		
¿En qué medida influye la incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?	Demostrar la influencia de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.	Los polímeros sintéticos con botellas plásticas influyen significativamente en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.	V.I: Polímeros sintéticos con botellas plásticas	Reciclar	Unidades	Tipo de investigación: Aplicada	
				Control de calidad	Resistencia a la rotura y elongación		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS		Elaboración de polímero sintético con botellas plásticas	Semi-industrial	Diseño de investigación: Experimental	
				Rentabilidad	Presupuesto		Método de investigación: Cuantitativo
¿Cuál es la resistencia a la rotura y elongación al 2% y al 5% de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?	Calcular la resistencia a la rotura y elongación al 2% y al 5% de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.	La resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% empleando la Máquina Universal de los polímeros sintéticos con botellas plásticas influirán favorablemente en la estabilización de subrasante en los suelos arcilloso calle Fortaleza Los Olivos 2020.		V.D: Estabilización de suelos arcillosos	Clasificación de suelos	AASHTO Y SUCS	Población: Única cuadra Calle Fortaleza
					Resistencia a la tensión	Capacidad de soporte sin el polímero sintético	Muestreo: No probabilístico
¿Es rentable el uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?	Analizar la rentabilidad del uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.	El uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas será rentable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.	Contenido de humedad		Capacidad de soporte con el polímero sintético a 2cm y 1.2 cm de profundidad.	Muestra: 1 calicata	
					Porcentaje contenido de humedad		

ANEXO 4



DATOS DE LA MUESTRA			
Antes del lavado	gr	Después del lavado	gr
Peso de la bandeja=		Peso de la bandeja=	
Peso de la muestra seca=		Peso de la muestra seca=	
Peso de la bandeja + muestra seca=		Muestra lavada seca + peso de la bandeja=	

GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
Mallas estándar		Peso retenido (gr)	% Retenido	%Retenido acumulado	% Que pasa
Tamiz	□ mm				
3"	75				
2 1/2"	62				
2"	50				
1 1/2"	37.5				
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5				
1/4"	6.3				
N° 4	4.75				
N°10	2				
N°20	0.85				
N°40	0.43				
N°60	0.25				
N°80	0.177				
N°100	0.149				
N°200	0.075				
Fondo	0				



LÍMITES DE ATTERBERG				
LÍMITE LÍQUIDO				
Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso tara	gr			
Peso de tara + muestra húmeda	gr			
Peso de tara + muestra seca	gr			
Peso del agua	gr			
Peso de la muestra seca	gr			
% contenido de humedad	%			
Número de golpes	Unid			
LÍMITE LÍQUIDO				

LÍMITE PLÁSTICO				
Descripción	Unid	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de tara	gr			
Peso de tara + muestra húmeda	gr			
Peso de tara + muestra seca	gr			
Peso del agua	gr			
Peso de la muestra seca	gr			
Contenido de humedad	%			
LÍMITE PLÁSTICO				

ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
Límite líquido	Límite plástico	IP



Ensayo proctor modificado	N°	1	2	3	4
Peso específico					
Peso del suelo húmedo + molde	gr				
Peso del molde	gr				
Peso del suelo húmedo	gr				
Volumen del molde	gr				
Densidad húmeda	gr/cm ³				
Contenido de humedad					
Peso de la tara	gr				
Peso del suelo húmedo + tara	gr				
Peso del suelo seco + tara	gr				
Peso del mucílago	gr				
Peso del suelo húmedo	gr				
Peso del suelo seco	gr				
% de contenido de humedad	%				
Cantidad de mucílago	ml				
Peso específico seco					
Densidad seca	gr/cm ³				
Óptimo contenido de humedad					
Máxima densidad seca					


ENSAYO CBR			
Compactación			
Molde N°	Molde N° 1 (56 golpes)	Molde N° 2 (26 golpes)	Molde N° 3 (12 golpes)
N° de Capa	5	5	5
Golpes por cada N°	56	25	10
Peso molde + muestra húmeda (gr)			
Peso del molde (gr)			
Peso de la muestra húmeda (gr)			
Volumen del molde (cm3)			
Peso volumétrico húmedo (gr/cm3)			
Contenido de agua W (%) (OCH)			
Peso volumétrico seco (gr/cm3)			

% Expansión					
Molde N° 1		Molde N° 2		Molde N° 3	
Lectura inicial	Lectura final	Lectura inicial	Lectura final	Lectura inicial	Lectura final

Penetración										
Penetración	Molde N° 1 (55 Golpes)			Molde N° 2 (26 Golpes)			Molde N° 3 (12 Golpes)			
	Pulg.	Kg.	Lbs.	Lbs/pulg2	Kg.	Lbs.	Lbs/pulg2	Kg.	Lbs.	Lbs/pulg2

N de golpes	% CBR	D.S.	DENSIDAD SECA gr/cm3	CBR %
55				
26				
12				

ANEXO 5

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO Escuela de Ingeniería Civil Formato de validación de juicio de expertos		
Fecha: 21-09-2020	Versión 01	Vigencia 2020	Páginas 01

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:


- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): Ing. *Alfredo Salvatierra Chumbile*
 1.2. C.I.P: *207036*
 1.3. Teléfono: *994087239*
 1.4. Correo: *alfredosalvatierra@gmail.com*
 1.5. Especialidad: *Ing. Civil*
 1.6. Grado académico: *Colegiado en Ing. Civil*
 1.7. Cargo e institución donde labora: *Gerente general de Inversiones Salvatierra company sac*

Hago constar que he revisado el proyecto de investigación "Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020" con fines de validez y confiabilidad del instrumento diseñado por los investigadores, Marmanillo Mamani, Daina Giovanna y Villegas Aguilar Maria Fernanda y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

II. VALIDACIÓN:

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					✓
OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					✓
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					✓
COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.					✓
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.					✓
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					✓
SUMATORIA PARCIAL						30
SUMATORIA TOTAL						30


Alfredo Salvatierra Chumbile
 ING. CIVIL
 CIP 207036

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO Escuela de Ingeniería Civil Formato de validación de juicio de expertos		
	Fecha: 21-09-2020	Versión 01	Vigencia 2020

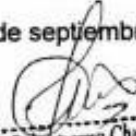
III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: 30


3.2. Opinión: FAVORABLE DEBE MEJORAR
NO FAVORABLE

3.3. Observaciones:

Lima, 21 de septiembre del 2020


Alfredo Salazar Chumbale
ING. CIVIL
CIP 207036

Firma del experto

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO Escuela de Ingeniería Civil Formato de validación de juicio de expertos			
	Fecha: 21-09-2020	Versión 01	Vigencia 2020	Páginas 01

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:


- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): Ing. *Eduardo Kamuro Miyasato*
 1.2. C.I.P: *51291*
 1.3. Teléfono: *994014043*
 1.4. Correo: *ekamuro@arcaduasac.com*
 1.5. Especialidad: *ing civil*
 1.6. Grado académico: *Maestría*
 1.7. Cargo e institución donde labora: *Gerente Constructora Arcadia SAC*

Hago constar que he revisado el proyecto de investigación "Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020" con fines de validez y confiabilidad del instrumento diseñado por los investigadores, Marmanillo Mamani, Daina Giovanna y Villegas Aguilar María Fernanda y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

II. VALIDACIÓN:

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					✓
OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					✓
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					✓
COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.					✓
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.					✓
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento					✓
SUMATORIA PARCIAL						30
SUMATORIA TOTAL		30				

Eduardo Kamuro Miyasato
C.I.P. 51291

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO Escuela de Ingeniería Civil Formato de validación de juicio de expertos		
	Fecha: 21-09-2020	Versión 01	Vigencia 2020

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN


3.1. Valoración total cuantitativa: 30

3.2. Opinión: FAVORABLE DEBE MEJORAR


NO FAVORABLE

3.3. Observaciones:

Lima, 21 de septiembre del 2020


 Firma del experto

CIP 51291

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO Escuela de Ingeniería Civil Formato de validación de juicio de expertos			
Fecha: 29-09-2020	Versión 01	Vigencia 2020	Páginas 01	

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. **Apellidos y nombres del informante (Experto):** Ing. Harry Stephen Rospliguiosi Orma.

1.2. **C.I.P:** 218323

1.5. **Especialidad:** Ingeniero Supervisor

1.6. **DNI:** 43341839


1.7. **Grado académico:** Colegiado de ingeniero Civil

1.8. **Cargo e institución donde labora:** Consorcio D&C Palomino SAC

Hago constar que he revisado el proyecto de investigación "Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020" con fines de validez y confiabilidad del instrumento diseñado por los investigadores, **Marmanillo Mamani, Daina Giovanna y Villegas Aguilar María Fernanda** y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

II. VALIDACIÓN:

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					X
OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					X
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					X
COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable.					X
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.					X
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					X
SUMATORIA PARCIAL						30
SUMATORIA TOTAL		30				

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO Escuela de Ingeniería Civil Formato de validación de juicio de expertos		
	Fecha: 29-09-2020	Versión 01	Vigencia 2020

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. **Valoración total cuantitativa:** 30

3.2. **Opinión:** FAVORABLE X DEBE MEJORAR _____
 NO FAVORABLE _____

3.3. **Observaciones:**

Lima, 29 de septiembre del 2020


 HARRY STEPHEN
 ROSPIGLIOSI ORNA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 215323

 Firma del experto

ANEXO 6

HOJA DE VALIDACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



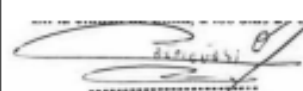
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020

APELLIDOS NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES:

Marmanillo Mamani, Daina Giovanna
Villegas Aguilar, María Fernanda

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO:	CIP	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:	FIRMA:
ALFREDO SALVATIERRA CHUMBILE	207036	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Formato de granulometría. ❖ Formato límites de atterberg. ❖ Formato de contenido de humedad. ❖ Formato de Proctor modificado. ❖ Formato de CBR. ❖ Formato de resistencia a la rotura y elongación (2% y 5%). 	 <small>INVERSIONES SALVATIERRA COMPANY SAC ALFREDO SALVATIERRA CHUMBILE Gerente General</small>
EDUARDO KAMISATO MIYASATO	51291		
HARRY STEPHEN ROSPLIGUIOSI OMA	218323		 <small>HARRY STEPHEN ROSPLIGIOSI OMA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 218323</small>



**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código : F-CPE-SUE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 01 de 02

Ciente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010015
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. ALLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Setiembre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	10 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLVOS (M-4)	Clase de Material:	PROPIO

COMPACTACIÓN

	8		9		10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	8		9		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12422	12499	12500	12559	12530	12648
Peso de molde (g)	7530	7530	7729	7729	7866	7866
Peso del suelo húmedo (g)	4892	4969	4771	4830	4664	4782
Volumen del molde (cm ³)	2328	2328	2398	2398	2422	2422
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.101	2.134	1.990	2.014	1.926	1.974
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	663.3	805.5	754.2	523.3	505.2	632.3
Peso suelo seco + tara (g)	578.8	683.8	658.1	443.5	440.9	525.2
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	84.5	121.7	96.1	79.8	64.3	107.1
Peso de suelo seco (g)	578.8	683.8	658.1	443.5	440.9	525.2
Contenido de humedad (%)	14.6	17.8	14.6	18.0	14.6	20.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.834	1.812	1.736	1.707	1.680	1.640

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		16	0.8			13	0.6			7	0.3		
1.270		33	1.6			29	1.4			21	1.0		
1.905		45	2.2			41	2.0			30	1.5		
2.540	70.5	70	3.5	4.8	8.9	64	3.2	3.0	4.3	45	2.2	2.8	3.7
3.810		93	4.6			88	4.4			70	3.5		
5.080	105.7	118	5.9			109	5.4			91	4.5		
6.350		135	6.7			121	6.0			108	5.4		
7.620		155	7.7			142	7.1			120	6.0		
10.16		186	9.2			169	8.4			136	6.8		
12.70		197	9.8			175	8.7			139	6.9		

TECNIVIAS Y SERV. GRAFES S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

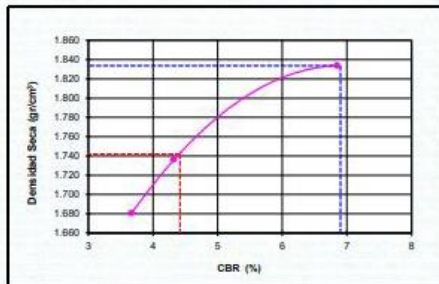
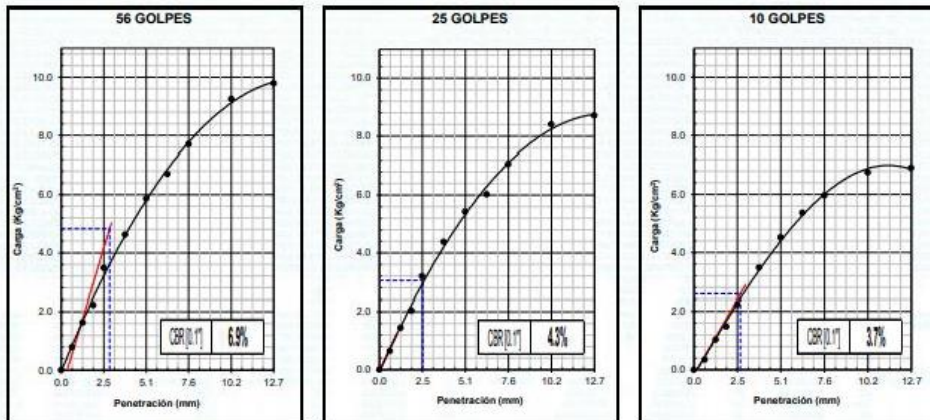


**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código : F-02E-SUE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 02 de 02

Cliente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010015
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLIMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DANA / SRTA. AILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Setiembre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	10 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS (M-4)	Clase de Material:	PROPIO

GRAFICO



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.834
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.6
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.742

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1* : 7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1* : 4

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. : **6.9 %**
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. : **4.4 %**

Observaciones :

TECNOVIAS Y SERV. GRALES. S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015
DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES
9 JR. RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA- BREÑA- LIMA
TEL: (01) 332 2448 - 941 839 314



**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código: P-OPR-SUE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 01 de 02

Cliente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010017
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. AILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Setiembre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	13 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS (M-5)	Clase de Material:	PROPIO

COMPACTACIÓN

	11		12		13	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	56		25		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12416	12496	12502	12609	12528	12644
Peso de molde (g)	7528	7528	7731	7731	7870	7870
Peso del suelo húmedo (g)	4888	4968	4771	4878	4658	4774
Volumen del molde (cm ³)	2326	2326	2399	2399	2418	2418
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.101	2.136	1.989	2.033	1.926	1.974
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	633.6	705.2	802.2	776.6	632.3	664.1
Peso suelo seco + tara (g)	552.4	599.2	699.4	657.0	551.3	552.0
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	81.2	106.0	102.8	119.6	81.0	112.1
Peso de suelo seco (g)	552.4	599.2	699.4	657.0	551.3	552.0
Contenido de humedad (%)	14.7	17.7	14.7	18.2	14.7	20.3
Densidad seca (g/cm ³)	1.832	1.815	1.734	1.720	1.679	1.641

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		43	2.1			15	0.7			8	0.4		
1.270		62	3.1			35	1.7			20	1.0		
1.905		78	3.9			49	2.4			31	1.5		
2.540	70.5	105	5.2	4.8	6.8	68	3.4	3.2	4.6	46	2.3	2.8	4.0
3.810		130	6.5			90	4.5			72	3.6		
5.080	105.7	141	7.0			105	5.2			91	4.5		
6.350		159	7.9			126	6.3			109	5.4		
7.620		188	9.3			141	7.0			119	5.9		
10.16		202	10.0			159	7.9			137	6.8		
12.70		215	10.7			178	8.9			142	7.1		

TECNOVIAS Y SERV. GRALES. S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

J.R. RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA - BREÑA - LIMA

TEL: (01) 332 2448 - 941 839 314

AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB: TECNOVIAS.PE

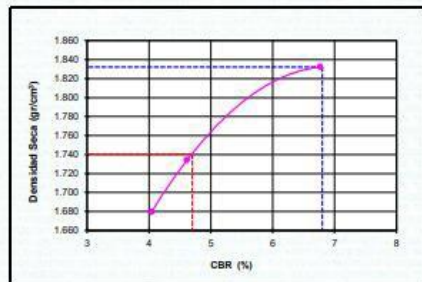
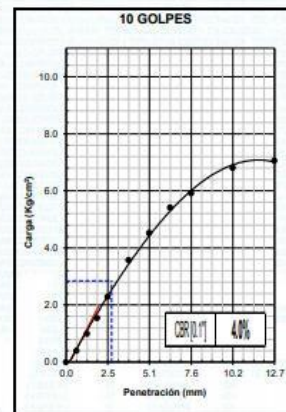
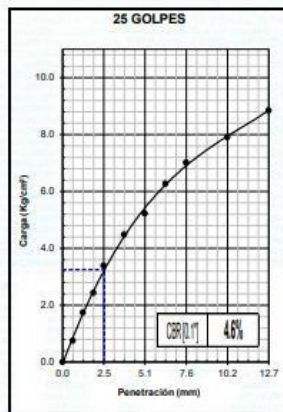
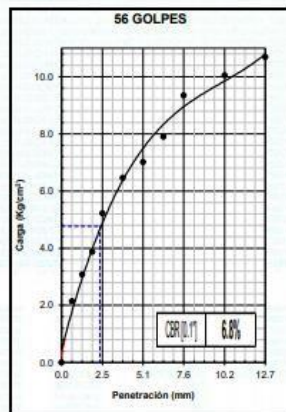


**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código : F-CPE-SOE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página : 02 de 02

Cliente : DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°: 2020559010017
Obra: TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°: 0284-2020
Atención: SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. AILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo: 22 de Setiembre de 2020
Procedencia: LIMA	Fecha de Ensayo: 13 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo: LOS OLIVOS (M-5)	Clase de Material: PROPIO

GRAFICO



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.832
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.7
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.741

C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1") : 7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1") : 5

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. : **6.8 %**
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. : **4.7 %**

Observaciones :

TECNOVIAS Y SERV. GRALES. S.R.L.
Carlos Heredia de la Torre
Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
C.I.P. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

JR RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA- BREÑA- LIMA

TEL: (01) 332 2448 - 941 839 314

AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB: TECNOVIAS.PE



CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145

Código: F-DPE-SUE-P-036.01
 Rev: 00
 Fecha: 01/06/2019
 Página: 01 de 02

Cliente : DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°: 2020559010007
Obra: TESIS: ELABORACIÓN DE POLIMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°: 0284-2020
Atención: SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. VILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo: 22 de Setiembre de 2020
Procedencia: LIMA	Fecha de Ensayo: 28 de Setiembre de 2020
Ubic. De Muestreo: LOS OLIVOS	Clase de Material: GEOMALLA

COMPACTACIÓN

	2		4		7	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	56		25		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO		NO SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12621	12674	11963	12462	11267	11612
Peso de molde (g)	8113	8113	7688	7688	7128	7128
Peso del suelo húmedo (g)	4508	4761	4275	4774	4159	4484
Volumen del molde (cm ³)	2142	2142	2129	2129	2142	2142
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.105	2.223	2.008	2.243	1.942	2.094
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	567.8	567.4	645.8	523.7	534.4	512.9
Peso suelo seco + tara (g)	495.9	480.4	564.0	443.1	466.7	426.4
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	71.9	87.0	81.8	80.6	67.7	86.5
Peso de suelo seco (g)	495.9	480.4	564.0	443.1	466.7	426.4
Contenido de humedad (%)	14.5	18.1	14.5	18.2	14.5	20.3
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.882	1.754	1.897	1.696	1.741

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.635	26	1.3			13	0.6			8	0.4			
1.270	71	3.5			31	1.5			28	1.4			
1.905	98	4.9			52	2.6			41	2.0			
2.540	70.5	127	6.3	6.0	8.8	76	3.8	3.6	51	54	2.7	2.7	
3.810	178	8.9			104	5.2			75	3.7			
5.080	105.7	219	10.9		128	6.4			94	4.7			
6.350	258	12.9			143	7.1			109	5.4			
7.620	287	14.3			162	8.1			122	6.1			
10.16	333	16.6			188	9.4			140	7.0			
12.70	357	17.8			205	10.2			148	7.4			

TECNOVIAS Y SERV. CIALES. S.R.L.
 Ing. Carlos Heredia de la Torre
 Ingeniero Civil
 CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015
 DOCUMENTO VAUDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORME TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES
 JOSÉ DEL CARMEN SACO 114 URB. TRINIDAD - CERCAEDO DE LIMA
 TEL. (01) 332 2448 - 941 839 310 - 941 839 314
 AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB. TECNOVIAS.PE

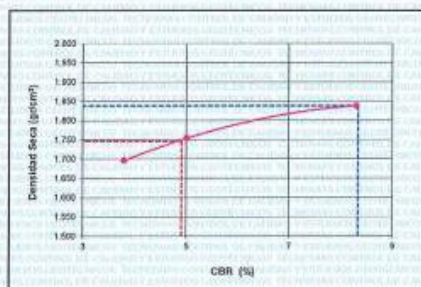
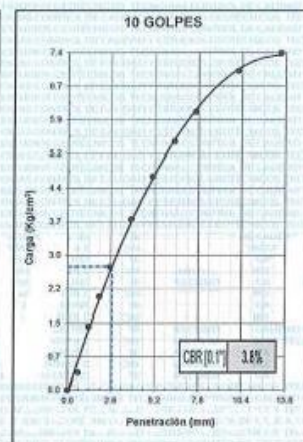
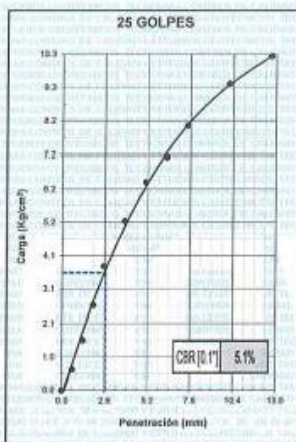
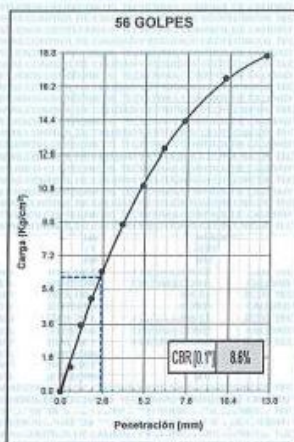


CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145

Código: F-DPE-SUE-P-036.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 01 de 02

Cliente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010007
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. VILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Setiembre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	28 de Setiembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS	Clase de Material:	GEOMALLA

GRAFICO



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.838
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.5
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.740

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) : 0.1" 9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) : 0.1" 5

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. : 8.6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. : 5.0 %

Observaciones :

TECNIVIAS Y SERV. GARLES, S.R.L.
 Ing. Carlos Heredia de la Torre
 Ingeniero Civil
 (C.P. 163063)

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015
 DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORME TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES
 ● JOSÉ DEL CARMEN SACO 114 URB. TRINIDAD - CERCADO DE LIMA
 ☎ TELF. (01) 332 2448 - 941 839 310 - 941 839 314
 ✉ AREACOMERCIAL@TECNIVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNIVIAS.PE - WEB. TECNIVIAS.PE



CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
NTP 339.145

Codigo: F-09E-SUE-P-036.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 01 de 02

Cliente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010009
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. VILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Octubre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	2 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS	Clase de Material:	DOBLE GEOMALLA

COMPACTACIÓN

Molde N°	2		4		7	
	Capas N°	5	Capas N°	5	Capas N°	5
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11639	11726	11377	12492	11697	11877
Peso de molde (g)	7126	7128	7126	7128	7668	7688
Peso del suelo húmedo (g)	4511	4598	4249	5364	4009	4169
Volumen del molde (cm³)	2142	2142	2142	2142	2129	2129
Densidad húmeda (g/cm³)	2.106	2.147	1.984	2.505	1.883	1.968
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	534.2	556.7	564.9	519.8	578.7	544.8
Peso suelo seco + tara (g)	466.6	470.6	493.3	436.6	505.4	450.2
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	67.6	86.1	71.6	81.2	73.3	94.6
Peso de suelo seco (g)	466.6	470.6	493.3	436.6	505.4	450.2
Contenido de humedad (%)	14.5	18.3	14.5	18.5	14.5	21.0
Densidad seca (g/cm³)	1.849	1.815	1.733	2.113	1.645	1.626

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial	kg/cm²	kg/cm²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		30	1.5			16	0.8			11	0.5		
1.270		63	3.1			36	1.8			25	1.2		
1.905		94	4.7			52	2.6			38	1.9		
2.540	70.5	124	6.2	6.2	8.8	69	3.4	3.4	4.9	50	2.5	2.6	3.6
3.810		174	8.7			100	5.0			73	3.6		
5.080	105.7	219	10.9			127	6.3			90	4.5		
6.350		258	12.9			146	7.3			101	5.0		
7.620		287	14.3			165	8.2			115	5.7		
10.16		320	16.0			186	9.3			127	6.3		
12.70		322	16.1			189	9.4			128	6.4		

TECNOVIAS Y SERV. GRAFES, S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
EIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORME TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

♦ JOSÉ DEL CARMEN SACO 114 URB. TRINIDAD - CERCADO DE LIMA

TEL. (01) 332 2448 - 941 839 310 - 941 839 314

✉ AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB. TECNOVIAS.PE

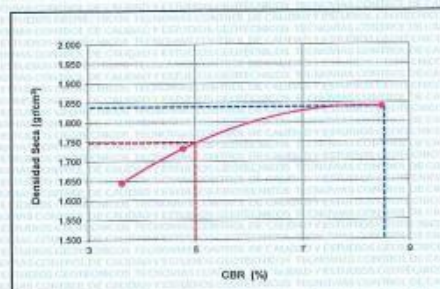
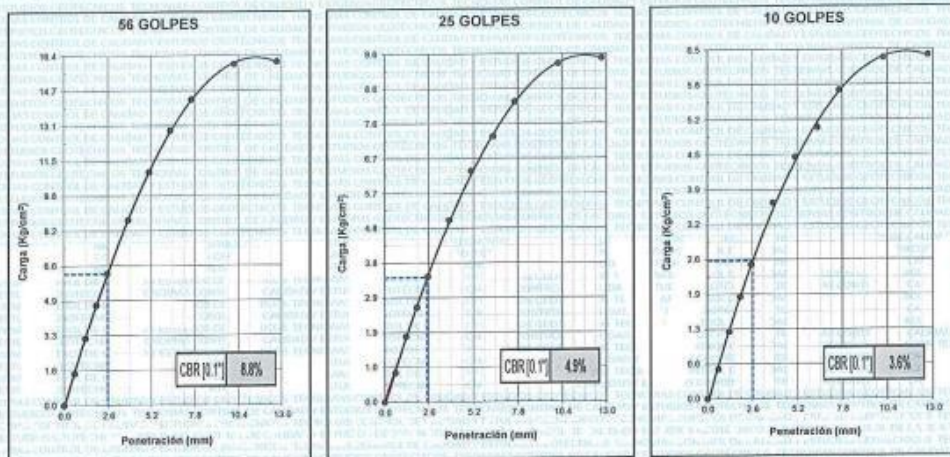


**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO
NTP 339.145**

F-OPF-SUE-P-
Codigo: 036.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 01 de 02

Cliente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010009
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLIMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. VILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Octubre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	2 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS	Clase de Material:	DOBLE GEOMALLA

GRAFICO



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.840
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.5
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.748

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) : 0.1" 9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) : 0.1" 5

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. : 8.8 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. : 5.1 %

Observaciones :

Se realizaron ensayos de compactación y ensayos de CBR en muestras de suelo arcilloso compactado con 56, 25 y 10 golpes, obteniendo resultados de CBR de 8.8%, 4% y 3.6% respectivamente.

TECNVIAS Y SERV. CIVILES, S.R.L.
 Ing. Carlos Heredia de la Torre
 Ingeniero Civil
 CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015
 DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORME TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES
 JOSÉ DEL CARMEN SACO 114 URB. TRINIDAD - CERCADO DE LIMA
 TELF.: (01) 332 2448 - 941 839 310 - 941 839 314
 AREACOMERCIAL@TECNVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNVIAS.PE - WEB: TECNVIAS.PE



**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código F-02E-SUE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 01 de 02

Ciente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010011
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. AILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Setiembre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	10 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS (M-2)	Clase de Material:	PROPIO

COMPACTACIÓN

Molde N°	1		3		5	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12425	12508	12549	12652	12553	12659
Peso de molde (g)	7529	7529	7732	7732	7865	7865
Peso del suelo húmedo (g)	4896	4979	4817	4920	4688	4794
Volumen del molde (cm ³)	2328	2328	2405	2405	2423	2423
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.139	2.003	2.046	1.935	1.979
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	562.3	865.5	855.2	545.2	653.0	805.3
Peso suelo seco + tara (g)	490.7	734.1	746.2	461.6	569.9	502.3
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	71.6	131.4	109.0	83.6	83.1	103.0
Peso de suelo seco (g)	490.7	734.1	746.2	461.6	569.9	502.3
Contenido de humedad (%)	14.6	17.9	14.6	18.1	14.6	20.5
Densidad seca (g/cm ³)	1.835	1.814	1.748	1.732	1.688	1.642

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		30	1.5			15	0.7			8	0.4		
1.270		58	2.9			33	1.6			22	1.1		
1.905		73	3.6			42	2.1			31	1.5		
2.540	70.5	92	4.6	7.3	10.4	66	3.3	3.8	5.4	46	2.3	2.8	4.0
3.810		129	6.4			91	4.5			72	3.6		
5.080	105.7	155	7.7			119	5.9			93	4.6		
6.350		172	8.6			136	6.8			109	5.4		
7.620		183	9.1			160	8.0			121	6.0		
10.16		192	9.5			183	9.1			138	6.9		
12.70		201	10.0			195	9.7			142	7.1		

TECNOVIAS Y SERV. GRALES. S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TECNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

9 JR. RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA- BREÑA - LIMA

TEL: (01) 332 2448 - 941 839 314

AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB: TECNOVIAS.PE

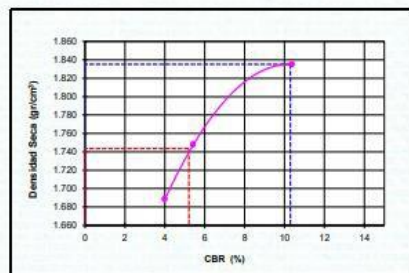
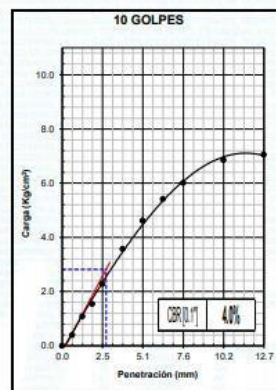
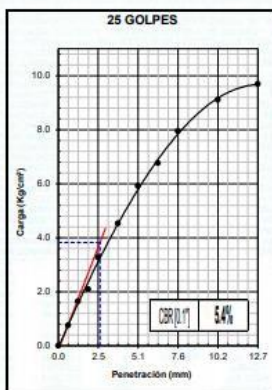
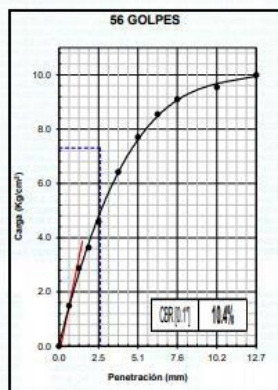


**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código : F-09E-S02-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 02 de 02

Cliente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010011
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. AILLEGAS AGUILAR MARÍA	Fecha de Muestreo:	22 de Setiembre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	10 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS (M-2)	Clase de Material:	PROPIO

GRAFICO



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.835
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.6
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.743

C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1") : 10
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1") : 5

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. : **10.3** %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. : **5.2** %

Observaciones :

TECNVIAS Y SERV. GRAFLES S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

J.R. RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA - BREÑA - LIMA

TEL: (01) 332 2448 - 941 839 314

AREACOMERCIAL@TECNVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNVIAS.PE - WEB: TECNVIAS.PE



**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código : F-GVE-SUE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 01 de 02

Ciente : DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°: 2020559010013
Obra: TESIS: ELABORACIÓN DE POLIMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°: 0284-2020
Atención: SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. ALLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo: 22 de Setiembre de 2020
Procedencia: LIMA	Fecha de Ensayo: 13 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo: LOS OLIVOS (M-3)	Clase de Material: PROPIO

COMPACTACIÓN

	9		11		14	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12433	12510	12548	12660	12533	12655
Peso de molde (g)	7529	7529	7715	7715	7823	7823
Peso del suelo húmedo (g)	4904	4981	4833	4945	4710	4832
Volumen del molde (cm ³)	2332	2332	2416	2416	2433	2433
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.136	2.000	2.047	1.936	1.986
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.6	602.2	854.5	774.5	653.3	552.2
Peso suelo seco + tara (g)	465.6	511.2	746.9	856.4	571.1	458.6
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	67.0	91.0	107.6	118.1	82.2	93.6
Peso de suelo seco (g)	465.6	511.2	746.9	856.4	571.1	458.6
Contenido de humedad (%)	14.4	17.8	14.4	18.0	14.4	20.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.813	1.749	1.735	1.692	1.650
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.813	1.749	1.735	1.692	1.650

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		31	1.5			16	0.8			7	0.3		
1.270		59	2.9			34	1.7			21	1.0		
1.905		72	3.6			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	93	4.6	6.9	9.7	67	3.3	4.0	5.6	44	2.2	2.9	4.2
3.810		128	6.4			92	4.6			73	3.6		
5.080	105.7	156	7.8			120	6.0			92	4.6		
6.350		171	8.5			138	6.9			110	5.5		
7.620		184	9.2			161	8.0			120	6.0		
10.16		193	9.6			181	9.0			140	7.0		
12.70		202	10.0			194	9.6			149	7.4		

TECNOVIAS Y SERV. GONZALES S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
(C.P. 163063)

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

* JR. RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA - BREÑA - LIMA

* TELF. (01) 332 2448 - 941 839 314

* AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB: TECNOVIAS.PE

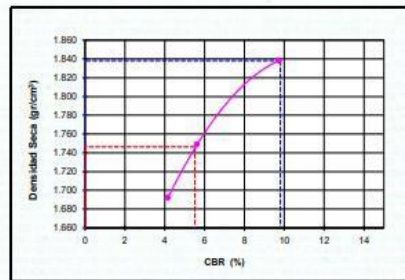
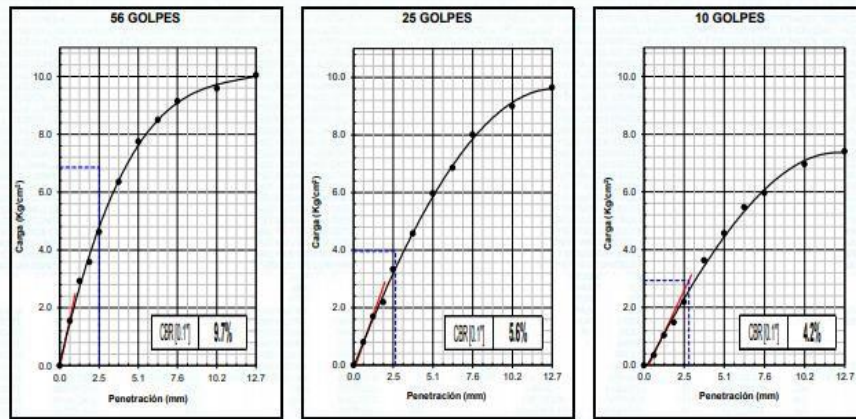


**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código : F-02E-SUE-P-012.01
Rev : 00
Fecha : 01/06/2019
Página : 02 de 02

Cliente :	DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°:	2020559010013
Obra:	TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°:	0284-2020
Atención:	SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. AILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo:	22 de Setiembre de 2020
Procedencia:	LIMA	Fecha de Ensayo:	13 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo:	LOS OLIVOS (M-3)	Clase de Material:	PROPIO

GRAFICO



METODO DE COMPACTACION : NTP 339.141
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.838
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.4
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.746

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" : 10
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" : 6

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. : **9.8** %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. : **5.5** %

Observaciones :

TECNOVIAS Y SERV. GRALES. S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TECNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

JR. RECUYAY 629, URB. CHACRA COLORADA - BREÑA - LIMA

TEL: (01) 332 2448 - 941 839 314

AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB: TECNIVIAS.PE



**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código F-092-SUE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página 01 de 02

Cliente : DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°: 2020559010019
Obra: TESIS: ELABORACIÓN DE POLÍMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°: 0284-2020
Atención: SR.TA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SR.TA. ALLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo: 22 de Setiembre de 2020
Procedencia: LIMA	Fecha de Ensayo: 13 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo: LOS OLIVOS (M-6)	Clase de Material: PROPIO

COMPACTACIÓN

Molde N°	A		C		D	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12438	12534	12525	12609	12451	12571
Peso de molde (g)	7531	7531	7733	7733	7875	7875
Peso del suelo húmedo (g)	4907	5003	4792	4876	4576	4696
Volumen del molde (cm ³)	2329	2329	2405	2405	2422	2422
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.107	2.148	1.993	2.027	1.889	1.939
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	566.3	865.2	754.2	522.7	653.3	556.7
Peso suelo seco + tara (g)	494.6	736.3	658.7	443.0	570.6	463.9
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	71.7	128.9	95.5	79.7	82.7	92.8
Peso de suelo seco (g)	494.6	736.3	658.7	443.0	570.6	463.9
Contenido de humedad (%)	14.5	17.5	14.5	18.0	14.5	20.0
Densidad seca (g/cm ³)	1.840	1.828	1.740	1.718	1.650	1.616

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		52	2.6			20	1.0			9	0.4		
1.270		81	4.0			41	2.0			22	1.1		
1.905		102	5.1			67	3.3			34	1.7		
2.540	70.5	130	6.5	6.1	8.7	88	4.4	4.2	6.0	48	2.4	3.1	4.4
3.810		158	7.9			107	5.3			74	3.7		
5.080	105.7	183	9.1			125	6.2			95	4.7		
6.350		200	9.9			141	7.0			110	5.5		
7.620		206	10.2			150	7.5			122	6.1		
10.16		212	10.5			160	8.0			141	7.0		
12.70		216	10.7			167	8.3			150	7.5		

TECNOVIAS Y SERV. GRAFES, S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

♦ JR. RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA - BREÑA - LIMA

☎ TELF: (01) 332 2448 - 941 839 314

✉ ARFACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB: TECNOVIAS.PE

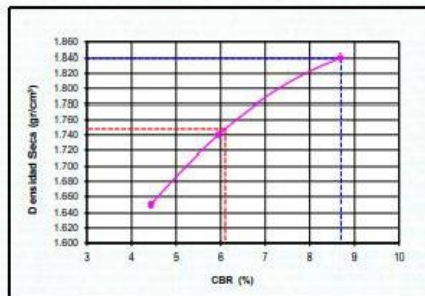
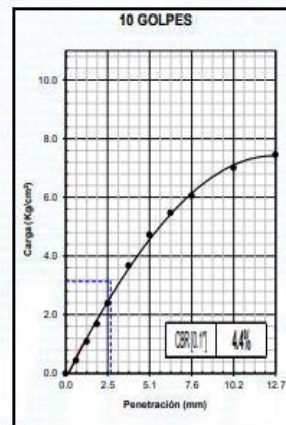
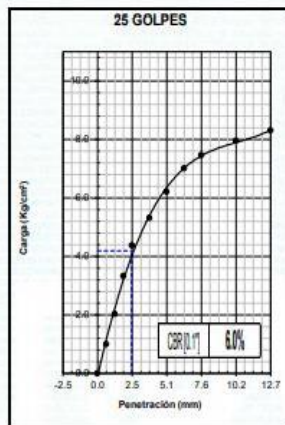
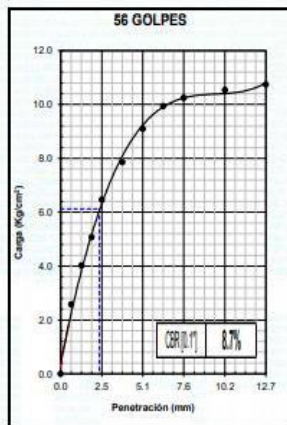


**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL
LABORATORIO
NTP 339.145**

Código : F-02E-SUE-P-012.01
Rev: 00
Fecha: 01/06/2019
Página: 02 de 02

Cliente : DAINA GIOVANNA MARMANILLO MAMANI	Certificado N°: 2020559010019
Obra: TESIS: ELABORACIÓN DE POLMETROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS DE PLÁSTICO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	Expediente N°: 0284-2020
Atención: SRTA. MARMANILLO MAMANI DAINA / SRTA. AILLEGAS AGUILAR MARIA	Fecha de Muestreo: 22 de Setiembre de 2020
Procedencia: LIMA	Fecha de Ensayo: 13 de Noviembre de 2020
Ubic. De Muestreo: LOS OLIVOS (M-6)	Clase de Material: PROPIO

GRAFICO



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.840
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.5
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.748

C.B.R. al 100% de M.D.S. (0.1") : 9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (0.1") : 6

RESULTADOS:
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. : **8.7 %**
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. : **6.1 %**

Observaciones :

TECNOVIAS Y SERV. GRALES. S.R.L.

Ing. Carlos Heredia de la Torre
Ingeniero Civil
CIP. 163063

LABORATORIO CERTIFICADO BAJO LA NORMA ISO 9001:2015

DOCUMENTO VALIDO SOLO PARA LA EMISIÓN DE INFORMES TÉCNICOS Y/O CERTIFICADO DE ENSAYO DE MATERIALES

♦ JR. RECUAY 629, URB. CHACRA COLORADA- BREÑA- LIMA

☎ TELF: (01) 332 2448 - 941 839 314

✉ AREACOMERCIAL@TECNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNOVIAS.PE - WEB: TECNOVIAS.PE

ANEXO I:
IMÁGENES ASOCIADAS A LOS ENSAYOS EJECUTADOS



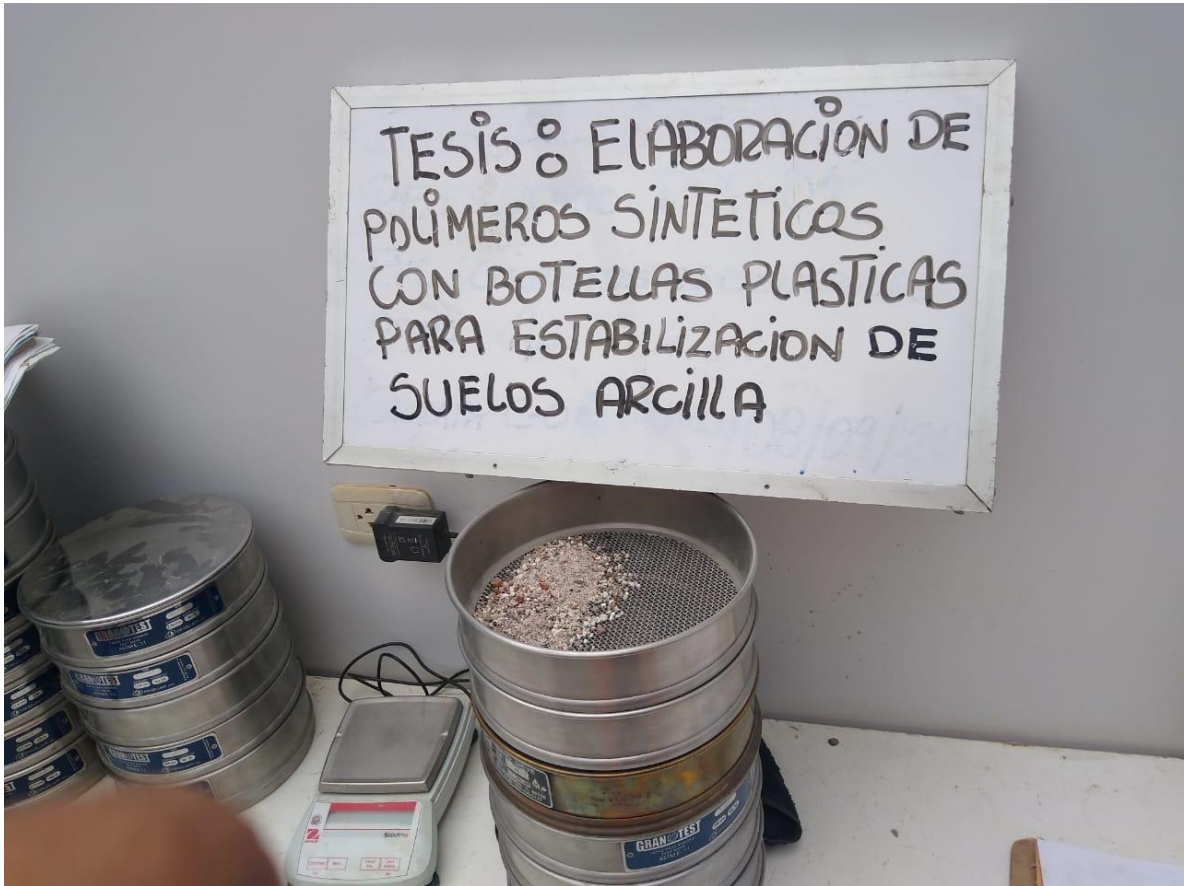
**Figura N° 1: Muestra
en equipo de tracción**

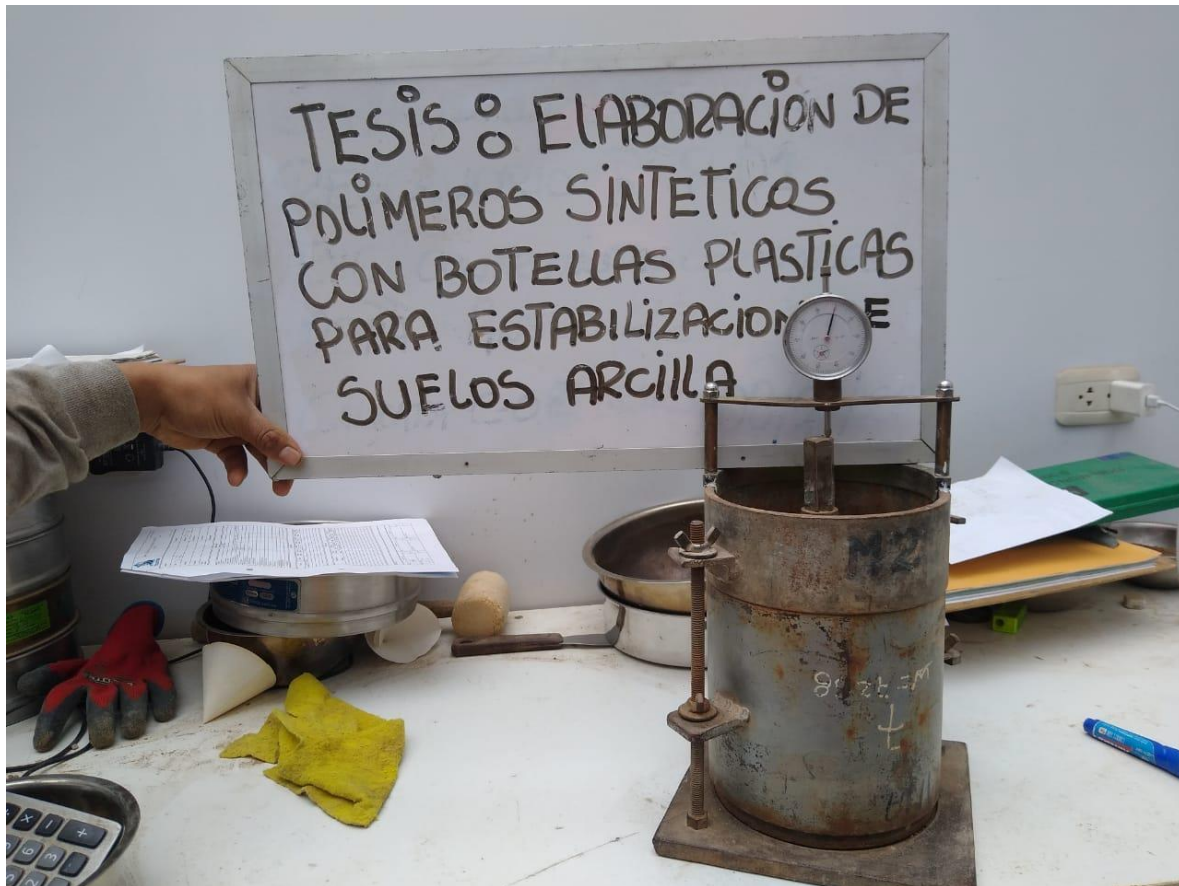


**Figura N° 2: Prueba
de Tracción**


DIEGO ROMANO VERGARA D'ARRIAGO
QUÍMICO
CQP. 1337









UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la
estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los
Olivos 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

Marmanillo Mamani, Daina Giovanna (ORCID:0000-0002-7213-0766)
Villegas Aguilar, Maria Fernanda (ORCID:0000-0003-3479-8316)

ASESOR(A):

Mg. Diaz Huiza, Luis Humberto (ORCID:0000-0003-1304-5008)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA – PERÚ
2020

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática:

En el Perú, específicamente en el norte de Lima existen suelos pobres, y debido a ello la inestabilidad de estos es uno de los principales inconvenientes que se encuentran en una pavimentación. Se sabe que las carreteras son una necesidad básica para la población, cuyo único objetivo es ser fuente de comunicación, por tal motivo a lo largo de los años se han desarrollado múltiples métodos para aumentar la capacidad de soporte del terreno y así extender su vida útil, alterando así su proceso convencional. Tales métodos involucran una alteración en el presupuesto, ya que suelen ser costosos, además de en algunos casos no sostenibles.

La implementación de los geosintéticos (geotextiles, geomallas, etc), es uno de los métodos más utilizados para estabilizar la subrasante puesto que entre sus principales ventajas es su fácil instalación, uno de sus componentes es a base de polímeros sintéticos. También existen el uso de cal, cloruro de sodio, hule de neumáticos, entre otros, cuya finalidad es la misma, mejorar las propiedades de los suelos. Por otro lado, según la revista mundial World Air Quality publicada por IQAir (2019, pag.9) Perú se ubica en el puesto 28 como uno de los países con mayor grado de contaminación ambiental siendo Perú considerado el país con el promedio anual más alto en exposición a la contaminación a nivel Latinoamérica. Teniendo en cuenta que Lima en el 2018 según World Air Quality estuvo posicionada en el octavo puesto como la ciudad más contaminada en América Latina.

El Ministerio del Ambiente (2018) nos dice que debemos de tomar conciencia de la importancia de reutilizar o reciclar los residuos de forma correcta, minimizando la contaminación, re-usando y reaprovechando aquellos que aún tienen valor comercial y pueden ser procesados y convertidos en productos nuevos, aprovechando lo mencionado en utilizar el polietileno como geosintético e implementarlo en la estabilización de suelo, teniendo como conocimiento que las botellas plásticas demoran hasta 450 años en descomponerse en el mar y en la tierra tardan de 100 a mil años, siendo los objetos más contaminantes y de fácil adquisición.

De todo lo expuesto consideramos que más allá de obtener calidad, queremos aportar con el medio ambiente, de tal modo desarrollaremos el reciclaje de botellas plásticas compuestas por Tereftalato de polietileno (PET) para la estabilización de suelos arcillosos, ya que este tipo de suelo posee una condición no apropiada para la circulación de cargas pesadas.



Figura 1. Reciclado en Lima.

1.2. Formulación del problema:

Los problemas identificados en el siguiente proyecto de investigación se han realizado enfocándose en la elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos.

¿En qué medida influye la incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

¿Qué capacidad de soporte se obtiene al incluir los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

¿Cuál es la resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

¿Es rentable el uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020?

1.3. Justificación:

La inadecuada utilización del plástico en el Perú es uno de los principales disgustos, pues no hay un buen aprovechamiento en sus múltiples usos. Este material tiene una fabricación aproximada de 900.000 toneladas al año, del cual solo el 4% se recicla.

En la industria de la construcción se ha optado desde hace años implementar un sistema sostenible que ayude al medio ambiente, de tal forma en nuestro presente informe de investigación se ha buscado contribuir en el reciclaje de botellas plásticas, para esto se procederá al lavado y eliminación de etiquetas de las botellas, luego se cortará en tiras el plástico obtenido de tal manera que se genere una especie de malla para luego colocarla en la subrasante. Este método de estabilización ayudará a la reducción de la contaminación al medio ambiente y también nos resultará económico a comparación de otros métodos y/o productos.

1.4. Objetivos:

Objetivo general:

Determinar la influencia de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Objetivos específicos:

Determinar la capacidad de soporte al incluir los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Determinar la resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Analizar la rentabilidad del uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

1.5. Hipótesis:

Hipótesis general:

La incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas, será favorable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Hipótesis específicas:

La capacidad de soporte deberá ser mayor al 6% según el Manuel de Carreteras con la elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

La resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% empleando la Máquina Universal de los polímeros sintéticos con botellas plásticas influirán favorablemente en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

El uso de polímeros sintéticos con botellas plásticas será rentable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Trabajos previos:

Antecedentes Internacionales:

En la tesis titulada "Análisis del comportamiento físico y mecánico de la adición de microfibras de PET en el mejoramiento de un suelo arcilloso, tuvo como **objetivo** estudiar el comportamiento físico-mecánico de un suelo con mejoramiento de fibras PET, con referencia a un suelo virgen de la misma muestra. Lo cual tuvo como **resultado** que la implementación de microfibras PET en un suelo areno arcilloso de baja plasticidad, tuvo un mejoramiento en sus características físico-mecánicas. El cual para una muestra de 3000 gr necesito un 2.5% de adición de microfibras para generar un mejoramiento notorio. Pero de acuerdo a la norma I.N.V.E-48 Art.220, el cual nos especifica que la adición mínima de CBR para suelos adecuados debe ser mayor al 5%. Aplicando la **metodología** cuantitativa. En **conclusión**, al realizar el trabajo de adición de microfibras PET a un suelo, se obtiene una mejora notoria en las características físico-químicas del suelo" (Luna y Bejarano, 2020, págs. 20, 37, 72).

En la tesis titulada " Refuerzos de estructuras terreas utilizando tereftalato de polietileno (PET), señaló como **objetivo** estudiar el comportamiento de un suelo reforzado mediante la inclusión de fibras de PET (Polietileno Tereftalato) con dimensiones de 8 cm de largo, 2mm de ancho y 0,5mm de espesor con el fin de dar estabilidad a estructuras terreas. Aplicando la **metodología** experimental. Lo cual obtuvo como **resultado** que las probetas con 0,3% de adición de PET y con la menor compactación, fallaron al recibir un esfuerzo compresivo de 0.161 kg/m², mientras que la probeta con mayor porcentaje de adición de PET y con mayor compactación, es decir, 1,2% fallaron al recibir un esfuerzo de 0.332 kg/m². Con respecto a esto datos se puede afirmar que los especímenes con mayor reforzamiento y además mayormente compactados tienen mejor comportamiento en cuanto a esfuerzo vs deformación. Por último, se llegó a la **conclusión** que este método de reforzamiento de estructuras terreas funciona, dado que es

evidente que la resistencia al corte del suelo mejoro notablemente con la inclusión de las fibras, y también que es mucho más conveniente aplicar una compactación elevada para tener mejores resultados " (Arbeláez y Góngora, 2019, págs. 13, 76, 78).

En la tesis titulada “Análisis del comportamiento de la base- cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado”, tiene como **objetivo** contrastar la conducta de la base estabilizada con cemento, sustituyendo el 2%, 4% y 6% de material granular con PET reciclado tipo escamas N°4, con el fin de determinar si el producto presentado puede ser empleado como estabilizante. Aplicando la **metodología** científica. Además, se destaca que, el valor comercial del kilogramo de material PET es elevado, dada su condición de material reciclado, esto debido a que, es una industria que en Colombia aún no se ha desarrollado a plenitud, pues no se han realizado suficientes investigaciones que permitan identificar alternativas para su reutilización, y en este caso, como material para construcción en ingeniería civil; sin embargo, es bueno considerar que la alternativa que se presentó en esta investigación contribuye con el manejo de este material en beneficio de la preservación del medio ambiente, por lo que se debería considerar incentivar el desarrollo de esta industria en el país. Se **concluyó** que el material PET es muy duradero, además de que una de sus características principales es resistencia, principalmente es resistente al ataque de microorganismos, no emite reacción al aplicarle diferentes y su tiempo de degradación es muy larga, así mismo este producto es un material no pesado y práctico que se puede reciclar en un 100% evitando la contaminación ambiental, a su vez generando impactos ambientales positivos en cuanto al uso del nuevo producto reciclado, ya que puede darse el uso de diferentes formas y en diferentes sector como por ejemplo en el sector de la construcción”. (Arteaga, 2018, págs. 19, 38, 82, 84)

Antecedentes Nacionales:

En su tesis “Estabilización de sub rasante de suelos inadecuados con geosintético producido por botellas plásticas recicladas” tuvo como **objetivo** evaluar la estabilización de subrasantes de suelos baja capacidad portante y baja calidad aplicando un geosintético elaborado de botellas plásticas. Aplicando la **metodología** cuantitativa. Lo que **resultó** en la prueba CBR a la muestra del suelo aplicando el geosintético perforado a profundidades de 8cm, 4cm, 2.54 cm, 1.27 cm, se observan mejorías de 14.77%, 28.87%, 54.98% y 124.74% con respecto al CBR del suelo natural, mientras que el estudio de Núñez a un suelo base incorporando geomalla a diferentes alturas de 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm y 10 cm y obteniendo aumentos de 14,71%, 26,04%, 53,07% y 84,87% respectivamente según su CBR de suelo natural , lo que verifica que los geosintéticos aumentan el valor de soporte por estar cerca de la interfaz de la subrasante. En **conclusión**, de acuerdo a los parámetros del manual de carreteras del MTC, este tipo de suelos requiere refuerzo” (Cuellar y Vega, 2020, págs. 8, 10, 40, 41).

En su tesis nombrada " Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018”, indicó como **objetivo** determinar la influencia de la integración del plástico reciclado triturado en la mejora de la sub rasante. Aplicó la metodología **deductiva**. Lo cual dió como **resultado** que para determinar el aumento del porcentaje de CBR considerando la granulometría ideal y textura ondulada, de los 6 porcentajes probados solo se consideran los valores que se encuentran dentro del valor máximo de CBR alcanzado, que es con 5% de incorporación; es decir, el valor medio de CBR en dosis de 1% a 5%. En **conclusión**, se obtuvo que la incorporación de PRT-PET influye significativamente en la mejora del suelo a nivel de subrasante en función del tipo de granulometría, textura y dosificación con la que se incorpora al suelo, aumentando el valor de CBR y reduciendo la expansión del suelo, logrando pasar de ser una

subrasante insuficiente o pobre con un valor de CBR de 3.4% y expansión de 1.1% a una subrasante regular de 7.8% y expansión de 0.60 apta para soportar la estructura del pavimento" (Quispe y Sañac, 2019, págs. 3, 41, 110, 111).

En la tesis titulada " Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018 ", tiene como **objetivo** determinar la influencia al aplicar las bolsas de polietileno fundido en la estabilización de un suelo arcilloso o de baja calidad de la subrasante. Haciendo uso de la **metodología** experimental. Del mismo modo se adquirió como **resultado** en el IP se observa que el suelo natural varía de 12.7% a 14.7%, al añadir 4% BPF reduce su plasticidad de mediana a ligera y se observa que el suelo varía de 7.5% a 10.5%; con respecto a la clasificación de suelos con el método SUCS el suelo varía de ML (arcilla con ligera plasticidad) a CL (arcilla de plasticidad media a baja) y con el método ASSHTO el suelo varía de A-4(3) (suelo limo-arcilloso) a A-7-8(9) (suelo arcilloso); para el ensayo de proctor modificado la MDS de suelo natural varia de (1.707 a 1.806) kg/cm³, al añadir 12% BPF la MDS del suelo varía de (1.785 a 1.833) kg/cm³, por último el CBR del suelo natural varía de 5% a 5.9% lo cual indica que la subrasante es pobre en resistencia y necesita ser mejorada y al añadir 12% BPF el CBR varía de 9.8% a 10.3% lo cual indica que la subrasante es regular o buena. Llegando a la **conclusión** que la incorporación de las bolsas de polietileno fundido en proporciones de 4%, 8% y 12% influyó en el mejoramiento de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, por lo tanto, se acierta la hipótesis planteada donde establece que las bolsas de polietileno fundido influyen en el mejoramiento de un suelo arcilloso de la subrasante. (Linares, 2019, págs. 2, 16, 43)

2.2. Teorías relacionadas al tema:

- **Estabilización de suelos:**

Según Yepes, menciona al respecto:

La estabilización de suelos consta de mejorar un suelo que existe adicionando un material, que puede ser es cal o cemento Los beneficios directos que adquirimos son, entre otras, las próximas: aprovechar los suelos

pobres, evitando su sustracción y transporte a vertedero; minimizar la sensibilidad al agua del suelo, incrementando su resistencia a la erosión, a la helada y otros agentes climáticos; acceder a la circulación por terrenos intransitable y adquirir una plataforma sólida de apoyo del firme de infraestructuras lineales que colabore estructuralmente con el mismo. (2014, párr.2).

- **Suelos arcillosos:**

Según Sandoval, dice:

Los suelos arcillosos presentan gran cantidad de arcilla por arriba de otras partículas de varios tamaños. La arcilla son las partículas pequeñas de menos de 0.001 milímetros de diámetro. La arcilla está compuesta de silicatos de aluminio, es impermeable y al unirse con agua o humedad se hace más plástica, también contiene limo y arena, pero la arcilla es la que influye. (2019, p.3).



Figura 2. Suelo arcilloso.

- **Subrasante:**

Según el Manual de carreteras, sostiene:

La Subrasante es el área terminada del pavimento a grado de desplazamiento de tierras (corte y relleno), donde se sitúa la composición del pavimento o afirmado. La subrasante es la base para el diseño del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se hace entre el lote natural allanado o explanada y la composición del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que resistirá

la composición del pavimento, y está constituida por suelos seleccionados de propiedades admisibles y compactados por capas para formar una superficie estable en óptimo estado, de tal forma que no se vea afectada por las fuerzas que ejerce el tránsito vehicular. (2013, p.23)

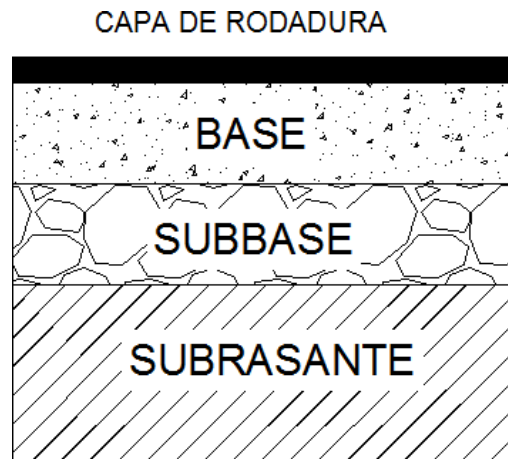


Figura 3. Diseño estructural de pavimento.

- **PET (Tereftalato de polietileno):**

“Es un elemento transparente, duro y muy resistente, tanto al deterioro por agentes climáticos y a los productos químicos, como al impacto, a la fractura y al fuego. Además, hay que sumarle que es reciclable y considerado con la naturaleza. [...]”. (Arteplastica, 2017, párr.2)

Según la revista Gestores de Residuos existe:

1. PET (Polietileno tereftalato). El PET se utiliza principalmente en la elaboración del envase de botellas de diferentes bebidas. A través de su reciclaje se recibe principalmente fibras para relleno de bolsas de descansar, alfombras, cuerdas y almohadas.
2. HDPE (Polietileno de alta densidad). El HDPE normalmente se usa en envases de leche, detergente, etc.
3. PVC (Cloruro de polivinilo). PVC es usado en botellas de champú, envases de aceite de cocina, etc.
4. LDPE (Polietileno de baja densidad). El LDPE está en bolsas de supermercado, plástico para envolver. El LDPE puede ser reciclado y procesado para volver a ser utilizados como bolsas de supermercado.

5. PP (Polipropileno). El PP puede ser usado como viguetas de plástico, cajas de baterías para autos.
6. PS (Poliestireno). El PS se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes. El PS puede reciclarse y ser procesado para utilizarse en cajas de cintas para casetes y macetas.



Figura 4. Tereftalato de polietileno.

- **Polímeros sintéticos:**

Según Hermida, sostiene:

Son macromoléculas instaurados por el ser humano y se parten en 2 clases según su comportamiento al ser calentados: termoplásticos y termorrígidos. Los termorrígidos, sin embargo, se descomponen al ser calentados y no tienen la posibilidad de fundirse. Tienen estructuras elaboradas tridimensionales con reticulación. (2011, p. 16).

- **Geosintéticos:**

Según Sicha, menciona que:

Los geosintéticos, según ASTM D4439, son un producto planar hecho de material polimérico. Dichos materiales mantienen contacto directo con suelo, piedra u otro material referente a la ingeniería geotécnica que logre incorporarse en proyectos, construcciones o sistema. Pueden cumplir 5 funciones principales: separación, filtración, refuerzo, drenaje e impermeabilización (Koerner, 2012). Asimismo, se pueden organizar principalmente en los siguientes tipos: geotextiles, geomallas, geomembranas (2018, p.6).

Tabla 1. Clasificación de geosintéticos.

	Geotextil	Geomembrana	Geonet	Geomalla	Geocompuesto
Separación	X				X
Filtración	X				X
Drenaje	X		X		X
Impermeabilización		X			X
Refuerzo	X			X	X

Fuente: Manual de Diseños con Geosintéticos, Octava Edición

- **Geomalla Biaxial:**

“La geomalla biaxial está proyectada para tener un equilibrio igual de resistencia a la tracción tanto en la máquina como en las direcciones transversales. Esto le da a la geomalla la función de repartir las cargas en un área más extendido de lo usual, por lo que su capacidad incrementa empleándolo en estabilizaciones de bases” (GEOACE, 2019, párr. 5).

Ventajas según Arpimix:

- Mejora de la subrasante o la capa subbase.
- Incrementa la capacidad de carga admisible efectiva debajo de zapatas corridas de baja altura.
- Disminuye el asentamiento diferencial.
- Es adecuado para suelos pantanosos o blandos ya que crean núcleos compuestos de suelo y geomalla formando terraplenes estables y minorando los tiempos de construcción.
- Edificar taludes seguros, estructuralmente estables y de mayor inclinación para reducir los desplazamientos de suelo e incrementar la capacidad de ésta misma.



Figura 5. Geomalla Biaxial

Características de geomallas según Caballeros:

- **Tamaño de aberturas:** Las aberturas de las geomallas tienen que ser considerablemente enormes, como para dejar que los agregados y el suelo entren por medio de ellas, sin embargo, lo justamente chicas para conceder una trabe eficaz. Se ha demostrado que una abertura entre 0.9 y 1.5 pulgadas tiene un mejor resultado con la mayor parte de las composiciones de agregados y suelos de las bases para carreteras.
- **Grosor de costillas y uniones:** Las costillas cuadradas o rectangulares y gruesas dan mejor relación con los suelos al instante de confinar las partículas, comparativamente a las costillas redondeadas y delgadas.
- **Resistencia a la tensión:** Para la situación de las geomallas biaxiales esta resistencia se muestra en los dos sentidos, no obstante, muestran más grande capacidad a la tensión en el sentido longitudinal, o bien el sentido del rollo.

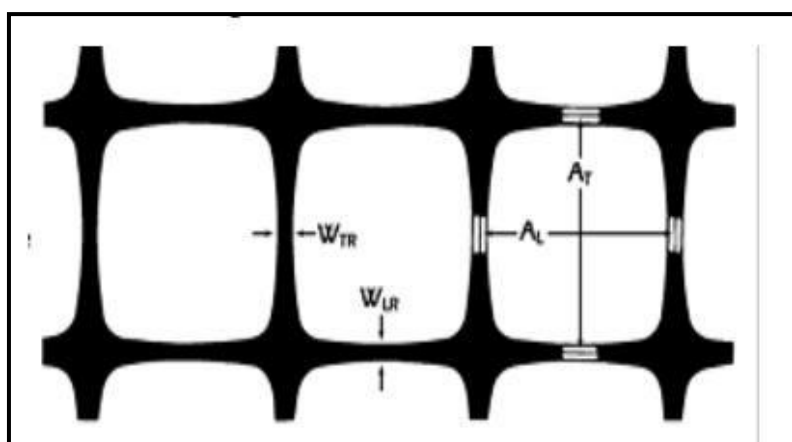


Figura 6. Dimensiones de geomalla biaxial

Para determinar las características del tipo de suelo se procede a realizar los siguientes ensayos:

A. Granulometría, da a conocer los tamaños del agregado por medio del tamizado de la muestra según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). El propósito de este laboratorio es determinar la simetría de sus diferentes elementos, especificados según su dimensión.

Tabla 2. Clasificación de Suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos



Figura 7. Clasificación granulométrica.

Tabla 3. Clasificación de suelos según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES	SIMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad Óptima P.M	CBR In situ		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GW	Excelente	Excelente	2.00 - 2.24	60-80		
	GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76- 2.08	25-60		
	Gravas	GM	d	Bueno a excelente	2.08-2.32	40-80	
			u	Bueno	1.92-2.24	20-40	
		GC	Bueno	Mala a impermeable	1.92-2.24	20-40	
	Arenas	SW	Bueno	Excelente	1.76-2.08	20-40	
		SP	Aceptable a bueno	Excelente	1.60-1.92	10-25	
		SM	d	Aceptable a bueno	Aceptable a mala	1.92-2.16	20-40
			u	Aceptable	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20
		SC	Malo a bueno	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL<50)	ML	Malo a aceptable	Aceptable a mala	1.60-2.00	5-15	
		CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60-2.00	5-15	
		OL	Malo	Mala	1.44-1.70	4-8	
SUELOS ORGANICOS	Limos y arcillas (LL>50)	MH	Malo	Aceptable a mala	1.28-1.60	4-8	
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44-1.76	3-5	
		OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28-1.68	3-5	
	Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-		

Fuente: Manual de Carreteras

Tabla 4. Clasificación de suelos según AASHTO

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo -arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	Subgrupo	A-1-a		A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7	A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤50											
	#40	≤30	≤50	≤51									
	#200	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	≥36	≥36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido			NP	C	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≥41 (IP<LL-30)	≥4 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	≤6			≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11	≥11
INDICE DE GRUPO	0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤20		≤20	
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		suelos arcillosos			
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA							ACEPTABLE A MALA					

Fuente: Manual de Carreteras

B. La plasticidad

Según el Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos:

La característica de estabilidad significa que el suelo no se desintegrará bajo cierta humedad, por lo que la plasticidad del suelo no depende de los elementos gruesos que contiene, sino exclusivamente de los elementos finos. El análisis del tamaño de partículas no deja apreciar esta característica, por lo que se debe determinar los Límite de Atterberg. (2013, p.36).

La plasticidad se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

- ❖ Límite Líquido (LL), se da cuando la muestra del suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.
- ❖ Límite Plástico (LP), se da cuando la muestra del suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se quiebra.

Tabla 5. Clasificación de suelos según índice de plasticidad

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

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

El índice de plasticidad indica "el tamaño del rango de humedad, dentro del cual el suelo tiene plasticidad y puede clasificar bien el suelo. Un IP mayor pertenece a muy arcilloso; por el contrario, un IP menor es una característica del suelo con un poco de arcilla" (Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p.37).



Figura 8. Cuchara de Casagrande.

C. Índice de grupo, es “un índice normalizado por AASHTO que sirve para clasificar suelos, forma parte de los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se haya a través de la fórmula” (Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p.37).

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

Donde:

- ❖ a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).
Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- ❖ b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).
Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- ❖ c = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- ❖ d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

Tabla 6. Clasificación de Suelos según Índice de Grupo

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

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

D. Proctor Modificado

Según Aula carreteras:

Se hará uso de un molde de metal con un volumen de 2.320 cm³ y un peso de 4,535 kg, la cual caerá a una altura mayor (457 mm), produciendo una energía de compactación mayor. Asimismo, en lugar de 3 capas de material granular, se colocarán 5 capas, dando a cada una de ellas un total de 25 golpes. (2019, párr. 14).

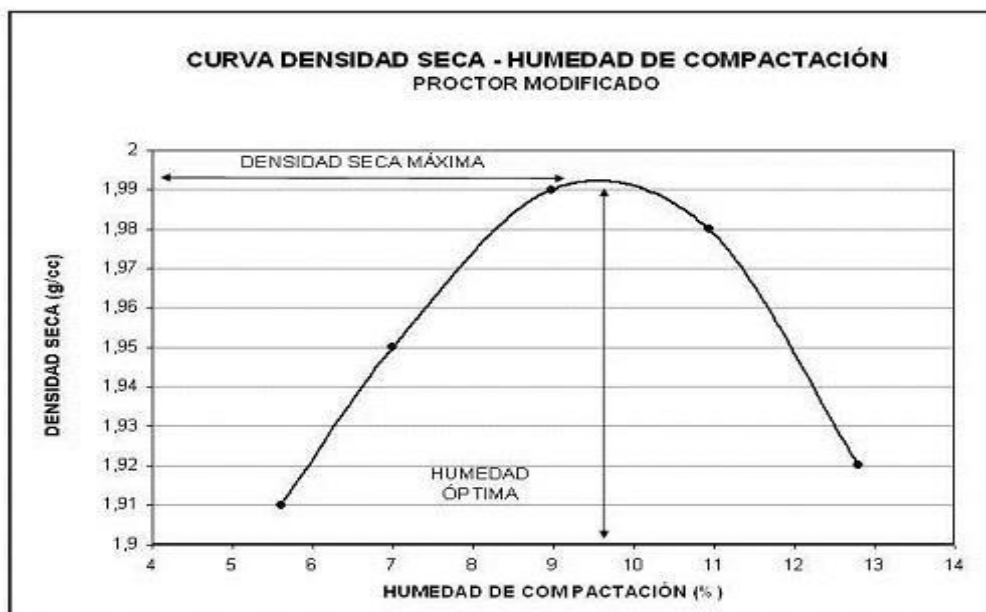


Figura 9 Curva de compactación

E. Ensayo CBR:

Según el Manual de carreteras, suelos, geología y pavimentos, sostiene que:

Los suelos clasificados por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos en este manual, se realizará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o al tramo de estudio, a partir del cual se determinará los tipos de ensayos para realizar el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 0.1". (2013, p.37).

Tabla 7. Categorías de subrasante

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

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

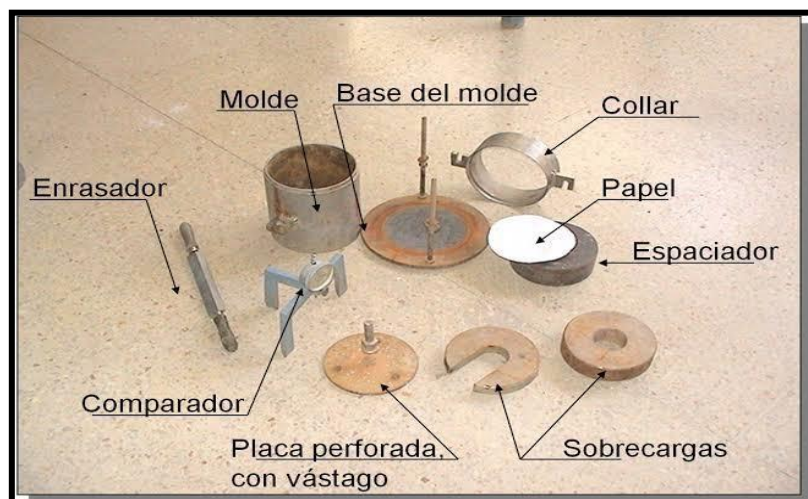


Figura 10. Ensayo California Bearing Ratio

"El suelo con $CBR \geq 6\%$ se considerará como un material adecuado para la subrasante. Si hay menos (diferencia de subrasante o subrasante insuficiente), el

suelo se estabilizará y se analizarán soluciones alternativas según la naturaleza del suelo, como estabilización mecánica, reemplazando el suelo de cimentación, estabilización química del suelo " (Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p.46).

Para hallar las características físico-mecánicas de la materia prima de la subrasante se realizarán calicatas de 1.5m de profundidad como mínimo, el número de calicatas a utilizar se determinan en el siguiente cuadro:

Tabla 8. Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento

F. Resistencia a la rotura y elongación

Para definir, Caballeros sostiene al respecto:

Esta prueba se realiza para determinar la resistencia a la tracción y las propiedades de alargamiento de las nervaduras o de un conjunto de nervaduras de la geomalla biaxial, los resultados se pueden utilizar como referencia para el rodillo completo de la geomalla e indicar siempre la dirección de la prueba.

Para realizar esta prueba se deben determinar dos tipos de costillas de la geomalla biaxial: costillas longitudinales y costillas transversales. El primero es una unidad de geomalla biaxial paralela a la dirección de los rodillos, y también es una unidad que resiste la tensión máxima de tracción. El segundo es el elemento transversal o perpendicular a la dirección de rodadura y colocado en la dirección de menor fuerza. (2006, p.70).



Figura 11. Máquina Universal de Ensayos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

- **Tipo de investigación:**

El tipo de investigación a utilizar es la aplicada, porque se busca darle solución a un problema determinado, es decir los conocimientos adquiridos se van a poner en práctica. En nuestra investigación se busca dar estabilidad a los suelos arcillosos.

Para definir la investigación aplicada, Murillo sostiene al respecto:

La investigación aplicada se denomina "indagación práctica o empírica", tiene la característica de buscar la aplicación o uso de los conocimientos adquiridos, mientras tanto que otros se obtienen, después de llevar a cabo y sistematizar la práctica establecida en la investigación. (2008, p.6).

➤ **Diseño de investigación:**

El tipo de diseño que se ha empleado en nuestro proyecto de investigación es experimental.

Para definir el diseño experimental Iglesias y Cortés sostienen al respecto:

En los experimentos se trazan pruebas en las que se inducen cambios, o sea, se maniobran deliberadamente las cambiantes que interceden en un proceso o sistema, de forma que sea viable mirar, detectar y analizar las razones de un resultado dado. (2004, p.28).

3.2. Variables y operacionalización:

3.2.1. Variables:

Variable Independiente: Polímeros sintéticos con botellas plásticas

Variable Dependiente: Estabilización de suelos arcillosos

Tabla 9. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
POLÍMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS PLÁSTICAS	Los Polímeros sintéticos son creados por el hombre a partir de elementos propios de la naturaleza. Estos polímeros sintéticos son creados para funciones específicas y poseen características para cumplir estas mismas. Algunos ejemplos de polímeros sintéticos son el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, etc. (Hermida, 2011, pág. 14)	Para que el polímero sintético con botellas plásticas influya en la estabilidad del suelo arcilloso, se procederá al reciclaje de botellas de agua y gaseosas, haciendo un control de calidad retirando las etiquetas y poder elaborarlas de manera semi-industrial realizando láminas de polietileno y colocándolas en el ensayo de capacidad de soporte.	Reciclar	Unidades	RAZÓN
			Control de calidad	Resistencia a la rotura y elongación	
			Elaboración de polímero sintético con botellas plásticas	Semi-industrial	
			Rentabilidad	Presupuesto	
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	La estabilización de suelos consiste en mejorar un suelo existente adicionando un material orgánico o sintético. Las ventajas directas que obtenemos de la estabilización son, entre otras, las siguientes: aprovechar suelos de baja calidad, evitando su extracción y transporte a vertedero; reducir la sensibilidad al agua del suelo, aumentando su resistencia a la erosión, a la helada y otros agentes climáticos; permitir la circulación por terrenos intransitables y obtener una plataforma estable de apoyo del firme de infraestructuras lineales que colabore estructuralmente con el mismo. (Yepes, 2014, párr.2)	Para la verificación de la resistencia y estabilización del suelo arcilloso, se basará en el manual de ensayos de materiales del MTC, y con ayuda de los equipos propios de cada ensayo se logrará medir los indicadores de análisis granulométrico, límite líquido y plástico e índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR.	Clasificación de suelos	ASSHTO Y SUCS	RAZÓN
			Resistencia a la tensión	Capacidad de soporte sin el polímero sintético	
				Capacidad de soporte con el polímero sintético a 2cm y 1.2 cm de profundidad.	
Contenido de humedad	Porcentaje contenido de humedad				

3.3. Población, muestra y muestro:

3.3.1. Población:

“Desde el punto de vista estadístico, el conjunto de elementos o sujetos que serán efectuados a un estudio se denomina población o Universo.” (Borja, 2012, p.30).

La población de nuestro proyecto de investigación está conformada por la única cuadra de la calle Fortaleza Los Olivos Lima.

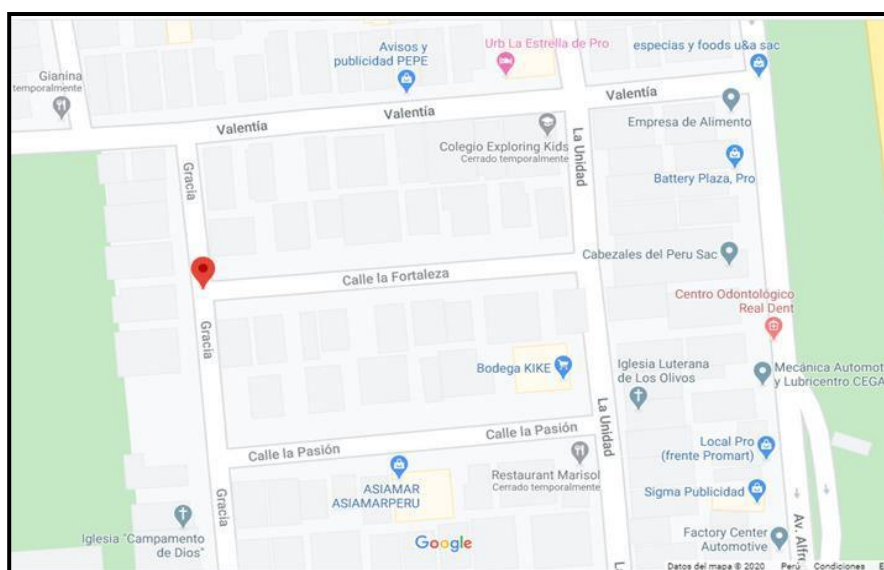


Figura 12. Ubicación geográfica

3.3.2. Muestra:

Para definir la muestra, Sampieri sostiene que:

En este apartado comentaremos la muestra, o es decir, los tipos de muestra, para lograr escoger la más correcta para un análisis. La muestra es en esencia un subconjunto poblacional. Digamos que es un subconjunto de recursos que pertenecen a aquel grupo definido en sus propiedades que llamamos población y [...], cada una de las muestras (en el enfoque cuantitativo) tienen que ser representativas; por consiguiente, la utilización de los términos aleatorio y aleatorio solo denota un tipo de método mecánico referente con la posibilidad y la selección de recursos o unidades, sin embargo, no aclara el tipo de muestra ni el método de muestreo. (2014, p.175)

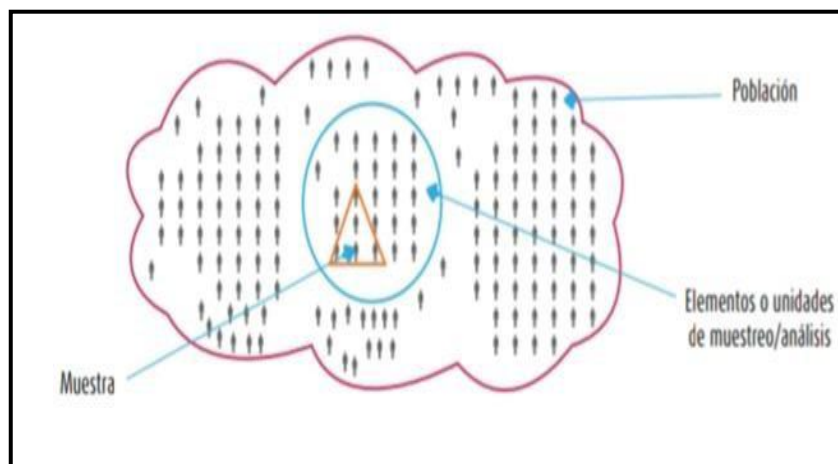


Figura 13. Representación de muestra

La muestra de nuestro proyecto de investigación serán 80 Kg de la calle Fortaleza conformada por una cuadra.

3.3.3. Muestreo:

Para definir muestreo, Borja sostiene al respecto:

En muestras no probabilísticas no es viable calcular el error estándar, así como el grado de confianza con el que realizamos la evaluación. Sin embargo, este tipo de muestreo es muy significativo en estudios cualitativos. En este caso, la selección de los elementos no depende de la probabilidad sino del criterio del investigador. (2012, p.32).

El muestreo para nuestro proyecto de investigación es no probabilístico.

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

3.4.1. Técnicas de recolección de datos:

a) Técnicas de campo:

- **Reciclaje de botellas plásticas:** Se procederá al reciclaje de botellas plásticas con las medidas respectivas de seguridad, donde se quitarán las etiquetas, reciclar las tapas, lavar las botellas plásticas para luego elaborar una máquina cortadora semi-industrial y cortar las mallas de polímeros sintéticos con botellas plásticas.



Figura 14. Máquina cortadora semi-industrial



Figura 14. Representación de corte de tiras de botellas plásticas.

➤ **Elaboración del polímero sintético con botellas plásticas:**

Se realizaron cortes de las costillas de un grosor de 4 mm, con una abertura longitudinal de 2.5 cm y transversal 3.05 cm, para ello se tejieron dichas costillas uniéndolas entre sí con silicona caliente, para así obtener una geomalla biaxial de 1m², que posteriormente fue llevada al laboratorio de control de calidad de geomallas para evaluar su resistencia a la rotura y elongación.



Figura 15. Unión de costillas longitudinal y transversal.

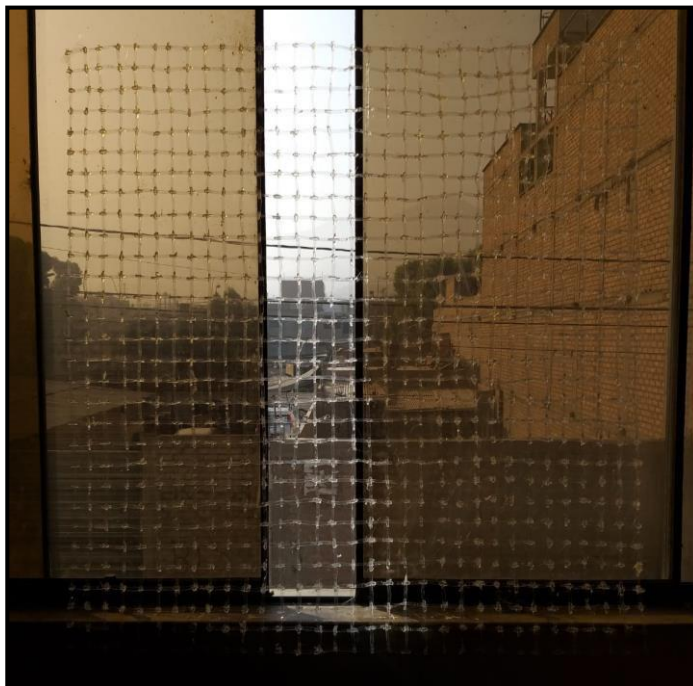


Figura 16. Polímeros sintéticos con botellas plásticas. (1m²).

- **Extracción de las muestras del suelo:** Se usará diversas herramientas para la extracción de las muestras del suelo (pico, pala y cinta métrica). Para luego excavar y conocer sus tipos de estratos de suelo a estudiar.



Figura 17. Muestra de suelo en el laboratorio de suelos.

b) Técnicas de laboratorio:

- **Ensayos de laboratorio:** Se realizarán los ensayos necesarios como, análisis granulométrico por tamizado, limite plástico, limite líquido, índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR que nos permitirá conocer las diferentes características de suelo, plasticidad, humedad y resistencia del suelo. Adicionalmente se realizará el ensayo de la resistencia a la rotura y elongación del polímero sintético elaborada con botellas plásticas.

Tabla 10. *Técnicas de laboratorios.*

Fuente: Elaboración propia

c) Técnicas de gabinete:

- Procesamiento de datos: Se procederá analizar los datos obtenidos del laboratorio en formatos de laboratorio.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos:

Se usarán formatos de ensayos de laboratorio que se rellenarán a lo largo de los ensayos respectivos como: ensayos de análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, Proctor modificado, CBR, y la resistencia a la rotura y elongación del polímero sintético con botellas plásticas.

3.4.3. Validez y confiabilidad:

En nuestro informe de investigación se empleará el Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos dadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por lo cual éstas no requieren de alguna evaluación de confiabilidad como tampoco de la validación por decisión de expertos, porque dicho manual ha sido elaborado por Barriga Dall' Orto S.A. Ingenieros Consultores y la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles un grupo de expertos de conocimientos altamente especializados.

3.5. Procedimientos:

- **Obtención de muestra de campo:**

La muestra del suelo fue una calicata extraída en la calle Fortaleza Los Olivos. Reciclaje de botellas plásticas utilizando guantes, mascarillas, mameluco y alcohol 96° para la protección personal y para la elaboración del tejido de mallas, será de manera semi-industrial empleando una máquina cortadora mecánica.

- **Caracterización física y mecánica del suelo y la geomalla:**

Se pasará a realizar los ensayos respectivos del suelo como análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR incluyendo al polímero sintético con botellas plásticas.

A la vez se realizarán el ensayo de resistencia a la rotura y elongación de la geomalla con botellas plásticas que se emplearán en la subrasante.

A. Análisis granulométrico:

Este ensayo consiste en tamizar la muestra mediante los distintos números de mallas y así poder obtener los diferentes tamaños de las partículas de la muestra del suelo.

Procedimiento:

- ✓ Se colocó la muestra sobre un recipiente y se procedió a mezclar, luego se dividió el material en 4 partes del cual se agarró 1/4 y se obtuvo la muestra requerida.
- ✓ Se pesó la muestra obtenida.
- ✓ Inmediatamente se lavó la muestra sobre el tamiz N° 200 con la finalidad de que todo el material fino menor a 0.075 mm se suelte. Se lava hasta que el agua salga limpia.
- ✓ Luego de lavar el material retenido en la malla 200 se coloca en el horno por 24 horas.
- ✓ Una vez transcurrido las 24 horas se pesa la muestra después del lavado.
- ✓ Posteriormente el material seco pasa por una serie de tamices (3", 2 ½ ", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼ ", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N° 80, N°100 y N°200) y se agitan por un promedio de 10 minutos
- ✓ En seguida se registra el material retenido en cada tamiz y al final se suma para así hallar el peso que se obtuvo con el peso inicial, si se tiene una pérdida de más del 2% en relación al peso original se considera que el experimento no es satisfactorio y, por ende, debe repetirse todo el procedimiento con otra muestra.

B. Límite líquido

El ensayo de Límite Líquido nos permite conocer la clasificación de nuestra muestra de suelo desde los resultados de su plasticidad, por consiguiente la cantidad de arcilla que contenga nos demuestra su comportamiento funcional.

Se define como la humedad con la que el ranurador separa dos partes de la pasta de la muestra colocada en la cuchara de la Casagrande, se cierra por su fondo, con una distancia de unos 13 mm, cuando cae la cuchara, dando 25

golpes de una altura de 1cm. El estado líquido de un suelo es el contenido de humedad en porcentaje del suelo secado al horno.

Procedimiento:

- ✓ Se obtuvo la muestra seca pasante por el tamiz N° 40, se mezcló en la vasija de porcelana con el material “mucílago de penca de tuna” hasta alcanzar la consistencia deseada.
- ✓ Se procede a colocar la muestra en la Cuchara de Casagrande aplanando el suelo con la espátula y conjuntamente nivelando hasta conseguir una profundidad de 1 cm. Devolver el exceso de suelo a la Vasija de porcelana
- ✓ Posteriormente se dan de 15 golpes a más a la cazuela de bronce para que ocasione el cierre evitando la introducción de burbujas de aire dentro de la muestra.
- ✓ Este procedimiento se repitió tres veces más con distintos contenidos de humedad.

C. Límite plástico

Se designa el límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que se puede formar pequeñas barritas o gusanitos cilíndricos de 3.2mm, consecuente torneando a la muestra de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que estas muestren alguna fractura, hasta llegar a presentarse unas pequeñas fisuras.

Procedimiento:

- ✓ Se pasa la muestra por el tamiz N° 40.
- ✓ Se amasó la muestra pasante con el mucílago de penca de tuna hasta formar una esfera para luego darle forma de un cilindro rodando con los dedos sobre el vidrio grueso.
- ✓ Si no se llega al diámetro de 3.2 mm (1/8") y se ha deshecho, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso.
- ✓ Luego esta muestra en forma de cilindro se ubica en recipientes para determinar su contenido de humedad.

- ✓ Para el cálculo de contenido de humedad se pesó el suelo húmedo, consecutivamente se puso la muestra en el horno para secarla, luego se pesó la muestra seca.
- ✓ Este procedimiento se realizó dos veces.

D. Proctor modificado

Esta prueba consiste en procedimientos de compactación para calcular la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación).

Procedimiento:

- ✓ Método A
 - Molde. - 6 pulg. de diámetro (101,6mm)
 - Material. - Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).
 - Capas. – 5
 - Golpes por capa. – 12
 - Uso. - Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- ✓ Método B
 - Molde. - 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.
 - Materiales. - Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).
 - Capas. – 5
 - Golpes por capa. – 26
 - Usos. - Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).
- ✓ Método C
 - Molde. - 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.
 - Materiales. - Se emplea el que pasa por el tamiz ¾ pulg (19,0 mm).
 - Capas. – 5
 - Golpes por Capa. – 56

- Usos. - Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm)

E. CBR (Relación de soporte California):

Determina el índice de resistencia de los suelos que recibe el nombre de valor de la relación de soporte, que se conoce como CBR (California Bearing Ratio). Este índice se utiliza para evaluar la capacidad portante de suelos de subrasante y de la base, subbase y capas afirmadas.

Procedimiento:

- ✓ Cuando más del 75% en peso de la muestra pasa a través del tamiz de 19,1 mm (3/4"), el material que pasa por el tamiz se utiliza para la prueba. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") es mayor al 25% en peso, el material retenido en dicho tamiz se separa y se reemplaza por una proporción igual de material entre los 19.1 mm (3/4") y 4.75 mm (No. 4), obtenido por tamizado otra porción de la muestra.
- ✓ De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para la prueba de apisonamiento, más unos 6 kg por cada molde CBR.
- ✓ Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco distanciador y, sobre este, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.
- ✓ Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en 5 capas, con 12,26 y 56 golpes.
- ✓ Se quitó el collar, se enjuagó la parte superior del molde, se dio la vuelta al molde y se quitaron la base del molde perforada y el disco espaciador.
- ✓ Se pesó el molde con la muestra, para determinar la densidad y la humedad de la muestra.
- ✓ Se colocó sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y se colocó dos pesas de 10 libras.
- ✓ Se montó el trípode con un dial y se tomó una lectura inicial, se sumerge el molde en agua dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra.

- ✓ Se sumergió la muestra durante 96 horas, anotando cada 24 horas la lectura del dial.
- ✓ Después de las 96 horas transcurridas se sacó el molde y se dejó drenar durante 15 minutos aproximadamente.
- ✓ Se colocó debajo de la prensa el molde con la muestra y la sobrecarga.
- ✓ Se aplicó la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm

F. Resistencia a la rotura y elongación

Este ensayo consiste en someter una sección de la geomalla a una fuerza que aumenta secuencialmente en sentido longitudinal hasta llegar a la rotura y e donde a la vez se puede evaluar el incremento de la longitud mediante la Máquina Universal de Ensayos.

Procedimientos:

- ✓ Colocar las mordazas en el marco de carga de la máquina universal.
- ✓ Con las mordazas unidas a la máquina defectuosa, la muestra debe colocarse en una mordaza; Es importante centrar la muestra dentro de las caras de la mandíbula e insertar 5 cm de la muestra en ellas, lo que corresponde al ancho interno de las caras. Una vez hecho esto, la muestra se ajusta dentro de la mordaza.
- ✓ Repetir el proceso anterior para el otro extremo de la geomalla y su mordaza correspondiente.
- ✓ Programe en el software de la máquina de averías la velocidad a la que debe realizarse la prueba. El ensayo se realizará a una tasa de deformación del $(10 \pm 3)\%$ por minuto de la longitud calibrada. Para ello tomar el dato de la longitud del calibre y multiplicarlo por un valor entre 0.07 y 0.13, este resultado será el dato de velocidad constante de la prueba, el cual deberá ser programado.

- **Fase de gabinete:**

Ahí se realizarán la tabulación y procesamiento de datos obtenidos en laboratorio utilizando hojas Excel, para facilitar los cálculos, siguiendo los pasos y fórmulas de las normas.

3.6. Método de análisis de datos:

La interpretación y análisis de resultados se realizará con el uso de hojas de cálculo en Excel. También se analizarán los resultados contrastando con el Manual de carreteras: Suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.7. Aspectos éticos:

- Para la presente investigación, la información brindada es verídica ya que para elaborarlo se tuvieron como referencias tesis, libros, artículos y revistas confiables.
- La información tomada de las tesis, libros, artículos y revistas se encuentran respectivamente citados según la Norma ISO.
- Los resultados que se obtengan de los estudios básicos preliminares de nuestro proyecto de investigación serán con total veracidad y confiabilidad.

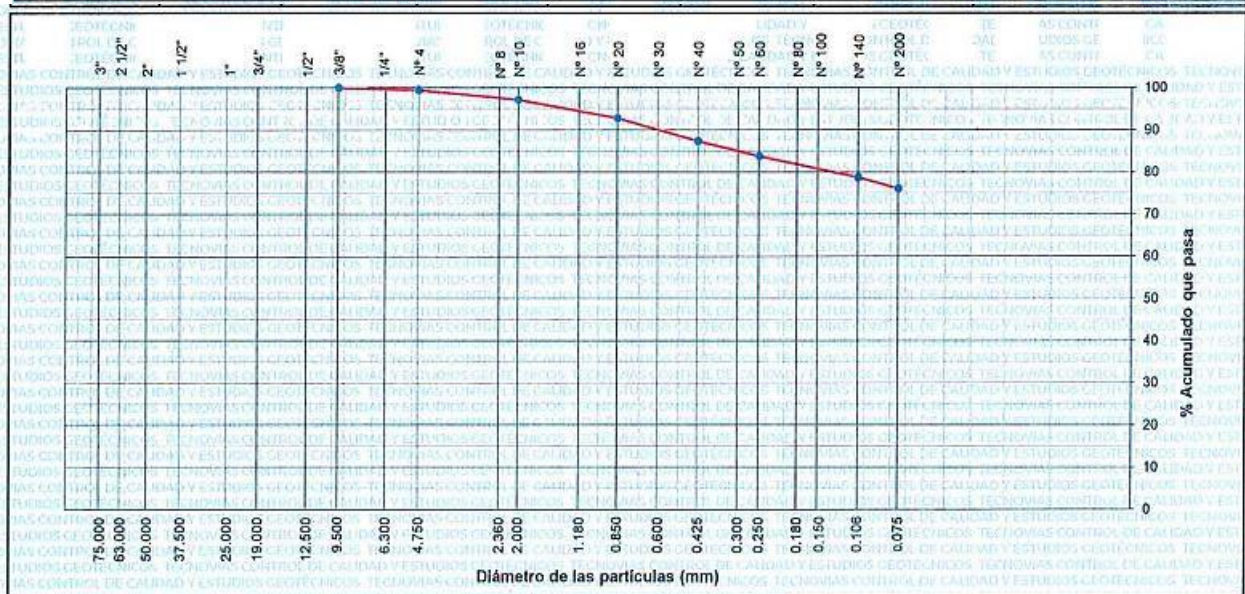
IV. RESULTADOS

A. Ensayos realizados para el suelo arcilloso:

- Análisis granulométrico:

Tabla 11. Ensayo de análisis granulométrico

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripción de la Muestra
3"	75.000						Peso Inicial 1181.1
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						Peso Fracción
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						Límite Líquido 39
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						Límite Plástico 23
3/8"	9.500				100		
Nº4	4.750	6.4	0.5	0.5	99.5		Índice de Plasticidad 18
Nº10	2.000	27.2	2.3	2.8	97.2		Clas. SUCS CL
Nº20	0.850	51.3	4.3	7.2	92.8		
Nº40	0.425	64.1	5.4	12.6	87.4		Clas. AASHTO A-6 (10)
Nº60	0.250	42.4	3.6	16.2	83.8		
Nº140	0.106	59.8	5.1	21.3	78.7		
Nº200	0.075	31.2	2.6	23.9	76.1		Cont. Humedad 22.9
< Nº200		898.7	76.1	100			



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Según la tabla 11 se obtuvo como resultado que según AASHTO pertenece al grupo A6 que viene a ser un suelo arcilloso sabiendo que más del 35% de la muestra pasa el tamiz #200 y según SUCS se obtuvo una clasificación CL quiere decir arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana.

- **Límites de Atterberg:**

Tabla 12. Ensayo límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos

LÍMITE LÍQUIDO				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°	10	8	20	
N° de golpes	16	24	33	
Recipiente + Suelo Húmedo	45.90	34.24	41.42	
Recipiente + Suelo Seco	41.04	30.32	35.80	
Peso del Agua (gr)	4.86	3.92	5.62	
Peso de Recipiente	29.83	20.31	20.15	
Peso de Suelo Seco (gr)	11.21	10.01	15.65	
% de Humedad	43.35	39.11	35.91	
LÍMITE PLÁSTICO				
Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°	7	2		
Recipiente + Suelo Húmedo	26.11	26.50		
Recipiente + Suelo Seco	25.22	25.60		
Peso del Agua (gr)	0.89	0.90		
Peso de Recipiente	21.33	21.56		
Peso de Suelo Seco (gr)	3.89	4.04		
% de Humedad	22.88	22.28		

DÍAGRAMA DE FLUIDEZ	
	<p> Límite Líquido 39 </p> <p> Límite Plástico 23 </p> <p> Índice de Plasticidad 16 </p>

Fuente: Laboratorio Tecnovías

Se realizó el ensayo para determinar el límite líquido usando la cuchara casagrande.

El límite líquido, que es el contenido de agua, expresado en porcentaje, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico, el resultado muestra que el límite líquido es 39.

El contenido de agua, expresado en porcentaje, que delimita la transición entre el estado plástico y semisólido, es denominado Límite plástico. Según el ensayo de laboratorio realizado se obtuvo un límite plástico de 23.

Según la clasificación de suelos el Índice de plasticidad mostrado en la Tabla 3 establecido en el Manual de carreteras: Suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que un índice de plasticidad menor a 20 y mayor a 7 obtiene como principal característica ser un suelo arcilloso teniendo como resultado un índice de plasticidad del suelo según la tabla 12 es 16.

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 39 - 23$$

$$IP = 16$$

Con los datos obtenidos se calculó el índice de grupo:

$$IG = (F_{200} - 35)[0.2 + 0.005X(LL - 40)]$$

$$IG = (76.1 - 35)[0.2 + 0.005X(39 - 40)]$$

$$IG = 8.01$$

Teniendo como índice de grupo 8.01 y según el Manual de Carreteras está clasificado como suelo de subrasante pobre.

- **Contenido de humedad:**

Tabla 13. Ensayo contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD		22.9 %
Peso del Suelo Humedo + Recipiente (g)		312.5
Peso del Suelo Seco + Recipiente (g)		254.2
Peso del Recipiente (g)		0.0
Peso del Agua Contenida (g)		58.3
Peso del Suelo Seco (g)		254.2

Fuente: Laboratorio Tecnovías

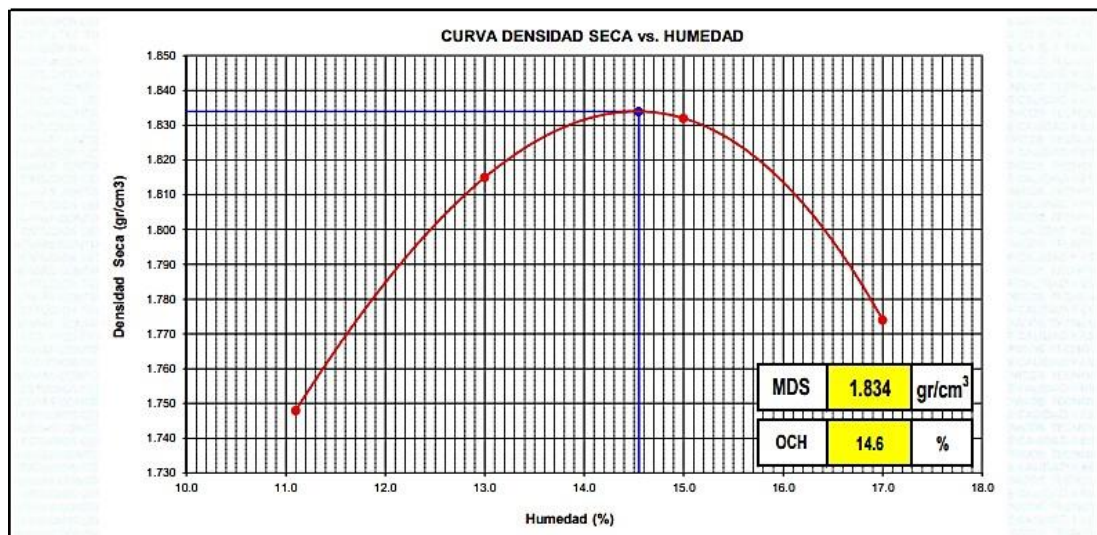
En el ensayo de contenido de humedad se determinó la relación expresada como porcentaje del peso de agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Según los resultados del laboratorio nuestro tipo de suelo arcilloso contiene un 22.9% de humedad.

- **Proctor modificado:**
- **Muestra 1:**

Tabla 14. Ensayo Proctor modificado sin aplicación de polímero sintético

COMPACTACION					
Prueba N°	1	2	3	4	5
N° de capas	5	5	5	5	
N° de golpes por capa	56	56	56	56	
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10718	10949	11067	11001	
Peso del Molde (gr.)	6596	6596	6596	6596	
Peso del Suelo Compactado (gr.)	4122	4353	4471	4405	
Volumen del Molde (cm ³)	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.942	2.051	2.107	2.075	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	663.6	652.2	705.2	881.2	
Tara + Suelo Seco (gr.)	597.3	577.2	613.2	753.2	
Peso del Agua (gr.)	66.3	75.0	92.0	128.0	
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	597.3	577.2	613.2	753.2	
Contenido de Humedad (%)	11.1	13.0	15.0	17.0	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.748	1.815	1.832	1.774	

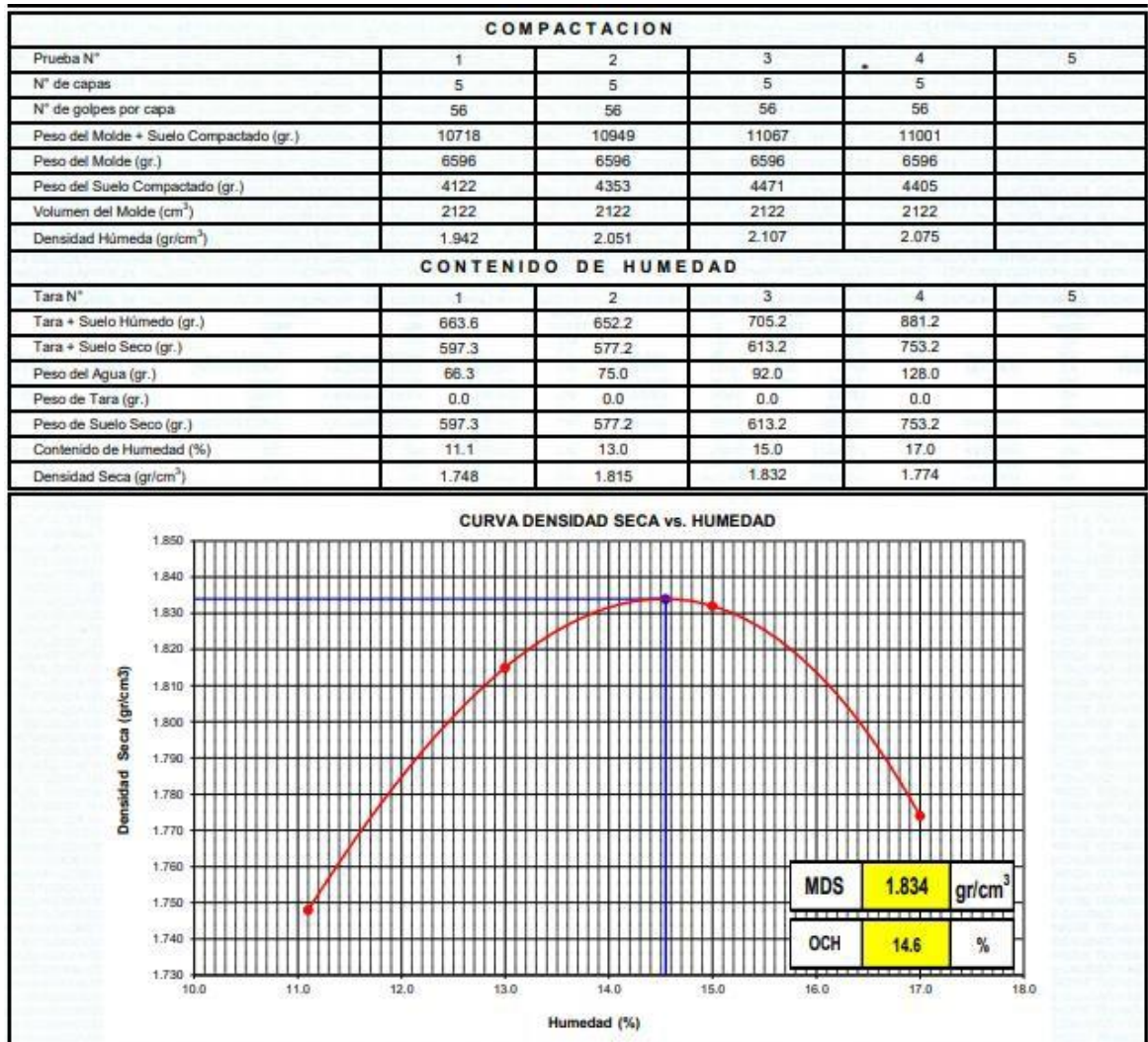


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 14 que el óptimo contenido de humedad es 14.6% y la máxima densidad seca es 1.834 gr/cm³.

– Muestra 2:

Tabla 15. *Ensayo Proctor sin aplicación de polímero sintético muestra 2*

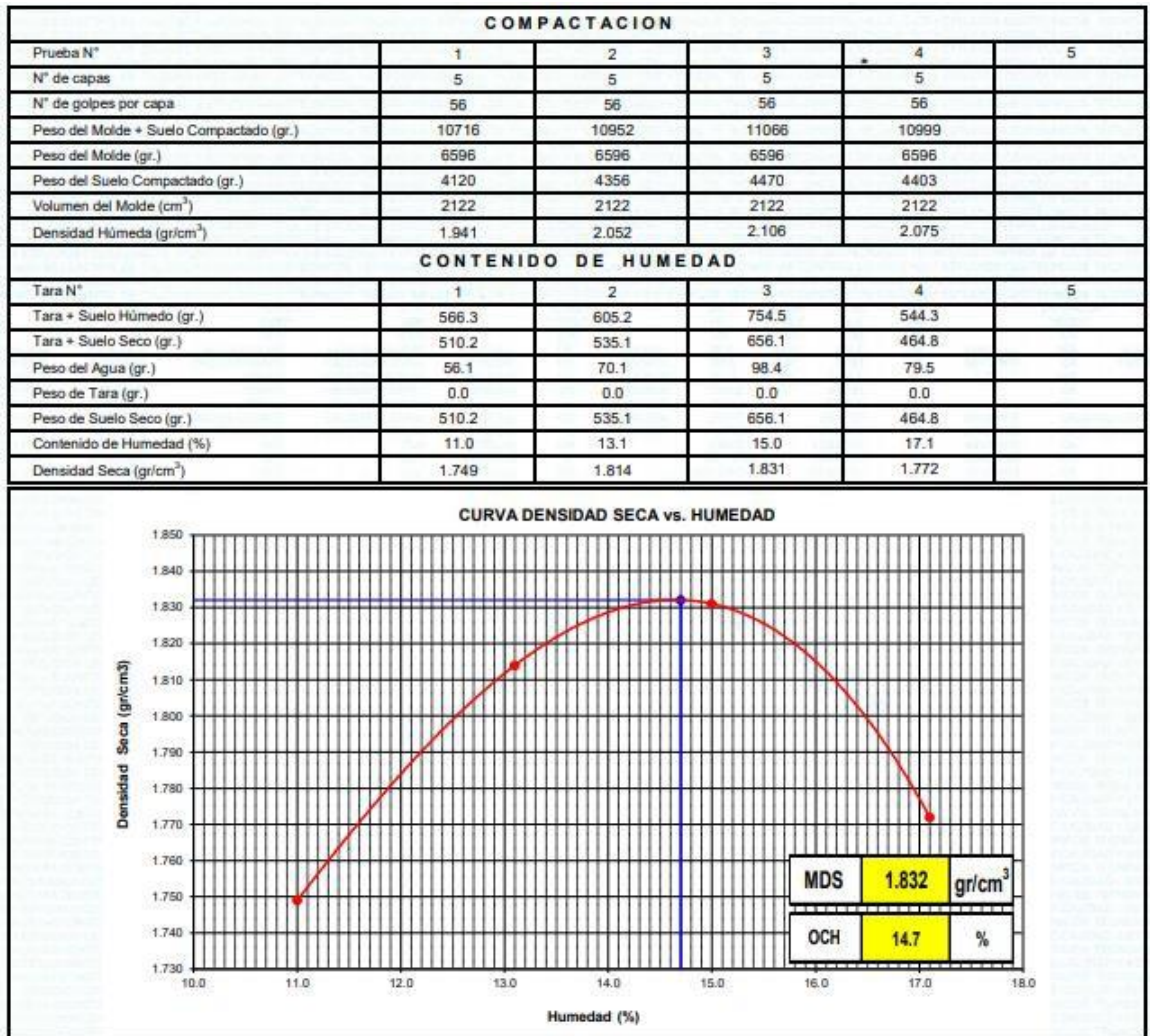


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 15 que el óptimo contenido de humedad es 14.6% y la máxima densidad seca es 1.834 gr/cm³.

– **Muestra 3:**

Tabla 16. *Ensayo Proctor sin aplicación de polímero sintético muestra 3*



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 16 que el óptimo contenido de humedad es 14.7% y la máxima densidad seca es 1.832 gr/cm³.

- **CBR (California Bearing Ratio):**

- **Muestra 1:**

Tabla 17: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN											
Molde N°	2			4			7				
Capas N°	5			5			5				
Golpes por capa N°	56			25			10				
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO	NO SATURADO		SATURADO	NO SATURADO		SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12426		12508	12561		12742	12553		12659		
Peso de molde (g)	7529		7529	8102		8102	8430		8430		
Peso del suelo húmedo (g)	4897		4979	4459		4640	4123		4229		
Volumen del molde (cm ³)	2329		2329	2230		2230	2133		2133		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.102		2.137	2.000		2.081	1.933		1.982		
Tara (N°)											
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.7		548.5	513.9		585.3	561.3		573.7		
Peso suelo seco + tara (g)	465.2		465.5	448.8		496.0	490.2		476.4		
Peso de tara (g)	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0		
Peso de agua (g)	67.5		83.0	65.1		89.3	71.1		97.3		
Peso de suelo seco (g)	465.2		465.5	448.8		496.0	490.2		476.4		
Contenido de humedad (%)	14.5		17.8	14.5		18.0	14.5		20.4		
Densidad seca (g/cm ³)	1.836		1.814	1.746		1.763	1.688		1.646		

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		
			mm	%		mm	%		mm	%	
NO EXPANSIVO											

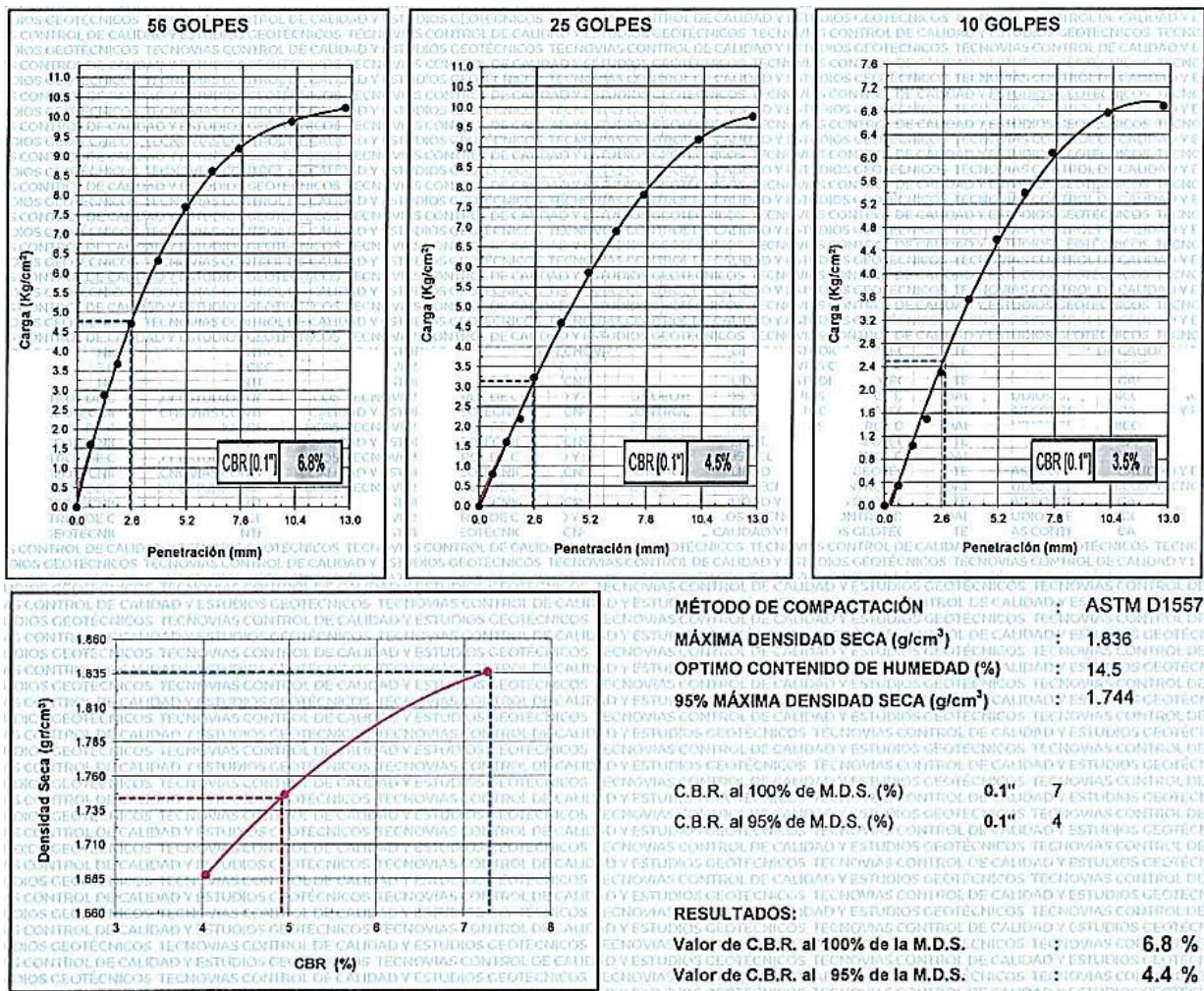
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		32	1.6			16	0.8			7	0.3		
1.270		58	2.9			32	1.6			21	1.0		
1.905		74	3.7			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	94	4.7	4.8	6.8	64	3.2	3.1	4.5	46	2.3	2.5	3.5
3.810		127	6.3			92	4.6			71	3.6		
5.080	105.7	154	7.7			117	5.9			92	4.6		
6.350		173	8.6			138	6.9			108	5.4		
7.620		184	9.2			156	7.8			122	6.1		
10.16		198	9.9			184	9.2			136	6.8		
12.70		205	10.2			196	9.8			138	6.9		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 17 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 6.8%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.5% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.5%.

Tabla 18: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 18 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 18 se obtuvo 4.4% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

– Muestra 2:

Tabla 19: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN													
Molde N°	2			4			7						
Capas N°	5			5			5						
Golpes por capa N°	56			25			10						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO					
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12426	12508	12561	12742	12553	12659							
Peso de molde (g)	7529	7529	8102	8102	8430	8430							
Peso del suelo húmedo (g)	4897	4979	4459	4640	4123	4229							
Volumen del molde (cm ³)	2329	2329	2230	2230	2133	2133							
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.102	2.137	2.000	2.081	1.933	1.982							
Tara (N°)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.7	548.5	513.9	585.3	561.3	573.7							
Peso suelo seco + tara (g)	465.2	465.5	448.8	496.0	490.2	476.4							
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Peso de agua (g)	67.5	83.0	65.1	89.3	71.1	97.3							
Peso de suelo seco (g)	465.2	465.5	448.8	496.0	490.2	476.4							
Contenido de humedad (%)	14.5	17.8	14.5	18.0	14.5	20.4							
Densidad seca (g/cm ³)	1.836	1.814	1.746	1.763	1.688	1.646							

EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
NO EXPANSIVO													

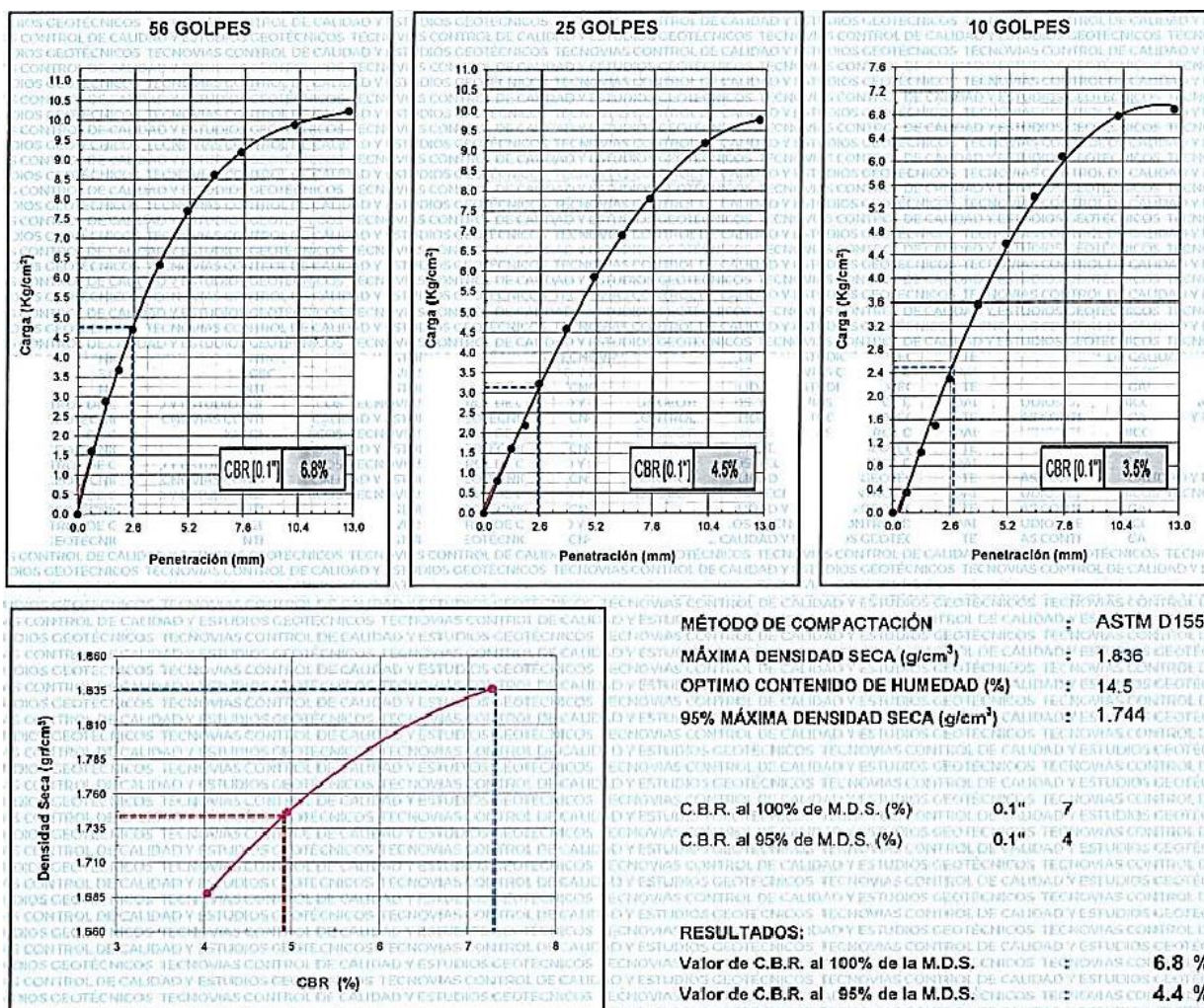
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA Dial	kg/cm ²	CORRECCIÓN kg/cm ²	%	CARGA Dial	kg/cm ²	CORRECCIÓN kg/cm ²	%	CARGA Dial	kg/cm ²	CORRECCIÓN kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		32	1.6			16	0.8			7	0.3		
1.270		58	2.9			32	1.6			21	1.0		
1.905		74	3.7			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	94	4.7	4.8	6.8	64	3.2	3.1	4.5	46	2.3	2.5	3.5
3.810		127	6.3			92	4.6			71	3.6		
5.080	105.7	154	7.7			117	5.9			92	4.6		
6.350		173	8.6			138	6.9			108	5.4		
7.620		184	9.2			156	7.8			122	6.1		
10.16		198	9.9			184	9.2			136	6.8		
12.70		205	10.2			196	9.8			138	6.9		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 19 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 6.8%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.5% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.5%.

Tabla 20: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 20 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 20 se obtuvo 4.4% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

– Muestra 3:

Tabla 21: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN											
Molde N°	11				12				13		
Capas N°	5				5				5		
Golpes por capa N°	56				25				10		
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12416		12496		12502		12609		12528		12644
Peso de molde (g)	7528		7528		7731		7731		7870		7870
Peso del suelo húmedo (g)	4888		4968		4771		4878		4658		4774
Volumen del molde (cm ³)	2326		2326		2399		2399		2418		2418
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.101		2.136		1.989		2.033		1.926		1.974
Tara (N°)											
Peso suelo húmedo + tara (g)	633.6		705.2		802.2		776.6		632.3		664.1
Peso suelo seco + tara (g)	552.4		599.2		699.4		657.0		551.3		552.0
Peso de tara (g)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
Peso de agua (g)	81.2		106.0		102.8		119.6		81.0		112.1
Peso de suelo seco (g)	552.4		599.2		699.4		657.0		551.3		552.0
Contenido de humedad (%)	14.7		17.7		14.7		18.2		14.7		20.3
Densidad seca (g/cm ³)	1.832		1.815		1.734		1.720		1.679		1.641

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

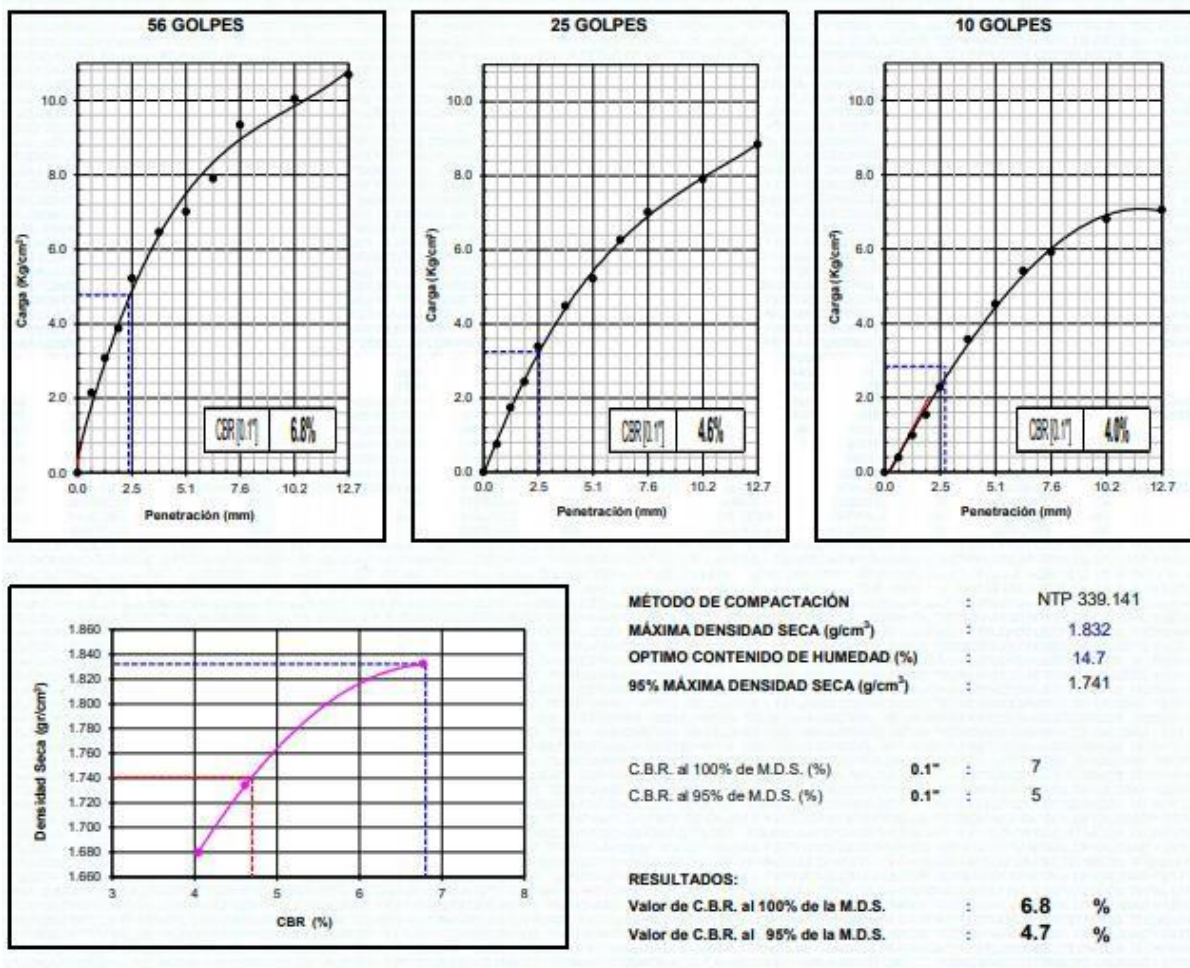
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		43	2.1			15	0.7			8	0.4		
1.270		62	3.1			35	1.7			20	1.0		
1.905		78	3.9			49	2.4			31	1.5		
2.540	70.5	105	5.2	4.8	6.8	68	3.4	3.2	4.6	46	2.3	2.8	4.0
3.810		130	6.5			90	4.5			72	3.6		
5.080	105.7	141	7.0			105	5.2			91	4.5		
6.350		159	7.9			126	6.3			109	5.4		
7.620		188	9.3			141	7.0			119	5.9		
10.16		202	10.0			159	7.9			137	6.8		
12.70		215	10.7			178	8.9			142	7.1		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 21 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 6.8%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.6% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.0%.

Tabla 22: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 22 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R, así como se muestra en la Tabla 22 se obtuvo 4.7% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

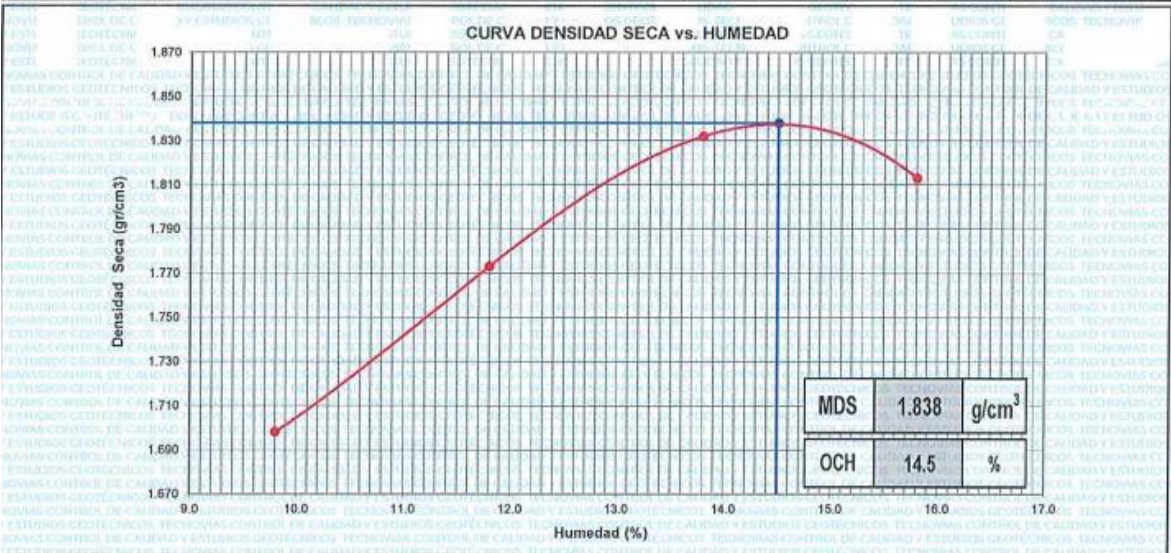
B. Cbr con polímero sintético a 2cm de profundidad:

- **Proctor modificado:**

- **Muestra 1:**

Tabla 23. Ensayo Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 2cm

COMPACTACION					
Prueba N°	1	2	3	4	5
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10528	10778	10997	11027	
Peso del Molde (gr.)	6572	6572	6572	6572	
Peso del Suelo Compactado (gr.)	3956	4206	4425	4455	
Volumen del Molde (cm ³)	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.864	1.982	2.085	2.099	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	943.5	751.3	851.0	858.6	
Tara + Suelo Seco (gr.)	859.3	672.0	747.8	741.5	
Peso del Agua (gr.)	84.2	79.3	103.2	117.1	
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	859.3	672.0	747.8	741.5	
Contenido de Humedad (%)	9.8	11.8	13.8	15.8	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.698	1.773	1.832	1.813	

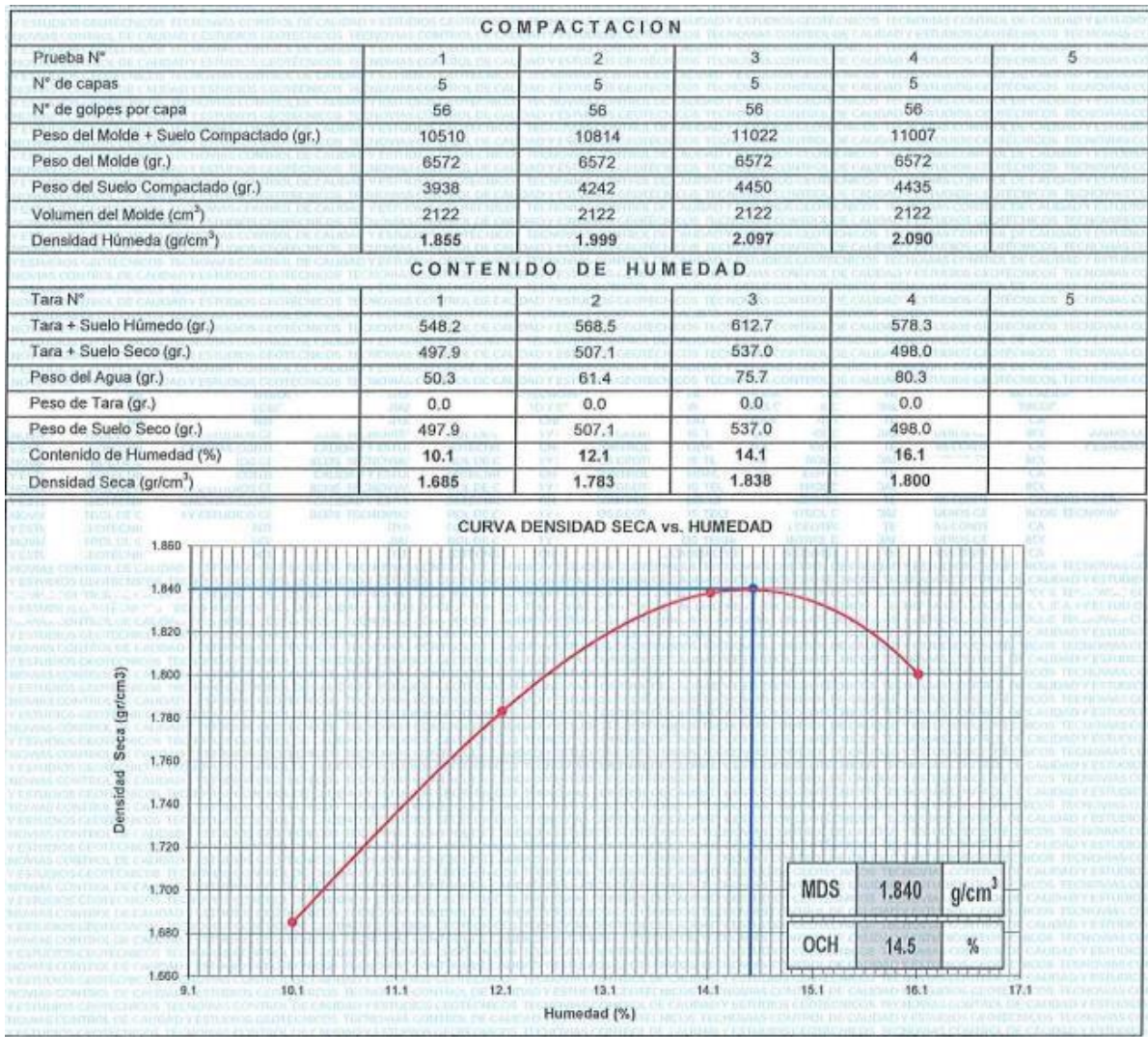


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 23 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.838 gr/cm³.

- **Muestra 2:**

Tabla 24. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 2cm muestra 2

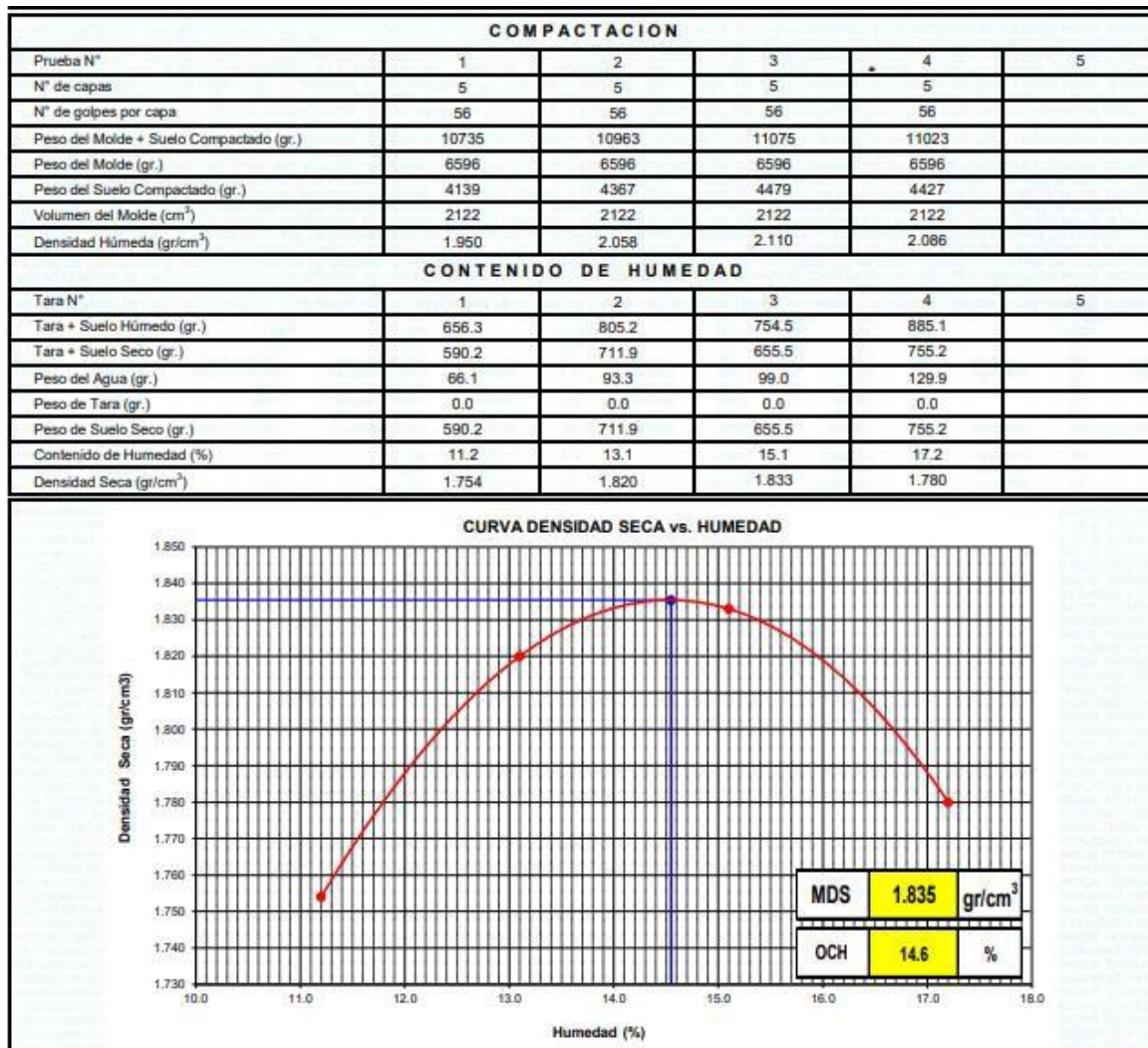


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 24 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.840 gr/cm³.

- Muestra 3:

Tabla 25. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 2cm muestra 3



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 25 que el óptimo contenido de humedad es 14.6% y la máxima densidad seca es 1.835 gr/cm³.

- CBR:
- Muestra 1:

Tabla 26: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN						
Molde N°	2		4		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12621	12874	11963	12462	11287	11612
Peso de molde (g)	8113	8113	7688	7688	7128	7128
Peso del suelo húmedo (g)	4508	4761	4275	4774	4159	4484
Volumen del molde (cm ³)	2142	2142	2129	2129	2142	2142
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.105	2.223	2.008	2.243	1.942	2.094
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	567.8	567.4	645.8	523.7	534.4	512.9
Peso suelo seco + tara (g)	495.9	480.4	564.0	443.1	466.7	426.4
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	71.9	87.0	81.8	80.6	67.7	86.5
Peso de suelo seco (g)	495.9	480.4	564.0	443.1	466.7	426.4
Contenido de humedad (%)	14.5	18.1	14.5	18.2	14.5	20.3
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.882	1.754	1.897	1.696	1.741

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

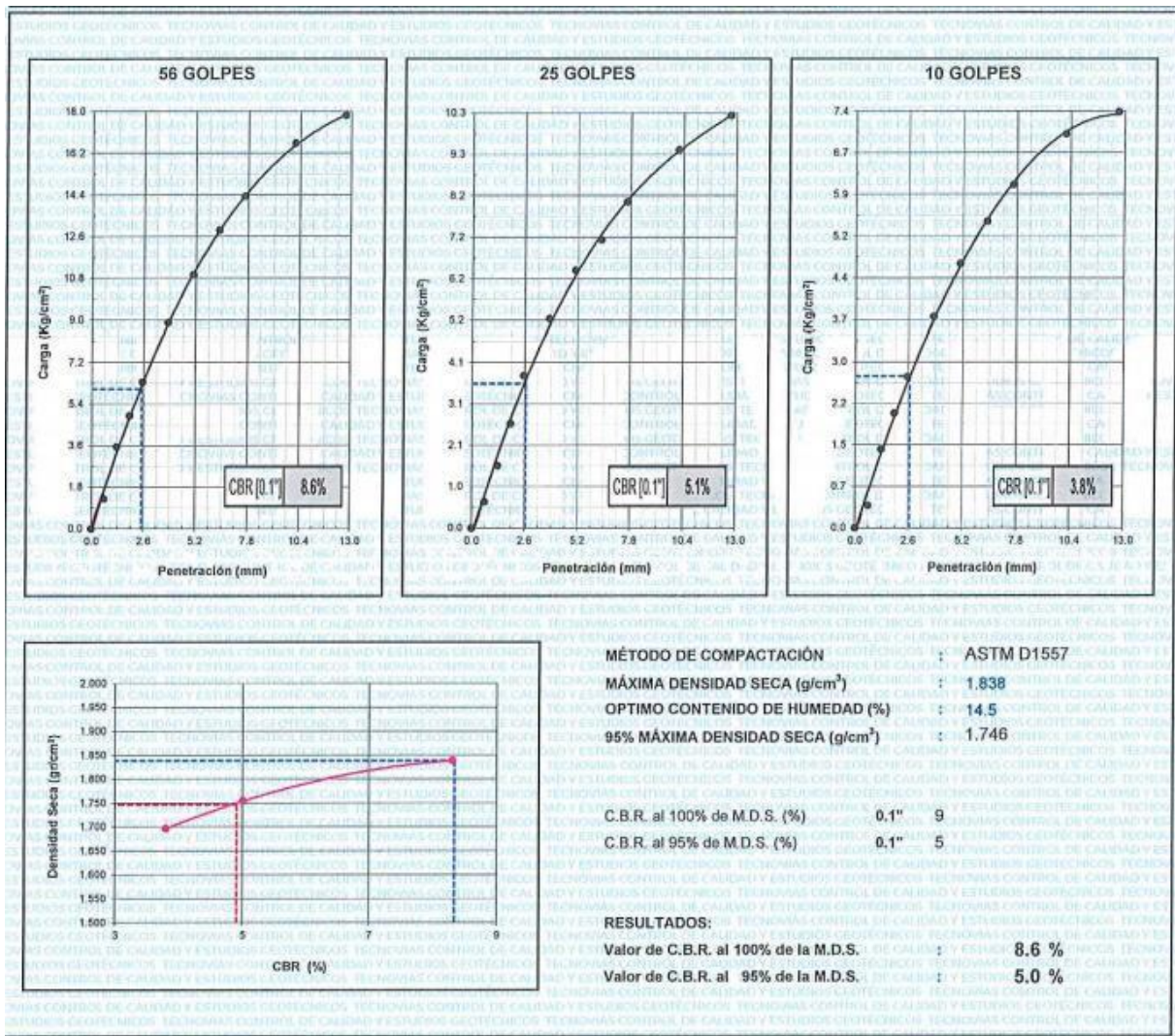
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		26	1.3			13	0.6			8	0.4		
1.270		71	3.5			31	1.5			28	1.4		
1.905		98	4.9			52	2.6			41	2.0		
2.540	70.5	127	6.3	6.0	8.6	76	3.8	3.6	5.1	54	2.7	2.7	3.8
3.810		178	8.9			104	5.2			75	3.7		
5.080		219	10.9			128	6.4			94	4.7		
6.350		258	12.9			143	7.1			109	5.4		
7.620		287	14.3			162	8.1			122	6.1		
10.16		333	16.6			188	9.4			140	7.0		
12.70		357	17.8			205	10.2			148	7.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 26 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 8.6%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 5.1% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.8%.

Tabla 27: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 27 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 27 se obtuvo 5.0% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

- Muestra 2:

Tabla 28: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN											
Molde N°	2				4				7		
Capas N°	5				5				5		
Golpes por capa N°	56				25				10		
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11639		11726		11377		12492		11697		11877
Peso de molde (g)	7128		7128		7128		7128		7688		7688
Peso del suelo húmedo (g)	4511		4598		4249		5364		4009		4189
Volumen del molde (cm ³)	2142		2142		2142		2142		2129		2129
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.106		2.147		1.984		2.505		1.883		1.968
Tara (N°)											
Peso suelo húmedo + tara (g)	534.2		656.7		564.9		519.8		578.7		544.8
Peso suelo seco + tara (g)	466.6		470.6		493.3		438.6		505.4		450.2
Peso de tara (g)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
Peso de agua (g)	67.6		86.1		71.6		81.2		73.3		94.6
Peso de suelo seco (g)	466.6		470.6		493.3		438.6		505.4		450.2
Contenido de humedad (%)	14.5		18.3		14.5		18.5		14.5		21.0
Densidad seca (g/cm ³)	1.840		1.815		1.733		2.113		1.645		1.626

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

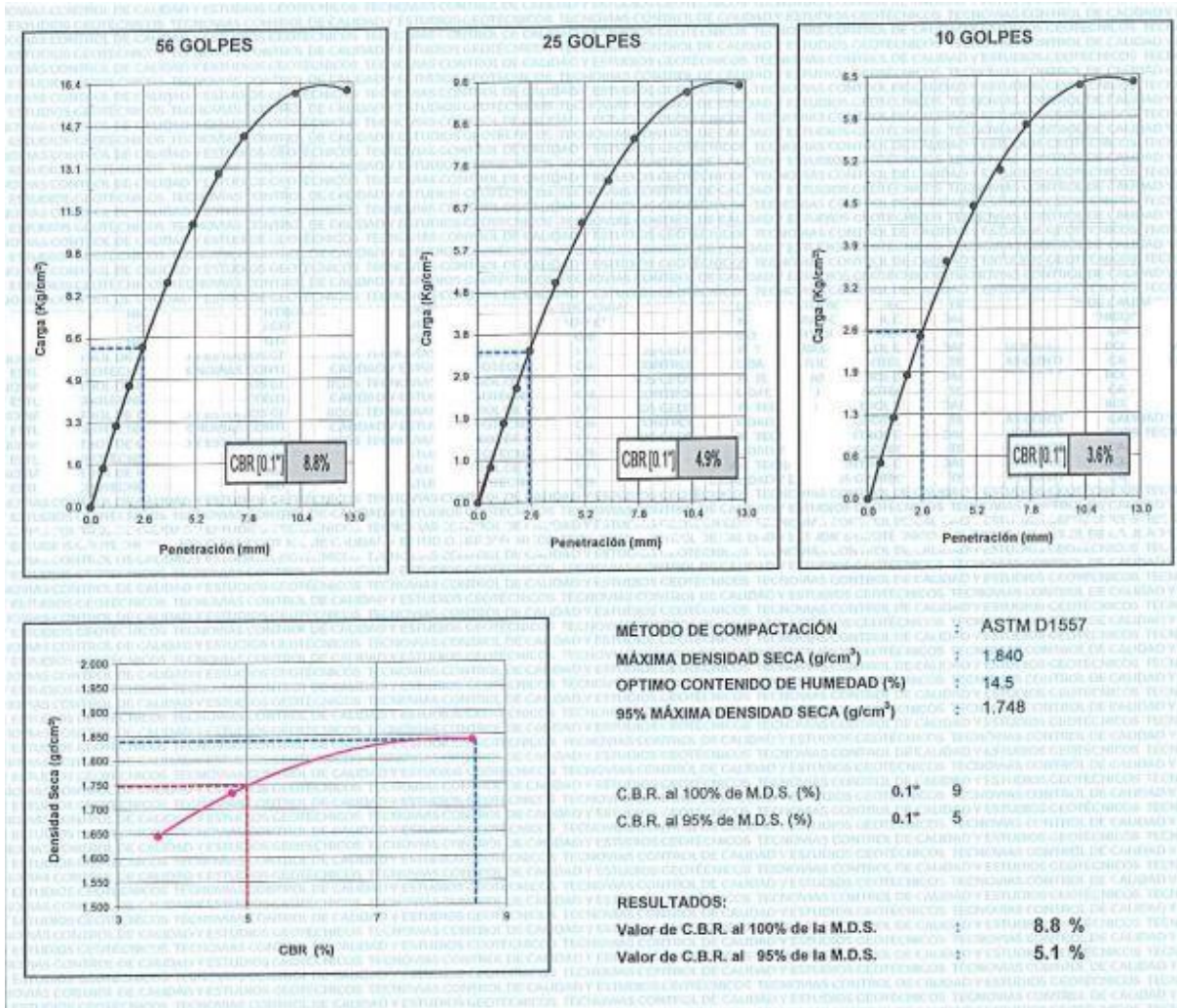
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		30	1.5			16	0.8			11	0.5		
1.270		63	3.1			36	1.8			25	1.2		
1.905		94	4.7			52	2.6			38	1.9		
2.540	70.5	124	6.2	6.2	8.8	69	3.4	3.4	4.9	50	2.5	2.6	3.6
3.810		174	8.7			100	5.0			73	3.6		
5.080	105.7	219	10.9			127	6.3			90	4.5		
6.350		256	12.9			146	7.3			101	5.0		
7.620		287	14.3			165	8.2			115	5.7		
10.16		320	16.0			186	9.3			127	6.3		
12.70		322	16.1			189	9.4			128	6.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 28 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 8.6%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 4.9% , molde N° 3 de 10 golpes presenta 3.6%.

Tabla 29: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 29 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 29 se obtuvo 5.1% al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

- Muestra 3:

Tabla 30: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN						
Molde N°	1		3		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12425	12508	12549	12652	12553	12659
Peso de molde (g)	7529	7529	7732	7732	7865	7865
Peso del suelo húmedo (g)	4896	4979	4817	4920	4688	4794
Volumen del molde (cm ³)	2328	2328	2405	2405	2423	2423
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.139	2.003	2.046	1.935	1.979
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	562.3	865.5	855.2	545.2	653.0	605.3
Peso suelo seco + tara (g)	490.7	734.1	746.2	461.6	569.9	502.3
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	71.6	131.4	109.0	83.6	83.1	103.0
Peso de suelo seco (g)	490.7	734.1	746.2	461.6	569.9	502.3
Contenido de humedad (%)	14.6	17.9	14.6	18.1	14.6	20.5
Densidad seca (g/cm ³)	1.835	1.814	1.748	1.732	1.688	1.642

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

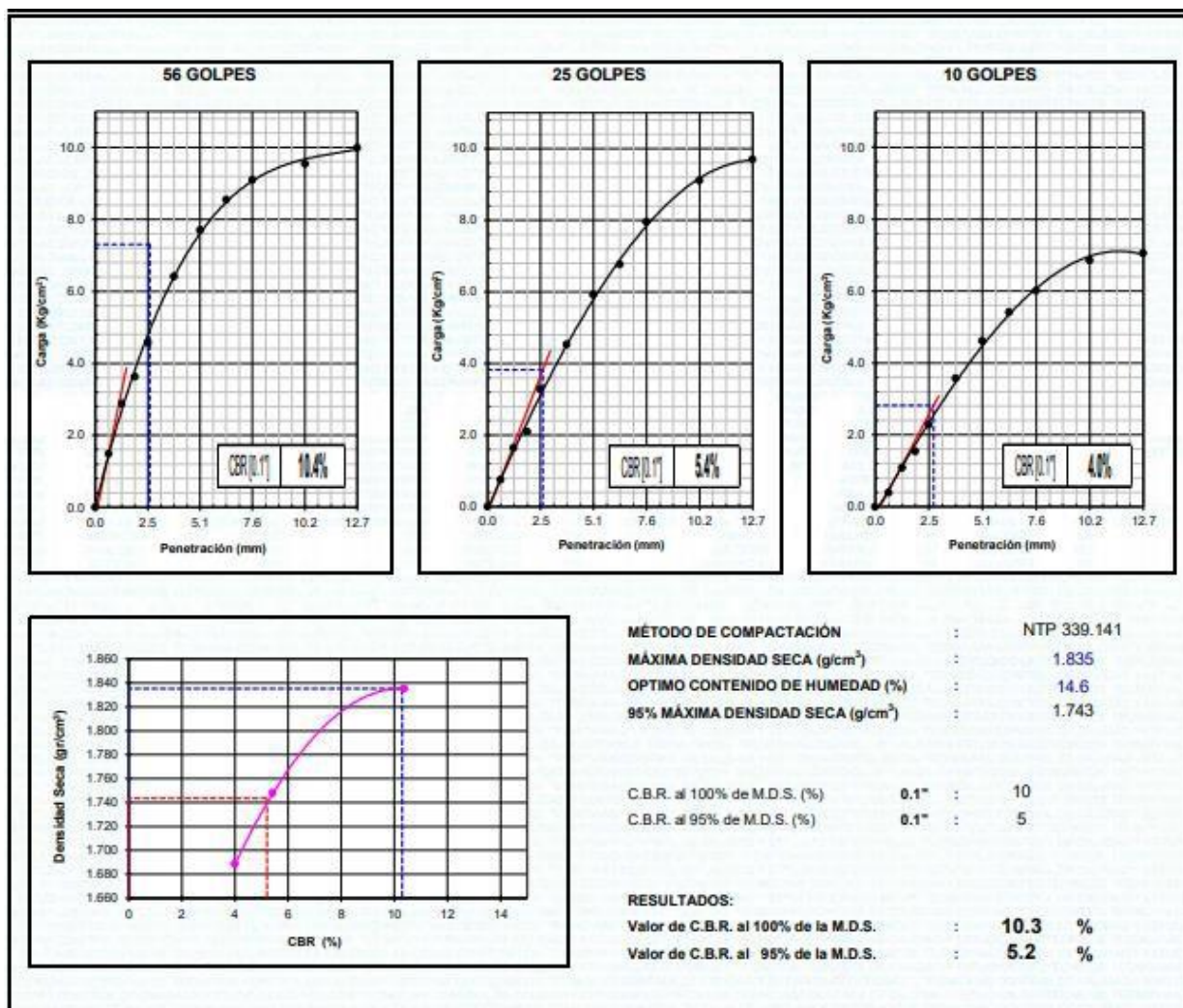
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		30	1.5			15	0.7			8	0.4		
1.270		58	2.9			33	1.6			22	1.1		
1.905		73	3.6			42	2.1			31	1.5		
2.540	70.5	92	4.6	7.3	10.4	66	3.3	3.8	5.4	46	2.3	2.8	4.0
3.810		129	6.4			91	4.5			72	3.6		
5.080	105.7	155	7.7			119	5.9			93	4.6		
6.350		172	8.6			136	6.8			109	5.4		
7.620		183	9.1			160	8.0			121	6.0		
10.16		192	9.5			183	9.1			138	6.9		
12.70		201	10.0			195	9.7			142	7.1		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 30 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 10.4%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 5.4% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.0%.

Tabla 31: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 31 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 31 se obtuvo 5.2 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

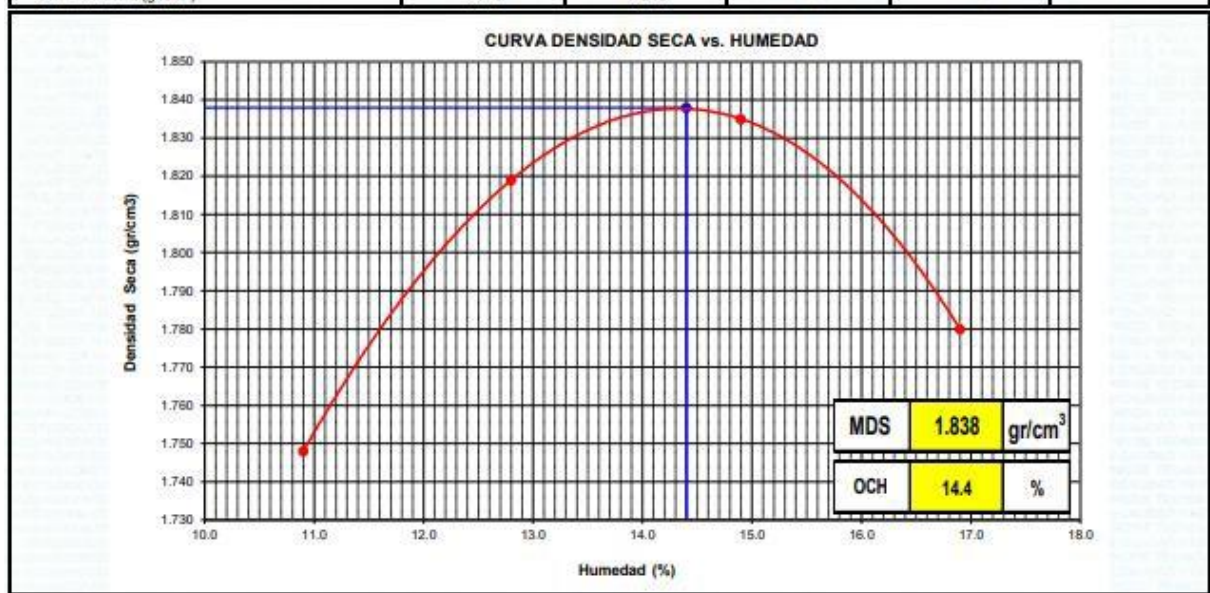
C. CBR con polímero sintético a 1.2cm de profundidad:

- **Proctor modificado:**

- **Muestra 1:**

Tabla 32. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 1.2cm muestra

COMPACTACION					
Prueba N°	1	2	3	4	5
N° de capas	5	5	5	5	
N° de golpes por capa	56	56	56	56	
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10711	10951	11069	11012	
Peso del Molde (gr.)	6596	6596	6596	6596	
Peso del Suelo Compactado (gr.)	4115	4355	4473	4416	
Volumen del Molde (cm ³)	2122	2122	2122	2122	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.939	2.052	2.108	2.081	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	869.0	805.2	774.5	905.2	
Tara + Suelo Seco (gr.)	783.6	713.8	674.1	774.3	
Peso del Agua (gr.)	85.4	91.4	100.4	130.9	
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	783.6	713.8	674.1	774.3	
Contenido de Humedad (%)	10.9	12.8	14.9	16.9	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.748	1.819	1.835	1.780	

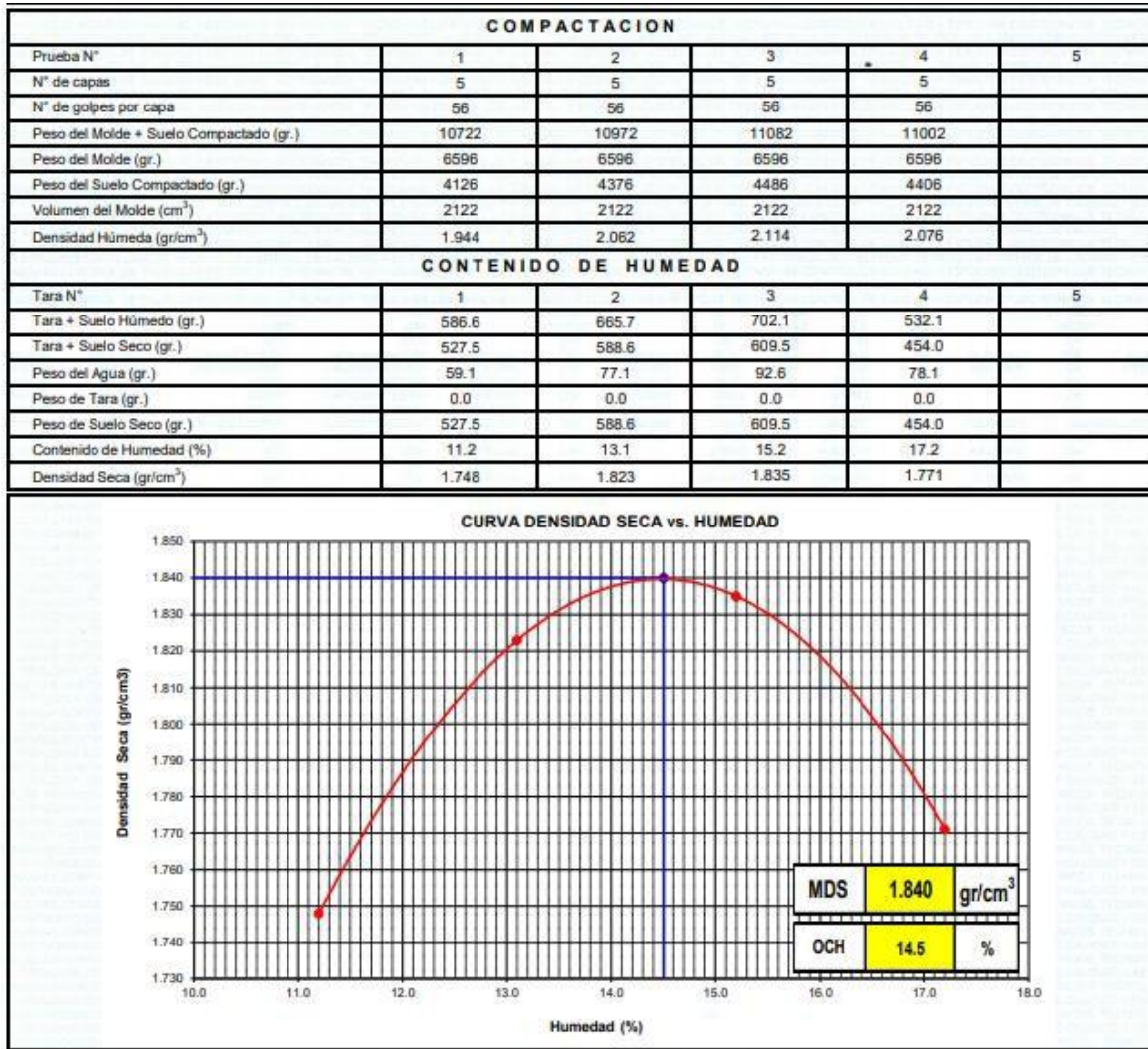


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 32 que el óptimo contenido de humedad es 14.4% y la máxima densidad seca es 1.838 gr/cm³.

- **Muestra 2:**

Tabla 33. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 1.2cm muestra 2

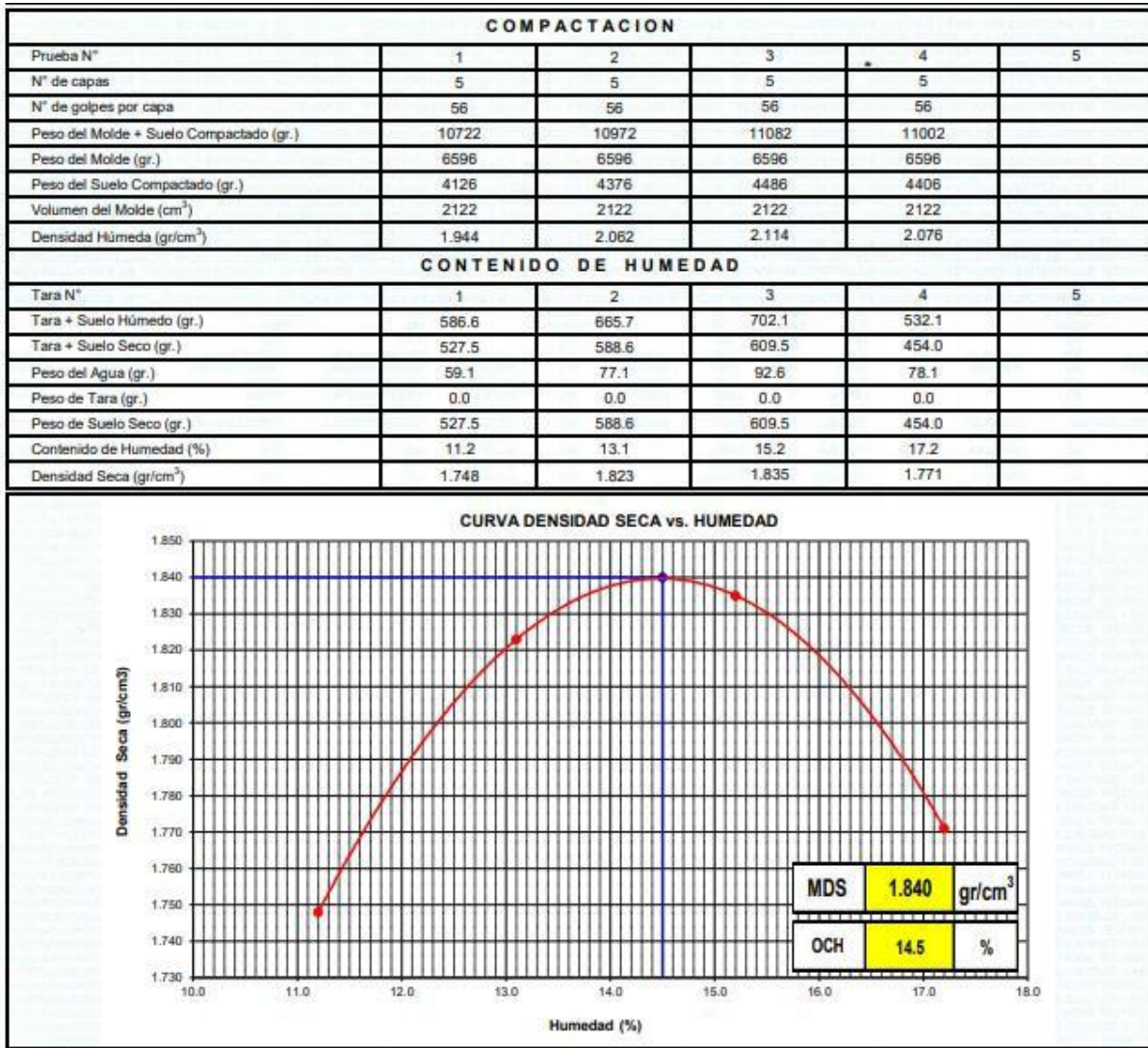


Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 33 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.840 gr/cm³.

- **Muestra 3:**

Tabla 34. Proctor modificado con aplicación de polímero sintético a 1.2cm muestra 3



Fuente: Laboratorio Tecnovías

Teniendo como resultado según la Tabla 34 que el óptimo contenido de humedad es 14.5% y la máxima densidad seca es 1.840 gr/cm³.

- CBR:
- Muestra 1:

Tabla 35: Ensayo CBR compactación y penetración

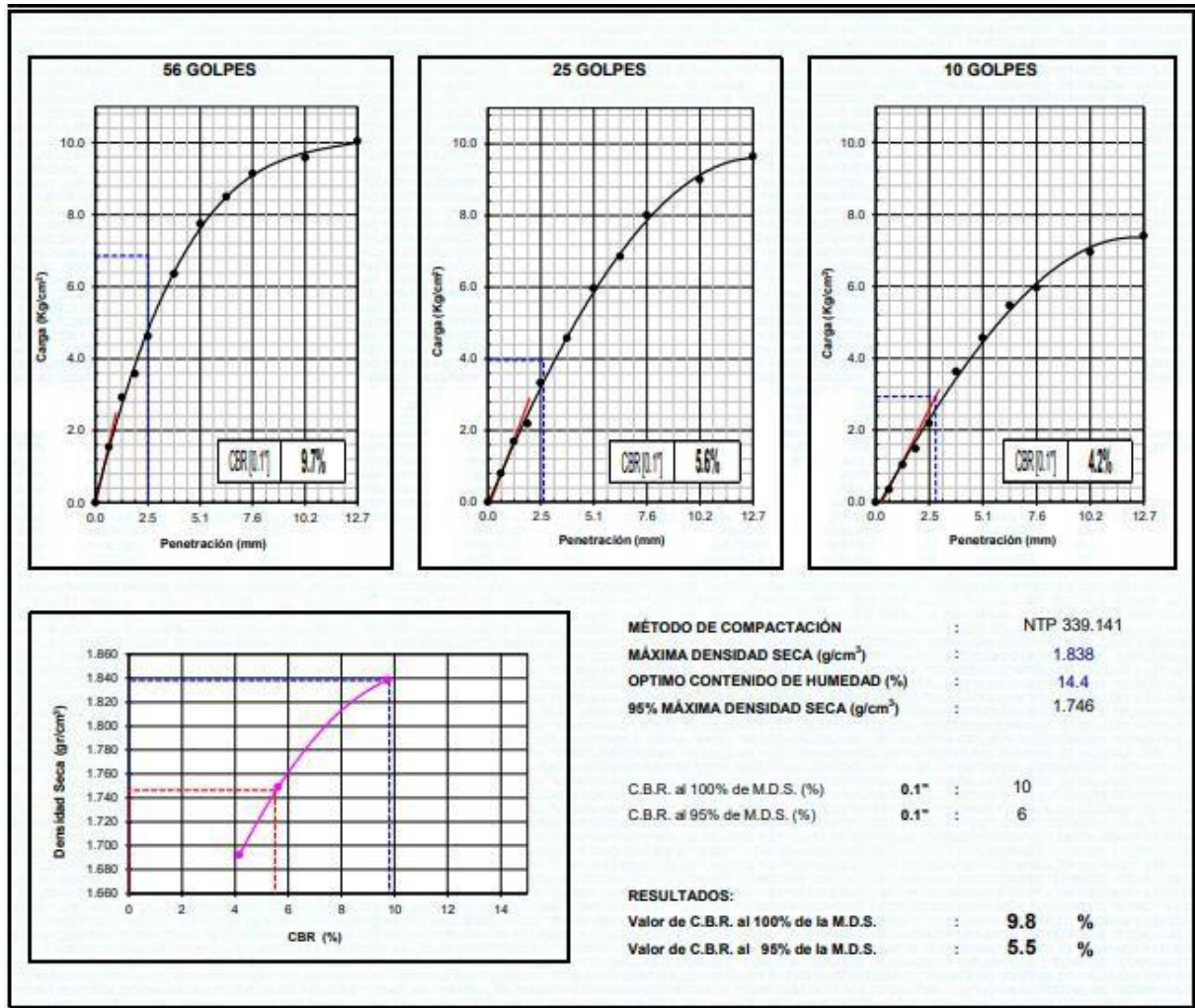
COMPACTACIÓN													
Molde N°	9		11		14								
Capas N°	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12433	12510	12548	12660	12533	12655							
Peso de molde (g)	7529	7529	7715	7715	7823	7823							
Peso del suelo húmedo (g)	4904	4981	4833	4945	4710	4832							
Volumen del molde (cm ³)	2332	2332	2416	2416	2433	2433							
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.136	2.000	2.047	1.936	1.986							
Tara (N°)													
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.6	602.2	854.5	774.5	653.3	552.2							
Peso suelo seco + tara (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6							
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Peso de agua (g)	67.0	91.0	107.6	118.1	82.2	93.6							
Peso de suelo seco (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6							
Contenido de humedad (%)	14.4	17.8	14.4	18.0	14.4	20.4							
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.813	1.749	1.735	1.692	1.650							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		31	1.5			16	0.8			7	0.3		
1.270		59	2.9			34	1.7			21	1.0		
1.905		72	3.6			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	93	4.6	6.9	9.7	67	3.3	4.0	5.6	44	2.2	2.9	4.2
3.810		128	6.4			92	4.6			73	3.6		
5.080	105.7	156	7.8			120	6.0			92	4.6		
6.350		171	8.5			138	6.9			110	5.5		
7.620		184	9.2			161	8.0			120	6.0		
10.16		193	9.6			181	9.0			140	7.0		
12.70		202	10.0			194	9.6			149	7.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 35 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 9.7%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 5.6% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.2%.

Tabla 36: Ensayo CBR%



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 36 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 36 se obtuvo 5.5 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

- Muestra 2:

Tabla 37: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN										
Molde N°	A				C				D	
Capas N°	5				5				5	
Golpes por capa N°	56				25				10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12438	12534		12525	12609		12451	12571		
Peso de molde (g)	7531	7531		7733	7733		7875	7875		
Peso del suelo húmedo (g)	4907	5003		4792	4876		4576	4696		
Volumen del molde (cm ³)	2329	2329		2405	2405		2422	2422		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.107	2.148		1.993	2.027		1.889	1.939		
Tara (N°)										
Peso suelo húmedo + tara (g)	566.3	865.2		754.2	522.7		653.3	556.7		
Peso suelo seco + tara (g)	494.6	736.3		658.7	443.0		570.6	463.9		
Peso de tara (g)	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		
Peso de agua (g)	71.7	128.9		95.5	79.7		82.7	92.8		
Peso de suelo seco (g)	494.6	736.3		658.7	443.0		570.6	463.9		
Contenido de humedad (%)	14.5	17.5		14.5	18.0		14.5	20.0		
Densidad seca (g/cm ³)	1.840	1.828		1.740	1.718		1.650	1.616		

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

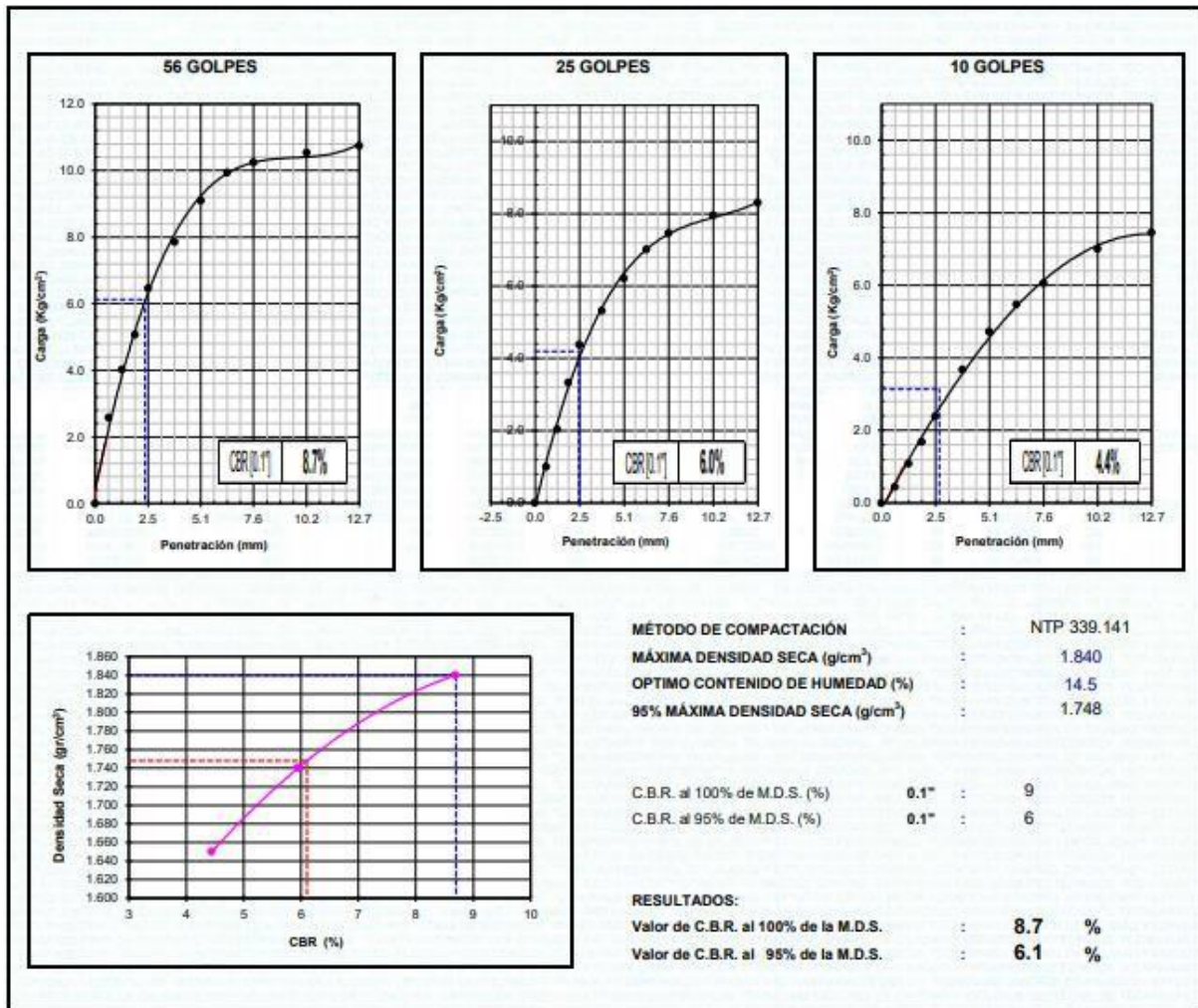
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		52	2.6			20	1.0			9	0.4		
1.270		81	4.0			41	2.0			22	1.1		
1.905		102	5.1			67	3.3			34	1.7		
2.540	70.5	130	6.5	6.1	8.7	88	4.4	4.2	6.0	48	2.4	3.1	4.4
3.810		158	7.9			107	5.3			74	3.7		
5.080	105.7	183	9.1			125	6.2			95	4.7		
6.350		200	9.9			141	7.0			110	5.5		
7.620		206	10.2			150	7.5			122	6.1		
10.16		212	10.5			160	8.0			141	7.0		
12.70		216	10.7			167	8.3			150	7.5		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 37 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 8.7%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 6.0% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.4%.

Tabla 38: Ensayo CBR %



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 38 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 38 se obtuvo 6.1 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR mayor a 6% es considerado una subrasante regular teniendo así los polímeros sintéticos con botellas plásticas influyen significativamente en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Los Olivos 2020.

- **Muestra 3:**

Tabla 39: Ensayo CBR compactación y penetración

COMPACTACIÓN						
Molde N°	9		11		14	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12433	12510	12548	12660	12533	12655
Peso de molde (g)	7529	7529	7715	7715	7823	7823
Peso del suelo húmedo (g)	4904	4981	4833	4945	4710	4832
Volumen del molde (cm ³)	2332	2332	2416	2416	2433	2433
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.103	2.136	2.000	2.047	1.936	1.986
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	532.6	602.2	854.5	774.5	653.3	552.2
Peso suelo seco + tara (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua (g)	67.0	91.0	107.6	118.1	82.2	93.6
Peso de suelo seco (g)	465.6	511.2	746.9	656.4	571.1	458.6
Contenido de humedad (%)	14.4	17.8	14.4	18.0	14.4	20.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.838	1.813	1.749	1.735	1.692	1.650

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO HORAS	LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DEL DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

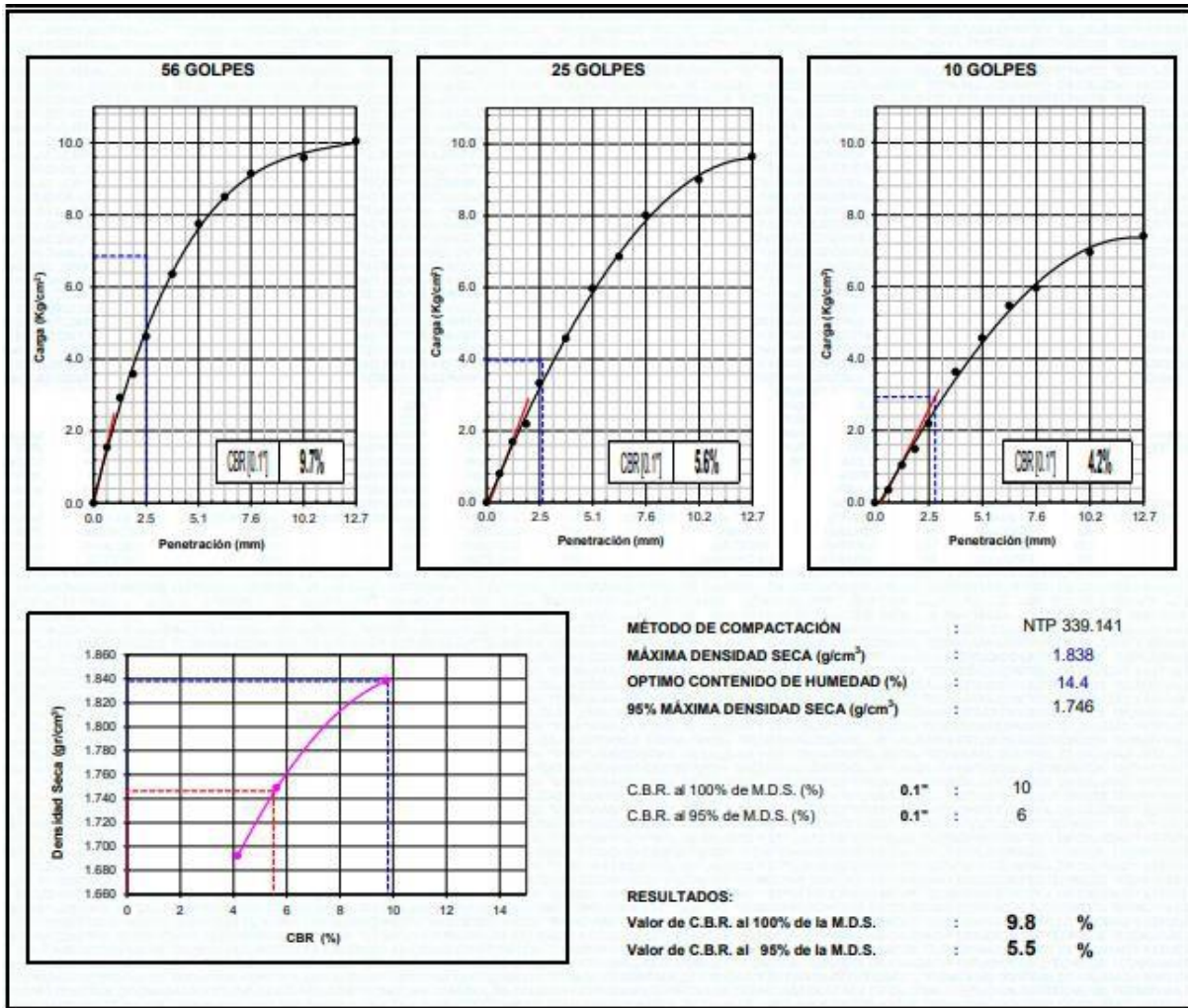
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN Milímetros	CARGA ESTÁNDAR kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		31	1.5			16	0.8			7	0.3		
1.270		59	2.9			34	1.7			21	1.0		
1.905		72	3.6			44	2.2			30	1.5		
2.540	70.5	93	4.6	6.9	9.7	67	3.3	4.0	5.6	44	2.2	2.9	4.2
3.810		128	6.4			92	4.6			73	3.6		
5.080	105.7	156	7.8			120	6.0			92	4.6		
6.350		171	8.5			138	6.9			110	5.5		
7.620		184	9.2			161	8.0			120	6.0		
10.16		193	9.6			181	9.0			140	7.0		
12.70		202	10.0			194	9.6			149	7.4		

Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 39 se muestra los valores obtenidos de peso húmedo, contenido de humedad % y densidad seca. Dado que estos valores nos ayudarán para determinar el valor del CBR de nuestra muestra de suelo.

Así mismo, muestra los valores de expansión de la muestra de suelo, donde en el molde N° 1 de 56 golpes presenta 9.7%, molde N° 2 de 25 golpes presenta 560% molde N° 3 de 10 golpes presenta 4.2%.

Tabla 40: Ensayo CBR



Fuente: Laboratorio Tecnovías

En la Tabla 40 se observa los resultados obtenidos del ensayo C.B.R realizado a la muestra de suelo con aplicación del polímero sintético a 2cm de profundidad, donde se utilizó la medida de 0.1" de penetración para determinar el % de C.B.R ,así como se muestra en la Tabla 40 se obtuvo 5.5 % al 95% MDS y según el Manual de Carreteras un CBR menor a 6% es considerado una subrasante pobre teniendo así que proceder a estabilizarlo.

Resumen de resultados:

Los resultados se obtuvieron según la NTP 339.141.

Tabla 41. CBR con polímero sintético a diferentes profundidades

MUESTRAS	CBR 95%			PROMEDIO
Suelo natural	4.4	4.4	4.7	4.50
Aplic. Geos. a 2 cm	5.0	5.1	5.2	5.10
Aplic. Geos. a 1.2 cm	5.5	5.5	6.1	5.70

D. Ensayo para el polímero sintético con botellas plásticas:

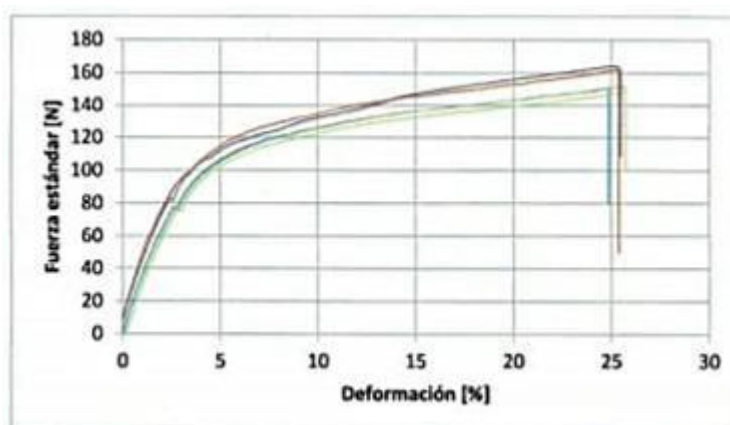
- Resistencia a la rotura y elongación (2% y 5%)

Tabla 42. Ensayo de tracción y elongación longitudinal

Medición	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
Resistencia de Rotura Longitudinal, N	151.0	152.1	148.3	164.2	162.1	155.5
% Elongación	24.7	25.5	25.4	25.1	25.0	25.1
Resistencia longitudinal al 2% de deformación, N	64.3	59.9	58.5	73.4	73.4	65.9
Resistencia longitudinal al 5% de deformación, N	106.2	105.1	102.4	112.4	113.8	108.0

Fuente: Slab

Tabla 43. Gráficas Fuerza – Deformación Longitudinal



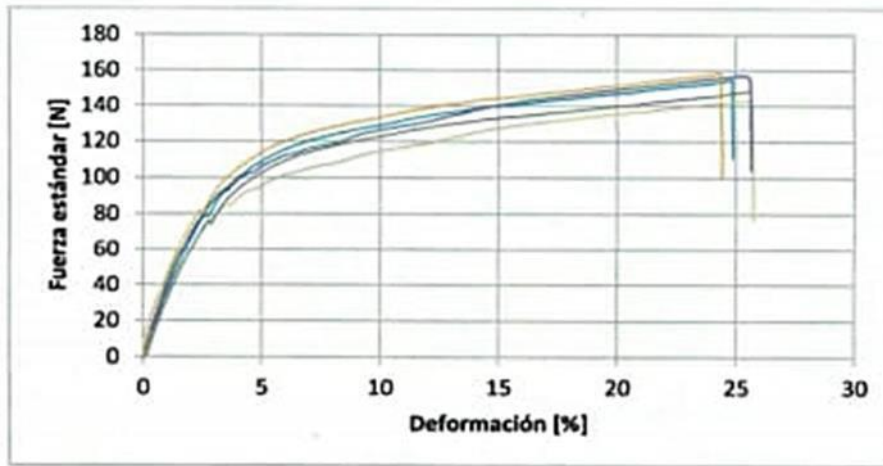
Fuente: Slab

Tabla 44. Ensayo de tracción y elongación transversal

Medición	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
Resistencia de Ruptura Transversal, N	154.7	142.7	148.5	157.0	158.7	152.3
% Elongación	24.6	25.5	25.6	25.2	24.1	25.0
Resistencia Transversal al 2% de deformación, N	65.9	60.5	60.0	68.7	72.6	65.5
Resistencia Transversal al 5% de deformación, N	108.9	95.8	102.5	106.1	113.8	105.4

Fuente: Slab

Tabla 45. Gráficas Fuerza – Deformación Transversal



Fuente: Slab

- **Cálculos a partir de los resultados:**

❖ **Tamaño de muestra llevada al laboratorio: 1 m²**

Dimensiones:

Longitudinal: 2.5 cm

Transversal: 3.05 cm

Costillas: 4 mm

❖ **Muestra tomada para someter a la Máquina Universal de Ensayos: 10**

probetas de 66.43 cm² (0.6642 m²)

Ancho: 7.3 cm (0.073m)

Largo: 9.1 cm (0.091m)

A. Ensayo de tracción y elongación – Dirección longitudinal

Resistencia a la rotura longitudinal: 155.5 N

Elongación: 25.1 %

Fórmula para hallar la longitud final:

$$\%E = \frac{l_f - l_o}{l_o}$$

- %E: Porcentaje de elongación
- Lf: Longitud final
- Lo: Longitud inicial

Cálculo para la longitud final:

$$0.251 = \frac{l_f - 7.3 \text{ cm}}{7.3 \text{ cm}}$$

$$9,1323 \text{ cm} = l_f$$

Diferencia de longitud inicial y final:

$$9,1323 - 7.3 = 1.8323 \text{ cm}$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{155.5 \text{ N}}{0.0183 \text{ m}} = 8497.2677 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 8.4972 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia longitudinal al 2% de deformación: 65.9 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 1.8323 cm

$$0.02 = \frac{l_f - 1.8323 \text{ cm}}{1.8323 \text{ cm}}$$

$$1.8689 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{65.9 \text{ N}}{0.01868 \text{ m}} = 3527.837 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 3.5278 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia longitudinal al 5% de deformación: 108.0 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 1.8323 cm

$$0.05 = \frac{l_f - 1.8323 \text{ cm}}{1.8323 \text{ cm}}$$

$$1.9239 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{108.0 \text{ N}}{0.0192 \text{ m}} = 5625 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 5.625 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

B. Ensayo de tracción y elongación – Dirección transversal

Resistencia a la rotura transversal: 152.3 N

Elongación: 25 %

Fórmula para hallar la longitud final:

$$\%E = \frac{l_f - l_o}{l_o}$$

- %E: Porcentaje de elongación
- l_f : Longitud final
- l_o : Longitud inicial

Cálculo para la longitud final:

$$0.25 = \frac{l_f - 9.1 \text{ cm}}{9.1 \text{ m}}$$
$$11.375 \text{ cm} = l_f$$

Diferencia de longitud inicial y final:

$$11.375 - 9.1 = 2.275 \text{ cm}$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{152.3 \text{ N}}{0.02275 \text{ m}} = 6694.505 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 6.694 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia transversal al 2% de deformación: 65.5 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 2.275 cm

$$0.02 = \frac{l_f - 2.275 \text{ cm}}{2.275 \text{ cm}}$$
$$2.3205 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{65.5 \text{ N}}{0.02332 \text{ m}} = 2808.74 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 2.8087 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resistencia transversal al 5% de deformación: 105.4 N

Elongación anterior: 25.1%

Longitud final anterior: 2.275 cm

$$0.05 = \frac{l_f - 2.275 \text{ cm}}{2.275 \text{ cm}}$$

$$2.3887 \text{ cm} = l_f$$

Resistencia expresada en kN/m:

$$\frac{105.4 \text{ N}}{0.02388 \text{ m}} = 4413.7353 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0.001 \text{ Kn} = 4.4137 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Tabla 46. Cuadro comparativo de geomallas

CUADRO COMPARATIVO					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		Método de prueba	Unidad	Valores nominales	
				Longitudinal (MD)	Transversal (TD)
GEOAMALLA BIAxIAL BX1500 (TENSAR)	Características geométricas	Dimensiones de abertura	mm	25	30.5
		Espesor de costillas	mm	1.78	1.78
	Características mecánicas	Resistencia última a la tracción	kN/m	27	30
		Resistencia a la tracción al 2% de deformación	kN/m	8.5	10
		Resistencia a la tracción al 5% de deformación	kN/m	17.5	20
GEOMALLA DE POLÍMEROS SINTÉTICOS CON BOTELLAS PLÁSTICAS	Características geométricas	Dimensiones de abertura	mm	25	30.5
		Espesor de costillas	mm	4	4
	Características mecánicas	Resistencia última a la tracción	kN/m	8.49	6.69
		Resistencia a la tracción al 2% de deformación	kN/m	3.52	2.80
		Resistencia a la tracción al 5% de deformación	kN/m	5.62	4.41

Fuente: Elaboración propia

E. RENTABILIDAD:

Se procedió a realizar el presupuesto para evaluar la rentabilidad de los polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos teniendo como presupuesto base la Geomalla biaxial de la empresa Tensar.

Tabla 47. Datos de la calle Fortaleza

Datos		Área a estabilizar(m2)
Ancho (m)	4	252
Largo (m)	63	

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 47 muestra el área de la Calle Fortaleza, la cual tiene un ancho de 4m y de largo 63m, obteniendo así con total de 252m² a estabilizar.

– **Geomalla biaxial Tensar:**

Tabla 48. *Datos de la geomalla biaxial*

Geomalla biaxial Tensar	Área total (m ²)	Precio U. S/.	Parcial (S/.)
	252	S/.8.75	S/./2,205.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48 se observa que según la empresa Tensar para el área de la calle Fortaleza el costo del m² es de S/. 8.75 por lo tanto para los 252m² la Geomalla biaxial tendrá un costo de S/./2,205.00.

– **Polímero sintético con botellas plásticas**

Tabla 49. *Cálculo de cantidad de botellas plásticas*

Botellas de 7 Lt	N° Botellas/m ²	Área total (m ²)	N° total de botellas
	4	252	1008

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 49 se obtuvo que para la elaboración de la geomalla de polímeros sintéticos se utilizaron 4 botellas de 7 Lt para 1 m², por lo tanto, para el área de 252 m² a estabilizar de la calle Fortaleza se necesitará de 1008 botellas de 7 Lt.

Tabla 50. *Presupuesto de botellas plásticas*

Botellas plásticas	Cant botellas	Peso de 1 botella (Kg)	Precio (S/.) de 1 Kg	Peso total (Kg)	Precio total (S/.)
	1008	0.1	0.7	100.8	70.56

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 50 se obtuvo el costo del 1 kg de botellas plásticas es de S/./0.70, y el peso por cada botella de 7Lt es de 0.1 Kg, por lo tanto, al multiplicar la

el N° de botellas por el peso de cada una se obtuvo el peso total de 100.8 Kg y al multiplicar por su precio unitario se obtuvo un costo total de S/. 70.56.

Tabla 51. *Presupuesto total de polímeros sintéticos con botellas plásticas*

Botellas plásticas	Precio S/.
Material C/desperdicio (10%)	77.616
Mano de obra C/U	300
Equipos y herramientas	50
COSTO DIRECTO	427.616
IGV (18%)	76.971
TOTAL	504.59

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 51 se obtuvo el precio total de las geomallas de polímeros sintéticos con botellas plásticas, en donde se consideró todos los gastos que conllevará elaborar esta malla.

Tabla 52. *Presupuesto total de Geomalla Tensar vs geomalla de polímeros sintéticos con botellas plásticas*

NOMBRE	Precio (S/.)
Geomalla biaxial Tensar	2205
Geomalla biaxial de botellas plásticas	504.59

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 52 se realizó un cuadro comparativo de precios, donde se puede observar la diferencia en gastos al adquirir una geomalla industrial como la de Tensar y otra elaborada de material reciclado como las botellas plásticas para una determinada área de la calle Fortaleza (252 m2).

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Luego de obtener los resultados del ensayo CBR se procedió a el análisis estadístico mediante el software SPSS.

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 53. Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RESULTADO	,385	3	.	,750	3	,000
RESULTADOFINAL	,241	3	.	,974	3	,688

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 53 tenemos un nivel de significancia igual a 0.688 aplicando Shapiro-Wilk.

Tabla 54. Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	RESULTADO	4,500	3	,1732	,1000
	RESULTADOFINAL	5.333	3	.7095	.4096

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 54 obtuvimos una desviación estándar en el resultado final de 0.70095 y la media de error estándar de 0.4096.

Tabla 55. Correlaciones de muestras emparejadas

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 RESULTADO & RESULTADOFINAL	3	-,773	,437

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Análisis estadístico t-student para los ensayos de geomalla biaxial

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
RESULTADO	Media		4,500	,1000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,070	
		Límite superior	4,930	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		4,400	
	Varianza		,030	
	Desviación estándar		,1732	
	Mínimo		4,4	
	Máximo		4,7	
	Rango		,3	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,732	1,225
	Curtosis		.	.
RESULTADOFINAL	Media		5,333	,4096
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,571	
		Límite superior	7,096	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		5,200	
	Varianza		,503	
	Desviación estándar		,7095	
	Mínimo		4,7	
	Máximo		6,1	
	Rango		1,4	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		,816	1,225
	Curtosis		.	.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos se demuestra que existe una diferencia significativa en las medias de la aplicación de la geomalla biaxial de botellas plásticas.

Dados los resultados se procedió a contestar las hipótesis:

- ❖ H0: La incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas, será favorable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.
- ❖ H1: La incorporación de polímeros sintéticos con botellas plásticas, no será favorable en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Según nuestro análisis estadístico mediante el programa SPSS, se halló un nivel de significancia de 0.688 el cual es mayor a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna.

V. DISCUSIÓN:

- De acuerdo a los ensayos elaborados en nuestro informe de investigación estamos de acuerdo con los autores Cuellar y Vega (2020) ya que se realizó los ensayos de calidad a los polímeros sintéticos con botellas plásticas, en específico el ensayo de resistencia a la rotura y elongación.
- En relación a nuestros resultados presentados estamos de acuerdo con los autores Cuellar y Vega (2020) ya que se analizó la rentabilidad siendo así favorable para el medio ambiente y para el presupuesto de una estabilización de subrasante ya que usaron para 266 botellas de 3 litros para un pavimento de 3.5mx3.5m teniendo como resultado un presupuesto económico al implementar las botellas plásticas.

VI. CONCLUSIONES

- Se demostró la influencia de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020, dado que a medida en que la colocación de la geomalla se aproxima a la superficie la subrasante va aumentando su capacidad de soporte.
- Se determinó la capacidad de soporte al incluir los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020, teniendo como resultado que en la altura del polímero sintético con botellas plásticas en la subrasante a los 2 cm arrojó un CBR de 5.2% y a 1.2 cm arrojó un CBR de 6.1%. Como se puede observar a la altura de 1.2 cm se obtiene un CBR mayor a 6%, que según el Manual de Carreteras se considera una subrasante regular, es decir si existe una mejora en la estabilización de una subrasante de suelos arcillosos ya que inicialmente tenía un CBR de 4.4% que es un suelo pobre y al incluir los polímeros sintéticos pasó a un suelo regular.
- Se calculó la resistencia a la rotura y elongación al 2% y 5% de deformación de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en los suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020 obteniendo, así como resultado una resistencia longitudinal al 2% de deformación de 3.5278 kN/m y en el 5% una resistencia longitudinal de 5.625 kN/m. En cuanto a la resistencia transversal al 2% se obtuvo 2.8087 kN/m al 5% un 4.4137 kN/m. Constatando nuestro resultado con la ficha técnica BX 1500 de Tensar de geomallas de polipropileno tiene una mayor resistencia a la elaborada en la tesis, puesto que la de Tensar tiene en la dirección longitudinal en el 2% una resistencia de 8.5 kN y al 5% tiene un 17.5 kN, en cuanto a la dirección transversal tiene una resistencia al 2% de 10 kN y al 5% de 20kN.
- Se analizó la rentabilidad de los polímeros sintéticos con botellas plásticas en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020 generando así una concientización al cuidado del medio ambiente y la innovación de nuevos productos estabilizantes.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar botellas de distintos tamaños.
- Realizar un estudio socioeconómico para la producción de los polímeros con botellas plásticas a mayor escala.
- Se recomienda aplicar la geomalla de botellas plásticas en distintos tipos de suelos inadecuados ($CBR < 6\%$) para poder diferenciar su funcionamiento.
- Realizar ensayo para la determinación de la permeabilidad al agua de los geotextiles por medio de la permitividad puesto que la geomalla se verá expuesta a diversas condiciones climáticas y geológicas.
- Investigar y crear máquinas cortadoras mucho mas prácticas para la elaboración de las tiras de botellas plásticas.

