



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando
plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco,
2023.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORA:

Carrasco Bañares, Carla Jhoana (orcid.org/0000-0001-6541-7219)

ASESOR:

Ing. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible, y adaptación al cambio climático

CALLAO – PERÚ

2023

Dedicatoria

A dios por llenar mi vida de dicha, muchas bendiciones, y darme fortaleza para seguir adelante.

Esta investigación también está dedicado a mis padres, por su amor permanente, cariño, comprensión y apoyo incondicional durante mis años de estudio; a mis hermanas, tía, prima y a mi persona muy especial que llego a mi vida y me enseñó muchas cosas y que fue mi motivación para dar este gran pasó, me brindaron su confianza para lograr mis metas y objetivos.

La autora

Agradecimiento

Agradezco al Señor de los Milagros en primer lugar por permitirme culminar con mi carrera, por fortalecerme todos los días y por permitirme creer en mí misma, a mis padres por su apoyo incondicional en todo este proceso, a mi tía Mirian que me oriento y me brindo sus consejos en todo momento, a mis hermanas que fueron mi motor y motivo para salir adelante y ser su gran ejemplo, a Diego que me apoyo y me brindo toda su confianza y me aconsejo en el proceso de esta investigación. A mi asesor que me ayudó y brindó todos sus conocimientos durante esta investigación

La autora

Declaratoria de Autenticidad del Asesor



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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis titulada: "Estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.", cuyo autor es CARRASCO BAÑARES CARLA JHOANA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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, 20 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
GERARDO ENRIQUE CANCHO ZUÑIGA DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 20-12-2023 11:24:44

Código documento Trilce: TRI - 0702350

Declaratoria de Originalidad del Autor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CARRASCO BAÑARES CARLA JHOANA estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES DNI: 71597014 ORCID: 0000-0001-6541-7219	Firmado electrónicamente por: CACARRASCOBAU01 el 20-12-2023 15:28:22

Código documento Trilce: TRI - 0702348

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor.....	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras.....	ix
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	5
III.- METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación:	12
3.2. Variables y Operacionalización:	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	15
3.5. Procedimientos:.....	17
3.6. Método de análisis de datos:.....	17
3.7. Aspectos éticos:	19
IV.- RESULTADOS	20
V.- DISCUSIÓN	67
VI.- CONCLUSIONES	70
VII.- RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	79

Índice de tablas

Tabla 1 Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la calicata N°1.....	20
Tabla 2 Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la calicata N°2.....	21
Tabla 3 Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la calicata N°3.....	23
Tabla 4 Resultados obtenidos del límite plástico de la muestra de la calicata N°1.....	25
Tabla 5 Resultados obtenidos del límite plástico de la muestra de la calicata N°2.....	26
Tabla 6 Resultados obtenidos del límite plástico de la muestra de la calicata N°3.....	27
Tabla 7 Resultados obtenidos del límite líquido de la muestra de la calicata N°1.....	28
Tabla 8 Resultados obtenidos del límite líquido de la muestra de la calicata N°2.....	29
Tabla 9 Resultados obtenidos del límite líquido de la muestra de la calicata N°3.....	30
Tabla 10 Clasificación de suelos de la calicata N° 1, N° 2 y N°3.....	31
Tabla 11 Resultados obtenidos de contenido de humedad de la muestra de la calicata N°1.....	32
Tabla 12 Resultados obtenidos de contenido de humedad de la muestra de la calicata N°2.....	33
Tabla 13 Resultados obtenidos de contenido de humedad de la muestra de la calicata N°3.....	34
Tabla 14 Contenido de humedad óptimo (cho), máxima densidad seca (mds) de la calicata N° 1 con adición de distintas proporciones de pet.....	35
Tabla 15 Contenido de humedad óptimo (cho), máxima densidad seca (mds) de la calicata N° 2 con adición de distintas proporciones de pet....	37

Tabla 16 Contenido de humedad óptimo (cho), máxima densidad seca (mds) de la calicata N° 3 con adición de distintas proporciones de pet	40
Tabla 17 Datos de compactación	42
Tabla 18 Datos de esponjamiento	43
Tabla 19 Datos de ensayo de penetración	44
Tabla 20 Datos de compactación	47
Tabla 21 Datos de esponjamiento	47
Tabla 22 Datos de ensayo de penetración	48
Tabla 23 Datos de compactación	51
Tabla 24 Datos de esponjamiento	51
Tabla 25 Datos de ensayo de penetración	52
Tabla 26 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	55
Tabla 27 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	56
Tabla 28 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	57
Tabla 29 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	58
Tabla 30 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	59
Tabla 31 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	60
Tabla 32 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	61
Tabla 33 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	62
Tabla 34 resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	63
Tabla 35 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	64
Tabla 36 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	64
Tabla 37 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo.....	66

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Curva granulométrica de la calicata N°1	21
Figura 2 Curva granulométrica de la calicata N°2	23
Figura 3 Curva granulométrica de la calicata N°3	24
Figura 4 Límite plástico de la calicata N°1	25
Figura 5 Límite plástico de la calicata N°2	26
Figura 6 Límite plástico de la calicata N°3	27
Figura 7 Límite líquido de la calicata N°1	28
Figura 8 Límite líquido de la calicata N°2	29
Figura 9 Límite líquido de la calicata N°3	30
Figura 10 Contenido de humedad de la calicata N°1	32
Figura 11 Contenido de humedad de la calicata N°2	33
Figura 12 Contenido de humedad de la calicata N°3	34
Figura 13 Proctor modificado calicata N°1 con adición de pet del 0%, 2%, 4%,6%.	36
Figura 14 Proctor modificado calicata N°2 con adición de pet del 0%, 2%, 4%,6%.	39
Figura 15 Proctor modificado calicata N°3 con adición de pet del 0%, 2%, 4%,6%.	41
Figura 16 Curva de penetración	45
Figura 17 Curva densidad seca vs cbr	46

Figura 18 Curva de penetración	49
Figura 19 Curva densidad seca vs cbr	50
Figura 20 Curva de penetración	53
Figura 21 Curva densidad seca vs cbr	54
Figura 22 Resistencia vs dosificación	55
Figura 23 Resistencia vs dosificación	56
Figura 24 Resistencia vs dosificación	57
Figura 25 Resistencia vs dosificación	58
Figura 26 Resistencia vs dosificación	59
Figura 27 Resistencia vs dosificación	60
Figura 28 Resistencia vs dosificación	61
Figura 29 Resistencia vs dosificación	62
Figura 30 Resistencia vs dosificación	63
Figura 31 Resistencia vs dosificación	64
Figura 32 Resistencia vs dosificación	65
Figura 33 Resistencia vs dosificación	66

Resumen

En este estudio, la calidad del suelo se determinó cambiando las propiedades básicas del suelo añadiendo 2%, 4% y 6% de plástico PET a muestras de arcilla. La adición de este material plástico PET reciclado muestra que su impacto en el suelo arcilloso es significativo, ya que su compactación aumenta la resistencia al corte, lo que resulta en una mejor calidad del suelo. La arcilla natural contiene 0% de grava, que es la razón principal por la que es reconocida. Precisión utilizada para cambiar o estabilizar el terreno. El objetivo de este estudio es innovar y analizar la inclusión de productos reciclados para mejorar la calidad de los materiales de construcción y proteger nuestro medio ambiente mediante el reciclaje de plásticos y otros productos de un solo uso. Describe la problemática realidad de la zona de Tincuy pampa y la presencia de ciertas arcillas en la zona. Resume el contexto internacional y nacional relacionado con el tema elegido de mi investigación, en este caso la incorporación del plástico PET a la arcilla, con la justificación necesaria para complementar y sostener mi investigación. Describe el desarrollo y discusión de resultados de investigación relevantes y pruebas analíticas de muestras seleccionadas en el laboratorio.

Palabras clave: Estabilización, suelos arcillosos, plásticos PET

Abstract

In this study, soil quality was determined by changing the basic soil properties by adding 2%, 4% and 6% PET plastic to clay samples. The addition of this recycled PET plastic material shows that its impact on clay soil is significant, as its compaction increases shear resistance, resulting in better soil quality. Natural clay contains 0% gravel, which is the main reason it is recognized. Precision used to change or stabilize terrain. The objective of this study is to innovate and analyze the inclusion of recycled products to improve the quality of construction materials and protect our environment by recycling plastics and other single-use products. It describes the problematic reality of the Tincuypampa area and the presence of certain clays in the area. It summarizes the international and national context related to the chosen topic of my research, in this case the incorporation of PET plastic into clay, with the necessary justification to complement and sustain my research. Describes the development and discussion of relevant research results and analytical testing of selected samples in the laboratory.

Keywords : Stabilization, clay soils, PET plastics

I.- INTRODUCCIÓN

La estabilización del suelo es un método procedimental que se realiza para tener una modificación de las propiedades que posee un suelo determinado, para acrecentar la solidez del área o territorio y comprimir su indicador de flexibilidad, de tal forma que los suelos se puedan maniobrar al utilizar sus condiciones propias para alcanzar un aumento de dureza y estabilidad. (Valle, 2010). La estabilización del suelo es un proceso al que se someten los suelos arcillosos naturales en busca de mejorar sus propiedades: aumentando la resistencia, reduciendo la plasticidad, facilitando la construcción y reduciendo los problemas estructurales y de pavimentación. (Suárez, 2014). En la actualidad, la población mundial experimenta un crecimiento constante y se está produciendo una expansión territorial masiva que permite aumentar la demanda y el consumo de diversos productos industriales. Esto tiene serios efectos adversos en nuestro medio ambiente. Estos incluyen el tereftalato de polietileno, conocido como plástico PET, y el que se comercializa en forma de botellas, envases de plástico, etc. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las botellas como residuos de PET tardan unos 500 años en degradarse. (DPASR, 2001). La arcilla es un suelo cuyo volumen cambia dependiendo del contenido de agua, cuando ocurren cambios extremos, a esto se le llama suelo expansivo. (Wray, Addison, Struzy, 2019). Estos suelos se expanden y contraen debido a la presencia de minerales arcillosos como la esmectita. (Jones y Jefferson, 2012). Las esmécticas son un grupo conformado por la montmorillonita, una arcilla altamente expansiva que es el mayor problema en la construcción por presentar características de hinchamiento por hidratación y dispersión coloidal. (Nelson y Miller, 1992). El suelo arcilloso es pesado, no drena ni se seca fácilmente y tiene buenas reservas de nutrientes. Son considerados fértiles cuando están húmedas pero difíciles de trabajar en condiciones muy secas. (UNLP, 2010). En el sector de Tucumán se ha observado la problemática de diferentes tipos de agrietamientos, hundimientos, suelos secos que causan problemas en el proceso de construcción y esto se debe porque la subrasante en dichas zonas contiene un porcentaje significativo de arcilla, son suelos que tienen propiedades muy específicas en comparación con los suelos normales, lo que lleva a una menor

capacidad portante, lo que hace que la prueba CBR sea lo más notable en la este trabajo de investigación. Para la estabilización de las muestras obtenidas. El sector de Tincuypampa está creciendo rápidamente y este ha causado varios problemas en el camino, como el mal proceso de construcción, incremento presupuestal, las condiciones básicas de saneamiento se ven afectadas debido a que las vías de acceso presentan inestabilidad y falta de comunicación, insuficientes índices de seguridad teniendo como consecuencia bajos niveles de calidad para beneficiar al sector de Tincuypampa con proyectos. Es por eso que la habilitación de carreteras requiere una inversión muy costosa y de mayor impacto para que contribuyan a mejorar las condiciones del sector para comunicarse con otros grupos sociales y mejorar sus aspiraciones y su rentabilidad económica. Por lo tanto, el uso de plásticos PET permitirá mejorar las características físicas y el funcionamiento de los suelos de las zonas de Tincuypampa, y esta agregación nos dará acceso para el uso de estos PET, en donde el mayor porcentaje son descartados y dados de baja debida a la contaminación. Al incorporar los plásticos PET nos ayudara a mejorasí su calidad, su resistencia, la rigidez y su contenido de humedad. Debido a esta situación se formula la siguiente pregunta ¿Cómo es la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023?, justificación de la investigación: La necesidad de una sociedad de implementar materiales para mejorar los suelos y así tener mejores carreteras, viviendas. Ha generado un cambio en la visión de la ingeniería dentro de la habilitación de vías y utilización de suelos para edificación de viviendas sacando un mayor provecho a los diferentes tipos de suelo con los cuales nosotros podamos encontrarnos dentro de nuestro contexto sin embargo dentro de la ciudad del Cusco muchos de estos suelos no presentan unas características armoniosas para habilitación de carreteras ni para habilitación de viviendas Surge esta necesidad de buscar alternativas de solución para poner las estructuras en vías y así dar mejor calidad de vida a los pobladores de Tincuypampa. Es por eso que al ver esta necesidad este estudio de investigación busca demostrar y promover el uso de PET (plásticos reciclados) para fortalecer la estructura de suelos arcillosos de la subrasante del sector de Tincuypampa. Porque la utilización del PET permite el reusó de materiales desechables. Este estudio presenta como justificación técnica, la agregación del PET en los suelos arcillosos,

busca mejorar sus propiedades y su productividad, estabilizándolos y mejorando algunas de sus propiedades físicas como la compactación y también las propiedades mecánicas, siendo una estrategia de estabilización de suelos en experimentación como medida de prevención del cuidado medio ambiental. En cuanto a la justificación ambiental, es importante considerar que la utilización de los PET facilitaría y promovería su reutilización, desarrollando los criterios de reducción de contaminantes y promoviendo la conciencia ambiental. El uso de PET aumenta su estabilización mediante la incorporación de material de desecho, aumentando el impacto ambiental y mejorando la calidad del suelo del sector de Tincuy pampa del distrito Cachimayo, el sector se considera vulnerable al levantamiento de vías por la aparición de gigantescos trechos de suelos arcillosos, por el cual es indispensables para ser estabilizados para construcciones favorables. Con respecto a la justificación práctica, se efectuará la zonificación y ubicación de los pozos exploratorios (calicatas) a estudiar para incorporar los plásticos reciclados de PET a la arcilla, lo que a su vez mejorará las superficies de las carreteras, lo que ayudará a las empresas constructoras a adoptar este método, ayudando así a mejorar las carreteras y reducir la contaminación mediante el uso de los plásticos reciclados PET en nuestro ambiente. Con respecto a la justificación social, los plásticos PET pueden reciclarse para reducir la contaminación debido a su producción, consumo, bajo costo y versatilidad. Esto es esencial cuando se construyen obras viales. Debido a consideraciones económicas, ambientales y técnicas, para minimizar y compensar el movimiento del suelo tanto como sea posible, la investigación del suelo y la selección de los mejores estabilizadores son obligatorias. La ventaja de usar plástico PET reciclado es que es fácil de reciclar, y hay mucha facilidad de conseguirlo. Como objetivo general: Analizar cómo es la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuy pampa, Cusco, 2023. En objetivos específicos: Determinar la resistencia a la compresión uniaxial de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuy pampa, Cusco, 2023. Determinar la resistencia de corte directo de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuy pampa, Cusco, 2023. Establecer el grado de la compactación de Proctor de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuy pampa, Cusco, 2023. Hipótesis

general: Estabilización en la subrasante de suelos arcilloso es favorable utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023. Hipótesis Especificas: La resistencia a la compresión uniaxial de suelos arcillosos se favorece utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023. La resistencia de corte directo de suelos arcillosos se favorece utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023. La compactación de Proctor de suelos arcillosos se favorece utilizando plásticos reciclados PET triturado en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.

II.- MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales: López (2013) Durante su búsqueda para completar los requisitos del título de Ingeniero Civil en la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Colombia: Suelos arcillosos consolidados con materiales de plástico reciclado (PET). El propósito general de este estudio fue analizar cómo la adición de fibras de material plástico reciclado afecta la resistencia al corte de un suelo, utilizando un diseño metodológico cualitativo. Después de obtener los resultados de las características del suelo en cuestión, se determinó que la humedad óptima era del 21.52% en términos de granulometría, y que más del 50% de la muestra pasaba la malla #200, lo que indica que se trataba de una arcilla con ligera plasticidad (ML). En cuanto a la influencia de las fibras de PET, se observó que la adición de un 1.5% de fibras de 3.0cm incrementó la cohesión en 30.45kPa en comparación con otras muestras que contenían fibras de diferentes longitudes. Este estudio concluyó que la incorporación de fibras de polietileno tereftalato en porcentajes que oscilan entre el 0.2% y el 2.0% mejora el comportamiento del suelo arcilloso, ya que aumenta la cohesión y la relación esfuerzo-deformación. Albán. (2017) en su investigación para lograr el grado en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador: Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de bloques fabricados con PET sustituto de la piedra pómez (cascajo) y bloques con suelo arcilloso sustituyendo parcialmente el agregado fino. El objetivo general analizar y comparar la resistencia a la compresión de bloques fabricados con PET y suelo arcilloso, Se llevó a cabo un estudio comparativo en el que se reemplazó la piedra pómez juntamente con el agregado fino por plástico PET molido en diferentes proporciones (10%, 15% y 25%). Se realizaron ensayos de compresión en los bloques fabricados con cada proporción y se obtuvieron resistencias promediando en 19.09 así mismo 19.61 y concluyendo en 14.73 kg/cm², correspondientemente. Después de ser analizados los resultados, se logró concluir que la proporción óptima en términos de relación calidad-precio es de 15% de PET y 15% de arcilla, con un costo de fabricación de 0.31USD. Botero, Muñoz, Ossa & Romo (2014) en la revista de Ingeniería de la Universidad de Antioquía N° 70, México, pp. 219: Comportamiento mecánico del polietileno tereftalato (PET) y sus aplicaciones en geotecnia. El objetivo principal de este estudio fue demostrar cómo la reutilización de envases PET puede sustituir a los materiales ligeros convencionales utilizados en la construcción, mediante la

aplicación de una metodología descriptiva. Se ensayaron un total de 32 envases PET de diferentes tipos de forma individual, y se determinó su resistencia a la compresión. Se destacaron las muestras en el caso de plástico correspondiente a bebida carbonatada T16 y T20, así como los recipientes de agua T1, que lograron los mejores resultados comparado con los otros envases, con una máxima carga (N) / peso del envase de 661.39 también 508.65 y finalmente 438.61 N, respectivamente. Se concluyó que los recipientes PET simbolizan una excelente elección para la construcción de estructuras livianas, ya que su reutilización presenta conmutaciones reveladoras en el esfuerzo cedido al suelo respecto a sus discrepancias en el peso del volumen agrupado con su origen de carácter natural.

Muñoz Pérez, Liliana (2012) en su tesis de la Facultad de Ingeniería. Univ. Nacional Autónoma de México DF: Estudio del Uso del Polietileno Tereftalato (PET) como Material de Restitución en Suelos de Baja Capacidad de Carga. El principal objetivo de este estudio fue investigar el rendimiento del PET bajo carga de compresión estática mediante pruebas de laboratorio. Primero, se evaluaron varias botellas de PET para determinar cuáles tenían las mejores propiedades en términos de relación resistencia-peso, accesibilidad y deformación mínima. En la segunda etapa, las botellas se llenaron con bolsas de plástico y se compararon con botellas vacías. Finalmente, la tercera fase evalúa el comportamiento de los contenedores en diferentes configuraciones para determinar su resistencia individual y global.

Antecedentes nacionales: Ramos (2014) en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil en la UNC del Perú. Huancayo- Perú: Mejoramiento de subrasante de capacidad portante baja mediante polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014. El principal objetivo de este caso consistió en mejorar la capacidad de carga de la subrasante de una carretera con baja capacidad portante, utilizando polímeros reciclados. Se empleó una metodología cualitativa para llevar a cabo el estudio, obteniendo un contenido de humedad promedio del 21.125% en ambos tramos de la carretera. En términos de granulometría, se determinó que el tramo 01 tenía un 43.8% de limo y arcilla, mientras que el tramo 02 presentaba un 78.5% de limo y arcilla. Se concluyó que la subrasante con suelo arcilloso tenía una baja capacidad portante e inestabilidad volumétrica, y se cree que la adición de polímeros reciclados permitió aumentar en promedio un 26% el CBR. Esto se debe a la alta resistencia del material PET utilizado en el estudio. Mamani & Huaranca

(2013) en un artículo del XXI Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería en la Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo: Estabilización de suelos con fines de pavimentación, mediante el uso de reciclados polímeros. El propósito principal consiste en llevar a cabo un análisis de canteras mediante la inclusión de reciclados polímeros, siguiendo un enfoque descriptivo. Como resultado, se observó que los suelos arenosos estudiados contienen una cantidad significativa de arcilla, la cual representa el 25% de los materiales finos que pasan por la malla N° 200. Se concluyó que la adición de reciclados polímeros mejora las propiedades del suelo en las canteras evaluadas, incrementando su CBR en un promedio del 28%. Cuipal (2018); en su investigación para obtener el grado de Ingeniero: Estabilización de subrasante de suelo de carácter arcilloso usando polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018. El propósito principal del estudio fue examinar el impacto de la incorporación de polímeros sintéticos en la estabilización de la subrasante de un tramo de carretera que se extendía desde el km 4+500 hasta el km 4+900 de la carretera Chachapoyas - Huancas. El tramo se dividió en dos secciones: la primera presentaba suelos finos con alto contenido de arcilla de plasticidad media a elevada, mientras que la segunda sección mostraba contenido de limo arcillas de ligera plasticidad y bajo contenido de grava. Se determinó que la capacidad de soporte de ambas secciones, medida como el CBR al 95% de su densidad máxima seca, era inferior al 6%, lo que, según las normas del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), indica la necesidad de mejorar o reemplazar el suelo de la subrasante. Jara, Robinson (2014) en su tesis para obtener el grado Ingeniería Civil. UNC, 2014: Efecto de la Cal como Estabilizante de una Subrasante de Suelo Arcilloso. El propósito principal del estudio fue evaluar los efectos de la cal como agente estabilizador en un suelo arcilloso sobre la subrasante, con el fin de mejorar sus propiedades. Se llevaron a cabo pruebas con diferentes dosificaciones de cal, incluyendo 0% también 2% así mismo 4% y finalmente 6%. Los resultados indican que la adición de un 4% de cal produjo los mejores resultados, con un aumento del CBR del 11,48%. Arcilla: Es un tipo de roca sedimentaria duradera compuesta por agregados de aluminosilicatos hidratados que se forman por la meteorización de rocas que contienen feldespato. En su estado puro, la arcilla puede presentarse en diferentes colores, desde el rojo también el anaranjado y finalmente hasta el blanco,

dependiendo de las impurezas que contenga. Se define como partículas de carácter sólido con un inferior diámetro de 0,005 mm, y su masa se vuelve plástica al mezclarse con agua. (Ladrillera Mecanizada, 2021). Según el MTC (2013) la resistencia de la arcilla es un factor de riesgo para las estructuras de pavimento ya que es muy sensible al agua. (p.37). Las arcillas son depósitos de minerales como la humedad transformándose en plástico, formados por materiales muy finos, miden menos de 4 micras, por lo que su ingrediente primordial es el silicato de aluminio hidratado. (Angelone, 2014, p.5). Arena: Es uno de los principales agregados que componen las mezclas asfálticas. Recordemos que tanto el agregado como la piedra triturada tienen ciertas funciones, sin las cuales no se puede hacer asfalto en absoluto. La arena es un agregado fino, es decir, pasante del tamiz de 3/8" (9,5 mm), casi en su totalidad por el de malla 4 (4,75 mm), y en su mayor parte permanece en el de malla 4 (4,75 mm) 200 (0,075 mm). (Vise, 2023). Compactación: Este es el proceso de emplear energía sobre el suelo suelto, para así poder eliminar el espacio vacío, acrecentando así su densidad y por lo tanto su tonelaje de estabilidad y soporte entre otras características. Su finalidad es mejorar el rendimiento de las cualidades mecánicas de los suelos. (UNAM, 2013). Es un proceso mecánico mediante el cual se logran mejores propiedades en el suelo incluido en la construcción de la carretera para que la obra sea duradera y apta para su uso. (Moreno & Ramírez, 2012, p.33). Estabilización: Es el proceso donde se adaptarán normas a fin de perfeccionar las propiedades y características de un suelo. (Norma CE.020, 2006). Grava: Las rocas detríticas sedimentarias, llamadas gravas, son la separación natural o artificial de otras. Las astillas de grava tienen un diámetro de 2 a 64 mm y varían en composición química. Está principalmente compuesto por rocas con cuarzo y cuarcita. (Rocas y Minerales, 2016). La grava es uno de los materiales de construcción básicos en la industria de la construcción. La grava se forma por la descomposición natural de las rocas de la corteza terrestre, aunque también puede crearse por descomposición artificial. (Ferrex, 2022). Índice de plasticidad: Es una dimensión que representa el modelo de suelo según su plasticidad, cuanto mayor sea este, más arcilloso será el material estudiado. Determina el campo plástico del suelo y representa el porcentaje de humedad que requiere la arcilla para mantener su estado plástico. Este valor determina los parámetros de asentamiento del suelo y su capacidad de expansión. (Fonseca,

2001). Límite líquido: Cuando el suelo cambia de un estado semilíquido a un estado plástico, se pueden formar mohos. Porcentaje de humedad que cambia el suelo, a medida que disminuye su contenido de humedad, de una consistencia líquida a una consistencia plástica, o, a medida que aumenta el contenido de humedad, de una consistencia plástica a una consistencia líquida (FAO, 2013). Límite plástico: Es un parámetro fundamental en la caracterización de los suelos, ya que proporciona información sobre su capacidad de deformación y resistencia a las cargas. Además, el conocimiento del límite plástico es esencial para determinar la cantidad óptima de agua que se debe agregar a un suelo para lograr una adecuada compactación. En general, los suelos con límites plásticos bajos son más propensos a la deformación y la erosión, mientras que los suelos con límites plásticos altos son más resistentes y estables. Por lo tanto, es importante tener en cuenta el límite plástico al realizar proyectos de construcción y obras de ingeniería civil, ya que esto puede afectar significativamente el desempeño y la durabilidad de las estructuras construidas sobre el suelo. (Flores, 2009). Material fino: Este es un material clasificado por tamaño de grano fino, que se encuentra en limos y arcillas, con tamaños de grano entre 0,075-0,005 mm y menos de 0,005 mm. Los materiales finos se caracterizan por sus propiedades, color, transparencia (transparente, jaspeado, moteado, turbio y opaco) y colores de interferencia. Su origen puede ser genético o de formación del suelo, normalmente ambos. (Edafología, 2013). PET: El tereftalato de polietileno, también conocido como tereftalato de polietileno, es un material sintético termoplástico llamado poliéster que es fácil de trabajar para su reutilización y reciclaje. (Mariano, 2011). La resina PET de tereftalato de polietileno tiene las siguientes características: alta resistencia a la abrasión y corrosión, buena resistencia química y al calor, y también aprobado para productos en contacto con alimentos, lo que lo convierte en el plástico de grado A ampliamente utilizado en envases de bebidas y textiles. (Envaselia, 2018). Plástico PET: que es una abreviación de polietileno tereftalato, es un tipo de plástico polimérico compuesto por una combinación de etileno y paraxileno. Este material puede ser alterado mediante diferentes técnicas como la extrusión, el moldeo por inyección y el prensado en caliente. Debido a su alta transparencia y dureza, así como a su resistencia a la abrasión, productos químicos, impactos, desgarros y fuego, el PET es un material fibroso muy versátil. Además, es respetuoso con el medio ambiente

y completamente reciclable, y tiene un bajo impacto ambiental en los vertederos, ya que no emite sustancias tóxicas ni gases. Los objetos fabricados con polímero PET tienen el número "1" impreso en su base, y se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones, como en juguetes, cubiertas de cables, botellas, películas de embalaje, en la agricultura, entre otros, debido a su alta resistencia al desgaste, a la corrosión y a los productos químicos, así como su capacidad para soportar el calor. (López & Mendizábal, 2015, p.38). Está compuesto por petróleo crudo, aire y gas natural, de los cuales el mayor contenido es 64% petróleo, 13% aire y el resto son derivados del gas natural licuado. Se denomina material termoplástico al que puede ser procesado para que pueda ser fundido e incluso moldeado a altas y bajas temperaturas para obtener diversas formas, la mayoría de las cuales se utilizan en envases, plásticos de ingeniería, fibras, etc. materiales para la producción. (MINAM, 2018).

Subrasante: Sirve de base para todo el paquete productivo de construcción de pavimentos, ya sea rígido o flexible; pende de su masa para establecer el grosor del recubrimiento. La evaluación de esta capa se realiza utilizando la capacidad de carga bajo tráfico y la deformación por esfuerzo cortante como parámetros de referencia. (Montejo, 2002). Es una capa que forma parte de una estructura de pavimento rígido o flexible para un trayecto de paquete en alguna parte. La ingeniería geotécnica permite evaluar la capacidad portante de un camino en un lugar específico y las cargas que puede soportar, así como determinar su posible resistencia a las deformaciones de carga causadas por las cargas del tráfico. De esta forma, el subsuelo puede ser considerado como una capa baja esencial en el terreno natural, que debe reunir importantes condiciones para ser apto en su uso. Se convierte en un factor importante dentro del diseño de pavimentos, ya que su calidad está determinada por el espesor y el tipo de pavimento utilizado, ya sea rígido o flexible, además de otros aspectos que afectan claramente a la ingeniería geotécnica. (Linares, 2018). Gutiérrez (2010) menciona que, el espesor del revestimiento depende de la calidad del sustrato, ya que la capa utiliza la capacidad de carga o la resistencia a la deformación causada por esfuerzos cortantes bajo cargas de tráfico, es importante tener en cuenta la resistencia y cualquier cambio de volumen (hinchazón – retracción). (p.9).

Suelo: Esta capa es la más superficial de la Tierra y se conoce como corteza terrestre. Debido a su naturaleza dinámica, esta capa es responsable de la dinámica del planeta y sirve como una interfaz

crucial entre la atmósfera, la geosfera, la biosfera y la hidrosfera. Está en constante cambio y contiene todos los elementos esenciales para la vida en la Tierra. (Duque & Escobar, 2002). El suelo se define como un conjunto de partículas orgánicas e inorgánicas que no contienen ningún tejido. El nombre "suelo" es un término con diferentes conceptos, el más relevante de los cuales se refiere a la capa superior de la corteza terrestre, que permite a las plantas de nuestro planeta sustentar la vida de esta manera. Además, también se puede considerar como un grupo de partículas que están meteorizadas y representan todas las partes materiales de la tierra. Estas partículas pueden tener su origen en un grupo de residuos, como los que habilitan infraestructuras de transporte y son considerados críticos. Su efecto sobre la propulsión del agua, ya que juega un papel fundamental en su comportamiento mecánico. (Juárez, 2005)

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo

Intentar comprender, actuar, crear y transformar realidades problemáticas. La investigación aplicada se encuentra en todos los proyectos de construcción siempre que resuelva un problema (Borja, 2012, pág. 10).

Este diseño de investigación es del tipo aplicada de tal manera que trata de dar soluciones prácticas a problemas específicos utilizando los conocimientos adquiridos y el control sobre lo que sucede en el tiempo.

Diseño

Palli (2015) nos menciona que, la investigación experimental es una investigación que prueba una hipótesis mediante la manipulación deliberada de la variable independiente para probar el efecto del investigador sobre la variable dependiente. (p. 14)

De tal modo esta investigación es experimental porque manipularemos deliberadamente la variable independiente para ver su efecto en la variable dependiente. Los resultados se obtendrán a partir de ensayos de laboratorio sobre sustratos arcillosos en su estado natural con la adición de un 2%, 4% y 6% de plástico reciclado PET fundido y triturado. Se determinará la porción crítica del aditivo y se tomarán muestras a través de pozos de prueba para ser analizadas en el laboratorio.

Enfoque

Según Gómez (2006). Tiene la capacidad de recopilar información para comparar las variables que estudiamos, responder preguntas que surgen en nuestra investigación y probar hipótesis. (p.60). Es la razón por lo cual nuestra investigación es de enfoque cuantitativo porque al analizar las muestras por

separado, se pueden determinar las características de cada muestra y obtener de ellas la información necesaria para la investigación. Los métodos cuantitativos se refieren a la investigación basada en el análisis cuantitativo, por lo que se identifica el uso de los métodos anteriores.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable cuantitativa 1:

Estabilización de suelos arcillosos: Para poder mejorar su resistencia al corte, proporcionar estabilidad y así poder mejorar su comportamiento en la construcción de vías.

Variable Cuantitativa 2:

Incorporación del plástico PET triturado: Con sus propiedades mecánicas resistentes, como su dureza y rigidez la incorporación de PET nos contribuirá para nuestro suelo arcilloso para poder mejorar su resistencia, su estabilidad al corte en un corto, mediano y largo plazo.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población:

El término que describes se conoce como "población" en el contexto de la investigación científica. La población se refiere al conjunto completo de unidades de análisis que componen un fenómeno en particular y que son de interés para un estudio determinado. Estas unidades de análisis pueden ser personas, objetos, eventos, lugares o cualquier otra cosa que sea relevante para el fenómeno bajo investigación. La población debe ser cuantificada de manera precisa y adecuada para permitir la realización de una investigación rigurosa y representativa. (Rangel y Giler, 2010, p. 176).

La población de la presente investigación viene a ser todos los suelos arcillosos a nivel de la subrasante del sector de Tincuy pampa.

Muestra:

Es un subconjunto característico de una población que se selecciona para estudiar sus características o propiedades. (Tamayo, 2012, p. 176). En el caso, corresponde a la subrasante del sector de Tincuy pampa y se seleccionó considerando los tramos con presencia considerable de arcilla, siendo el tramo de km 14+000 a km 16+000 el más crítico para la realización de calicatas a una profundidad de 1.50 m. para la toma de muestras. La selección cuidadosa de una muestra es crucial para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados de la investigación.

Tabla 1

Muestras

TRAMO	CALICATAS	% DE PET TRITURADO
14 + 000KM	Calicata N°1	0% 2% 4% 6%
15 + 000KM	Calicata N°2	0% 2% 4% 6%
16+ 000KM	Calicata N°3	0% 2% 4% 6%

Fuente. Elaboración Propia

Muestreo:

Es un subconjunto característico de una población que se selecciona para estudiar sus características o propiedades. (Tamayo, 2012, p. 176). En el caso, corresponde a la subrasante del sector de Tincuy pampa y se seleccionó considerando los tramos con presencia considerable de arcilla, siendo el tramo de km 14+000 a km 16+000 el más crítico para la realización de calicatas a una profundidad de 1.50 m. para la toma de muestras. La selección cuidadosa de

una muestra es crucial para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados de la investigación

Unidad de análisis:

Según Balcells Junyent, Josep (1994), La unidad de análisis es el documento o pieza de comunicación que forma la base del estudio. De tal manera que la unidad de análisis de nuestra investigación es el Suelo cohesivo arcilloso de baja plasticidad.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas: (Llique, 2003), la observación es el procedimiento más efectivo en ingeniería. Primero se realizará una visita al sitio para determinar la ubicación de la sección.

Ubicando los tramos en mal estado, luego construimos una sección de investigación, seleccionamos puntos para las calicatas de prueba. 2 puntos serán para las calicatas. En el segundo paso, se excavará la calicata en el lugar indicado anteriormente; la extensión de excavación será de 1,50 m de hondura y 0,80 m de ancho, longitud 1,60 m.

Las muestras se transportan al laboratorio para estudios básicos y específicos para ayudar en el desarrollo de la investigación. Estas muestras se moverán con cuidado para no cambiar el contenido de humedad, lo que puede dar datos inexactos. Nuestros proyectos de investigación han sido lanzados al campo de observación y muestreo se demostrará como resultados de las pruebas CBR y Proctor modificado.

Instrumentos: Fichas reguladas por ensayo: Se puede utilizar para probar y evaluar las propiedades del suelo añadiendo y sin plástico PET.

Ficha de observación: Con esta herramienta, es posible evaluar y analizar claramente lo que se ve alrededor, del investigador porque te permite crear diferentes aspectos del terreno.

Ensayos normados en laboratorio: Estas pruebas se utilizarán para evaluar pozos de muestras de suelo para que se puedan conocer las principales características de las muestras con y sin plásticos PET.

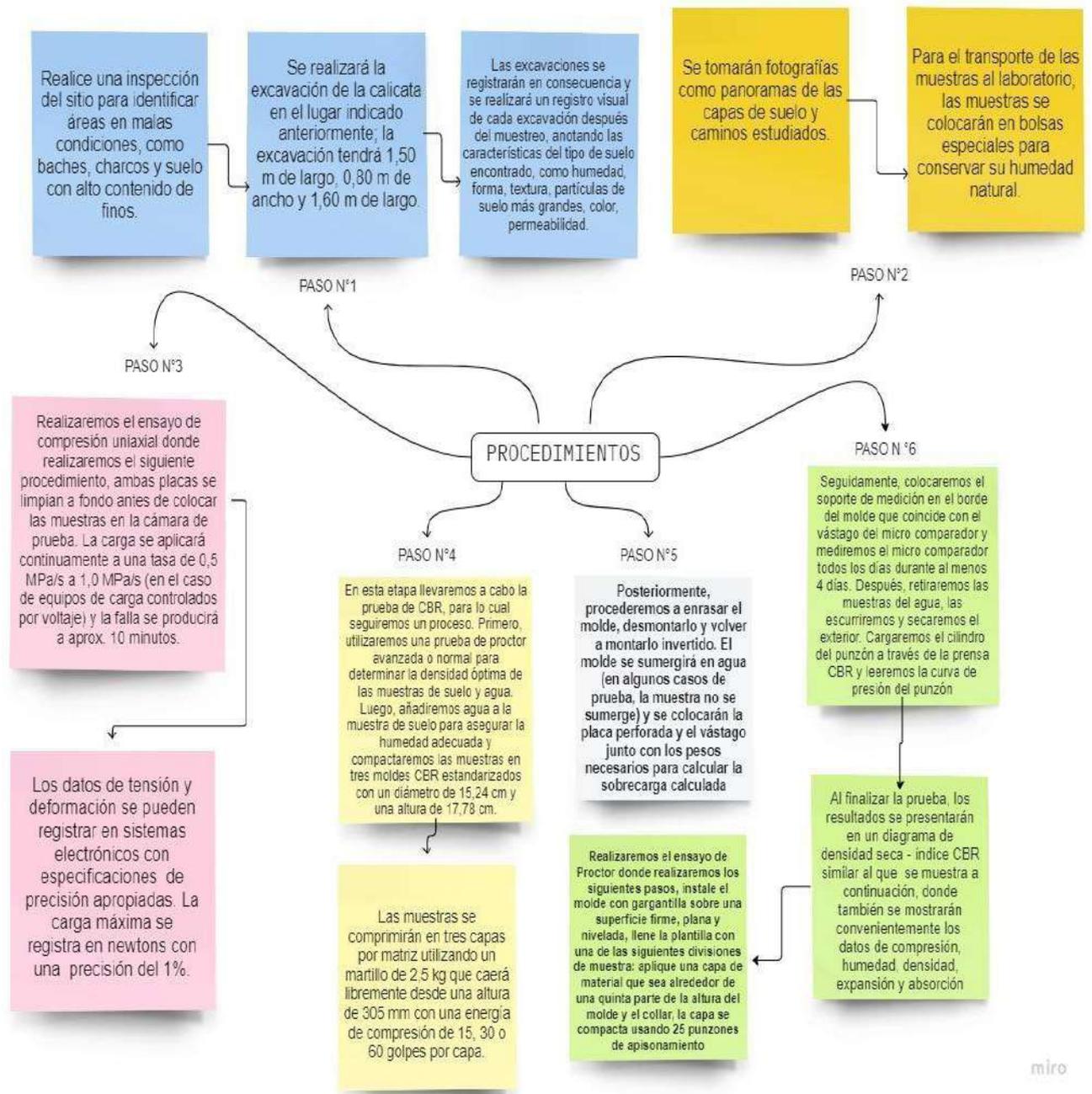
Dispositivos de ingeniería. Los dispositivos de ingeniería son herramientas, equipos o sistemas que se utilizan en la ingeniería para llevar a cabo procesos, experimentos, pruebas, mediciones, control y otras tareas relacionadas con el diseño, construcción y mantenimiento de diversos sistemas y estructuras. Estos dispositivos pueden ser mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos, neumáticos o una combinación de ellos. Se disponen en su uso respecto a los ensayos de laboratorio planteados para dimensionar el mejoramiento de las muestras de suelo analizadas.

Instrumentos complementarios. Bolsas herméticas, wincha, pico y pala.

Instrumentos en gabinete: Equipos para estudio, equipos, manuales, computador para procesar datos, cámara, EPP y cuaderno de apunte.

3.5. Procedimientos:

La observación es el método que se utilizará para recopilar datos sobre la realidad del problema que afecta la resistividad del suelo.



Fuente. Elaboración Propia

3.6. Método de análisis de datos:

De acuerdo a la descripción del estudio, el estudio tendrá un nivel de validez suficiente, ya que los datos serán analizados utilizando medidas y procedimientos de verificación apropiada, y al mismo tiempo serán ajustados

de acuerdo a las normas del MTC, para que nuestros resultados tengan autenticidad.

Metodología empleada: Se basa en el método científico porque existe una duda sobre la estabilidad de la arcilla, y se continuará con la búsqueda de contestaciones a las interrogantes de investigación.

Se tomarán muestras de las secciones más importantes para análisis de laboratorio utilizando resultados de pruebas de suelo natural y adición de plástico PET reciclado.

Con base en los resultados de las pruebas y el número de vehículos, se realizará el diseño de la estructura de pavimento flexible para evaluar el impacto de los plásticos reciclados de PET.

Al aplicar una cantidad adecuada de plástico PET reciclado a la arcilla, se investigará su impacto en la densidad seca máxima en la subrasante.

Método de observación: El procedimiento utilizado para identificar conscientemente el tipo de suelo presente en los tramos Km14+000 - km 16+00 del sector de Tincuypampa.

Método inductivo: Para determinar el impacto de la adición de plásticos reciclados PET en la mejora de la subrasante de los suelos arcillosos del sector Tincuypampa en los tramos progresivos Km14+000 - Km16+000, se inició observando casos específicos y luego se extrapolaron a casos generales. Estos casos se llevaron al laboratorio, donde se realizaron pruebas con la adición de plásticos reciclados PET.

Método Comparativo: Este procedimiento comparativo envuelve comparar los resultados obtenidos en ensayos de suelos en estado natural con los resultados obtenidos al agregar diferentes proporciones de plásticos reciclados PET (2%, 4% y 6%) en el laboratorio. En esta investigación, el plástico reciclado PET triturado se utilizará como aditivo.

3.7. Aspectos éticos:

En términos de ética, además de la autenticidad, se estipula que los investigadores se comprometan a presentar sus proyectos terminados con plena credibilidad por cada resultado obtenido durante el período de estudio correspondiente en el campo y en el laboratorio.

Se quiere garantizar la autenticidad y originalidad de la recogida y el tratamiento de los datos, incluidas todas las búsquedas de información.

Este estudio es necesario para demostrar que los resultados de otros estudios no fueron los mismos.

Se realizó un análisis profundo respectando la bibliografía los datos están acorde al contexto en que se está realizando esta investigación.

Con esta investigación queremos buscar el bien tanto para nuestro medio ambiente como para una mejor calidad de vida de nuestros pobladores al utilizar el plástico Pet triturado reciclado para así poder lograr máximos beneficios y poder reducir la contaminación de nuestra población.

IV.- RESULTADOS

En este capítulo mostraremos todos los ensayos y resultados obtenidos en laboratorio donde analizaremos nuestras muestras para mejorar la subrasante con la incorporación de plásticos Pet.

Ensayo de análisis granulométrico por tamizado MTC E 107 (NTP 339.128).

Tabla 2

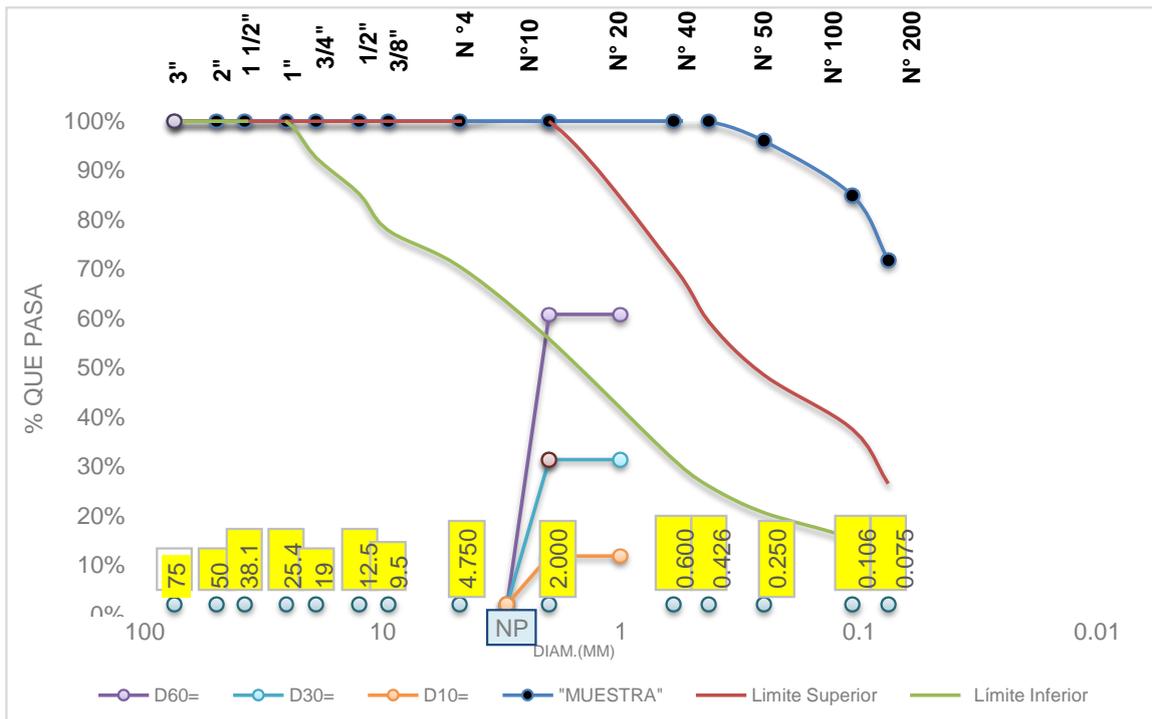
Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la calicata N°1

MALLA		PESO RETENID O	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD O	% QUE PASA	LIMITE SUPERIO R	LIMITE INFERIOR	¿CUMPLE ?
TAMIZ	Diam (mm)							
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	100.00%	SI
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	100.00%	SI
1 ½"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	100.00%	SI
1"	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	100.00%	SI
¾"	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	92.50%	SI
½"	12.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	85.00%	SI
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	77.50%	SI
N°4	4.750	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	70.00%	SI
N°10	2.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00 %	55.00%	SI
N°20	0.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	70.00%	30.00%	
N°40	0.426	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	58.50%	24.50%	
N°60	0.250	23.32	4.03%	4.03%	95.97%	47.50%	19.00%	
N°140	0.106	65.23	11.28%	15.32%	84.68%	36.25%	13.50%	
N°200	0.075	77.23	13.36%	28.68%	71.32%	25.00%	8.00%	
BANDEJ A	0.010	412.32	71.32%	100.00%	0.00%			
	TOTAL	578.10	100.00%					

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 1, se evidencia los pesos retenidos que se obtuvieron en el ensayo granulométrico de la muestra de nuestra calicata N°1, con el fin de clasificar nuestro suelo. Esta muestra sin adición de Pet nos arrojó un porcentaje de 28.68% de gruesos, 71.32% de finos, un 0.00% de grava y 28.68% de arena.

Figura 1 Curva Granulométrica de la calicata N°1



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 1, evidenciaremos la curva granulométrica que se obtuvo en el ensayo de la calicata N°1, que nos permite conocer la referencia sobre el comportamiento de nuestro suelo evaluado. Como se puede divisar se obtuvo una granulometría discontinua, mostrando de esta manera que se trata de un suelo mal graduado, comprobando que el tipo de muestra del suelo es arcilloso, como se puede observar en la figura 1, no presenta un coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura porque el D60, D30, D10, no interceptan con nuestra curva granulométrica.

Tabla 3

Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la calicata N°2

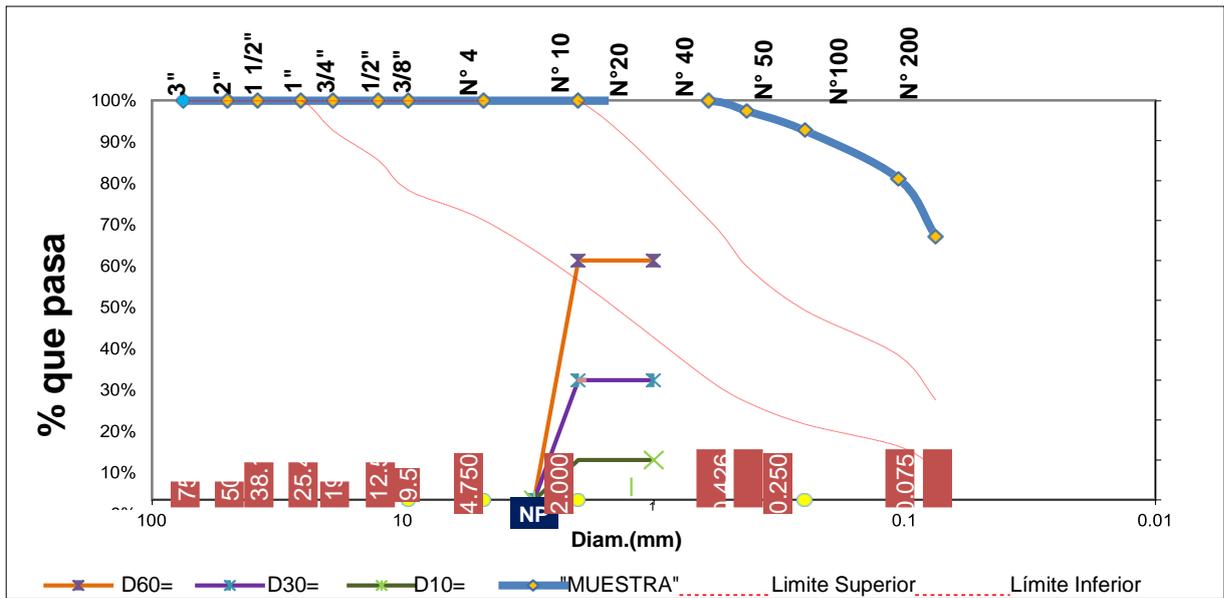
MALLA	TAMIZ	Diam (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	¿CUMPLE ?
3"	75	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI
						%	%	%	
2"	50	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI
						%	%	%	

1 1/2"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI
					%	%	%	
1"	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI
					%	%	%	
3/4"	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	92.50%	SI
					%	%		
1/2"	12.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	85.00%	SI
					%	%		
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	77.50%	SI
					%	%		
N°4	4.75	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	70.00%	SI
	0				%	%		
N°10	2.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	55.00%	SI
	0				%	%		
N°20	0.60	0.00	0.00%	0.00%	100.00	70.00%	30.00%	
	0				%			
N°40	0.42	15.87	2.60%	2.60%	97.40%	58.50%	24.50%	
	6							
N°60	0.25	29.65	4.86%	7.47%	92.53%	47.50%	19.00%	
	0							
N°140	0.10	73.14	12.00%	19.47%	80.53%	36.25%	13.50%	
	6							
N°200	0.07	89.27	14.64%	34.11%	65.89%	25.00%	8.00%	
	5							
BANDEJA	0.01	401.67	65.89%	100.00%	0.00%			
	0							
	TOT	609.60	100.00%					
	AL							

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 2, se observa los pesos retenidos que se alcanzaron en el ensayo granulométrico de la muestra de nuestra calicata N°2, con la finalidad de clasificar nuestro suelo. Esta muestra sin adición de Pet nos arrojó un porcentaje de 34.11% de gruesos, 65.89% de finos que pasan por la malla N°200, un 0.00% de grava y 34.11% de arena.

Figura 2 Curva Granulométrica de la calicata N°2



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 2, se evidencia la curva granulométrica que se obtuvo en el ensayo de la calicata N°2, que nos favorecerá para comprender la referencia sobre el comportamiento de nuestro suelo estudiado. Como se puede distinguir en nuestra calicata N°2 se alcanzó una granulometría discontinua, como se puede observar en la figura 2, no presenta el D60, D30, D10, porque no interceptan con la curva granulométrica por ende no presenta un coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura.

Tabla 4

Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la calicata N°3

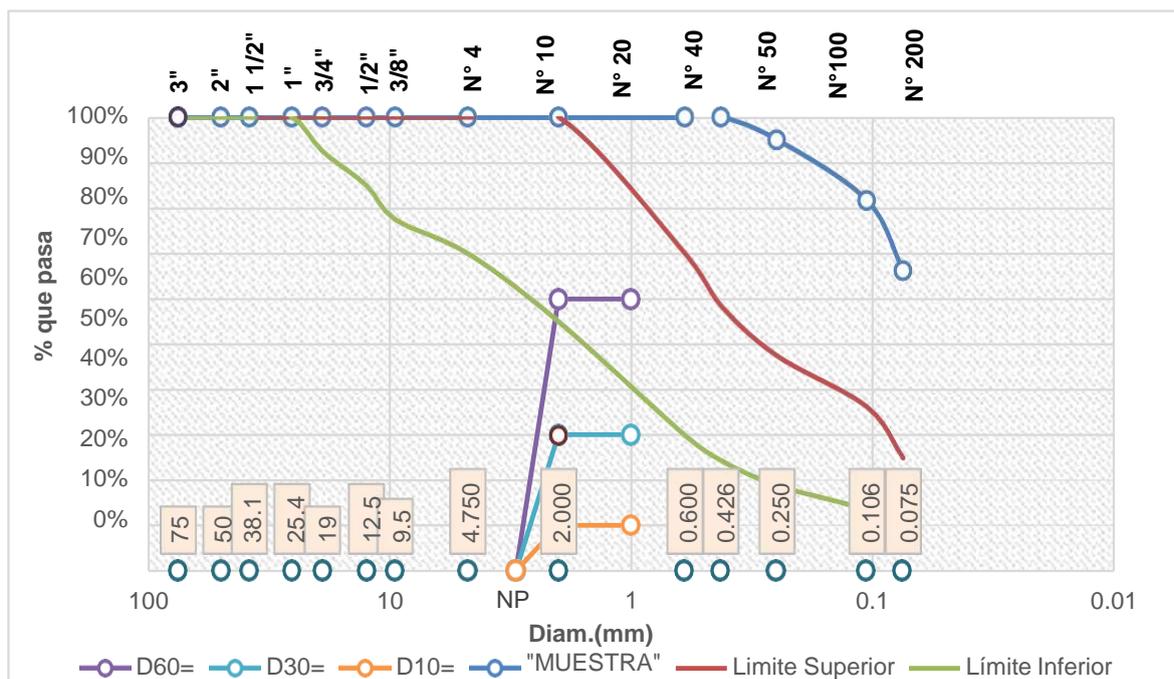
MALLA	PESO	%	%	% QUE	LIMITE	LIMITE	¿CUMPLE	
TAMIZ	Diam (mm)	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASA	SUPERIOR	INFERIOR	?
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI
1 1/2"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI
1"	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	100.00	SI

3/4"	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	92.50%	SI
1/2"	12.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	85.00%	SI
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	77.50%	SI
N°4	4.750	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	70.00%	SI
N°10	2.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	55.00%	SI
N°20	0.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00	70.00%	30.00%	
N°40	0.426	0.00	0.00%	0.00%	100.00	58.50%	24.50%	
N°60	0.250	31.98	4.98%	4.98%	95.02%	47.50%	19.00%	
N°140	0.106	85.69	13.33%	18.31%	81.69%	36.25%	13.50%	
N°200	0.075	99.32	15.45%	33.76%	66.24%	25.00%	8.00%	
BANDEJ A	0.010	425.67	66.24%	100.00%	0.00%			
TOTAL	642.66		100.00%					

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 3, se visualiza los pesos retenidos que se obtuvo en el ensayo granulométrico de la muestra de nuestra calicata N°3, con la finalidad de clasificar nuestro suelo. Esta muestra sin adición de Pet nos arrojó un porcentaje de gruesos, 66.24% de finos que pasan por la malla N°200, un 0.00% de grava y 33.76% de arena.

Figura 3 Curva Granulométrica de la calicata N°3



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 3, se visualiza la curva granulométrica que se obtuvo en el ensayo de la calicata N°3, nos permite comprender la relación del comportamiento del suelo estudiado. Como se puede observar en nuestra calicata N°3 se alcanzó una granulometría discontinua, como se puede observar en la figura 3, no presenta el D60, D30, D10, porque no interceptan con la curva granulométrica.

Ensayo de limite plástico MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

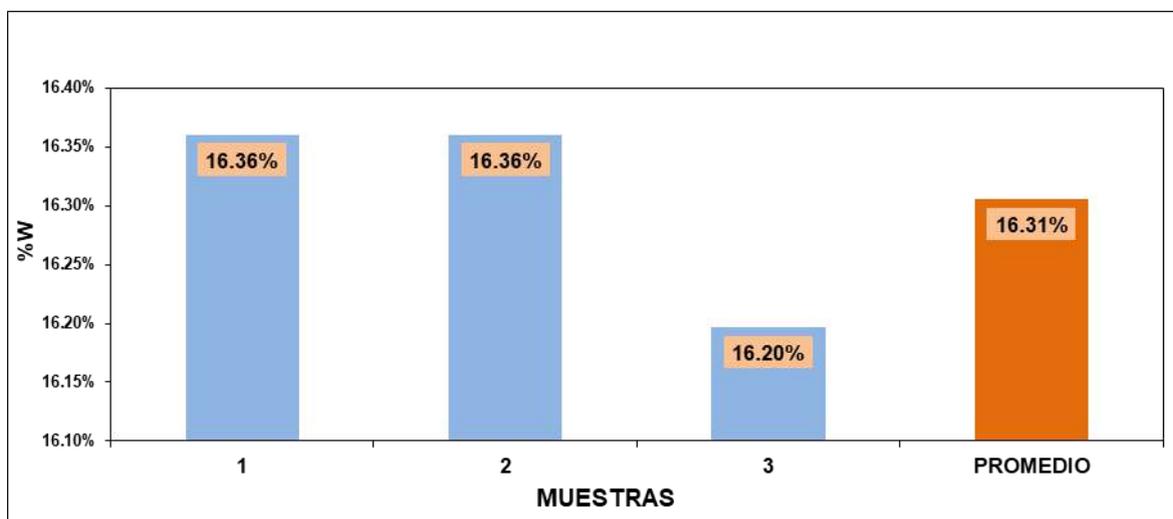
Tabla 5

Resultados obtenidos del límite plástico de la muestra de la calicata N°1

Nº DE LATA	1	2	3	PROMEDIO
PESO DE SUELO HUM. + LATA(GR)	12.99	11.77	12.80	
PESO DE SUELO SECO + LATA(GR)	11.95	10.88	11.79	
PESO DE LATA(GR)	5.61	5.42	5.53	
PESO DE SUELO SECO(GR)	6.34	5.46	6.26	
PESO DE SUELO HÚMEDO(GR)	7.38	6.35	7.27	
PESO DE AGUA(GR)	1.04	0.89	1.01	
CONTENIDO DE HUMEDAD	16.36%	16.36%	16.20%	16.31%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 4 Límite plástico de la calicata N°1



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla y figura 4, se observa que se realizó tres muestras el cual nuestra muestra N°1 con respecto al contenido de humedad nos arrojó un porcentaje de 16.36%, en la muestra 2 un 16.36% y en la muestra 3 un 16.20%, esto indica que

Se obtuvo un promedio de 16.31% es decir que nuestro suelo en la calicata N° 1, tiene un límite de líquido inferior a 50 (LL < 50) por ende su plasticidad es de nivel bajo.

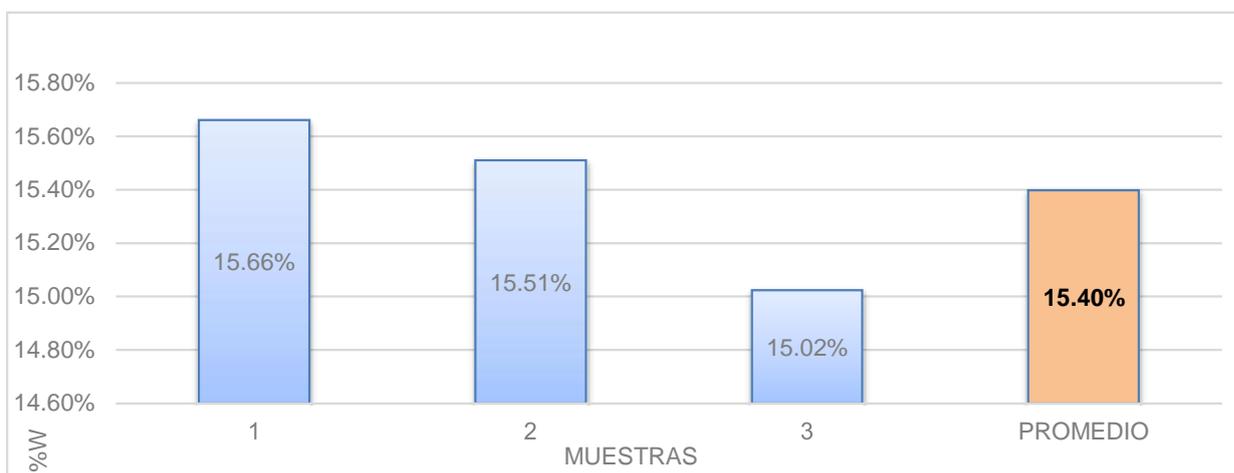
Tabla 6

Resultados obtenidos del límite plástico de la muestra de la calicata N°2

N.º DE LATA	1	2	3	PROMEDIO
PESO DE SUELO HUM. + LATA(GR)	12.57	11.99	11.37	
PESO DE SUELO SECO + LATA(GR)	11.63	11.11	10.61	
PESO DE LATA(GR)	5.61	5.42	5.53	
PESO DE SUELO SECO(GR)	6.02	5.69	5.08	
PESO DE SUELO HÚMEDO(GR)	6.96	6.57	5.84	
PESO DE AGUA(GR)	0.94	0.88	0.76	
CONTENIDO DE HUMEDAD	15.66%	15.51%	15.02%	15.40%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 5 Límite plástico de la calicata N°2



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 6 y figura 5, se evidencia que se realizó tres muestras para el límite plástico donde nuestra muestra 1, en cuanto al contenido de humedad nos dio un valor porcentual de 15.66%, en la muestra 2 un 15.51% y en la muestra 3 un

15.02%, obteniendo así un promedio de 15.40% esto quiere decir que nuestro suelo en la calicata N° 2, tiene un límite de líquido inferior a 50 (LL < 50) por ende su plasticidad es de nivel bajo.

Tabla 7

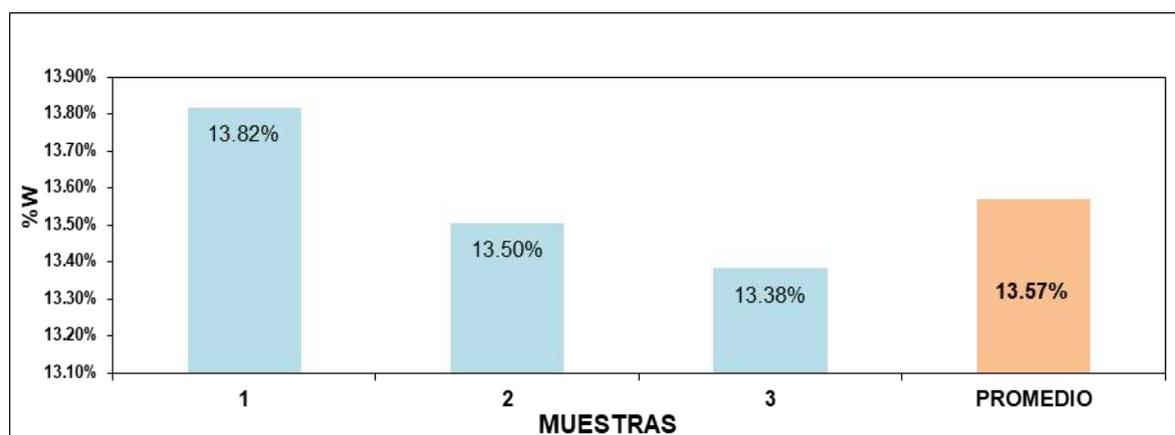
Resultados obtenidos del límite plástico de la muestra de la calicata N°3

Nº DE LATA	1	2	3	PROMEDIO
PESO DE SUELO HUM. + LATA(GR)	11.44	11.23	12.24	
PESO DE SUELO SECO + LATA(GR)	10.73	10.54	11.45	
PESO DE LATA(GR)	5.61	5.42	5.53	
PESO DE SUELO SECO(GR)	5.12	5.12	5.92	
PESO DE SUELO HÚMEDO (GR)	5.83	5.81	6.71	
PESO DE AGUA(GR)	0.71	0.69	0.79	
CONTENIDO DE HUMEDAD	13.82%	13.50%	13.38%	13.57%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 6

Límite plástico de la calicata N°3



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 7 y figura 6, se visualiza que se realizó tres muestras, la muestra 1, con respecto al contenido de humedad se obtiene un porcentaje de 13.82%, en la muestra 2 un 13.50% y en la muestra 3 un 13.38%, siendo su promedio 13.57% lo cual nuestra calicata N°3, tiene un límite de líquido inferior a 50 (LL < 50) teniendo un nivel bajo de plasticidad.

Ensayo de Limite líquido MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

Tabla 8

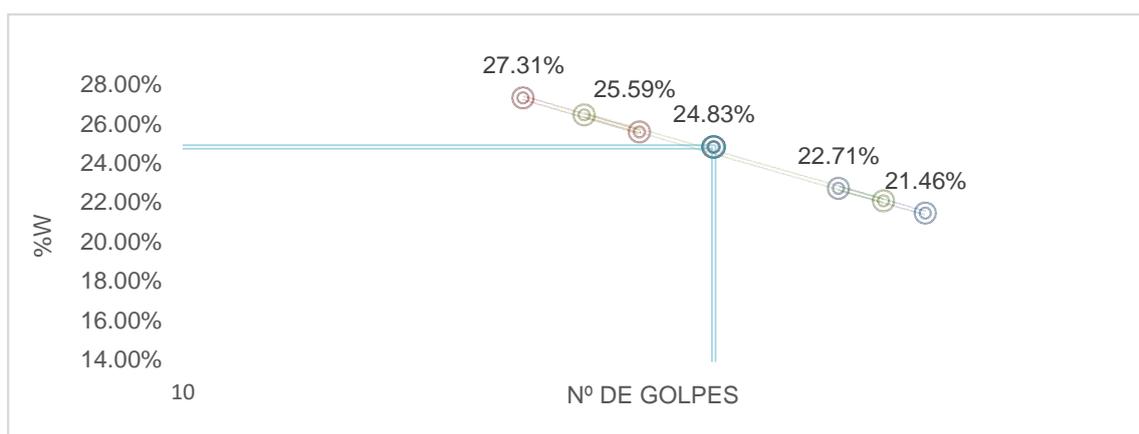
Resultados obtenidos del límite líquido de la muestra de la calicata N°1

N.º DE LATA	1	2	3	4
PESO DE SUELO HÚMEDO + LATA(GR)	92.11	103.64	90.09	108.37
PESO DE SUELO SECO + LATA(GR)	78.21	86.94	74.47	88.02
PESO DE LATA(GR)	13.45	13.42	13.43	13.5
PESO DE SUELO SECO(GR)	64.76	73.52	61.04	74.52
PESO DE SUELO HÚMEDO(GR)	78.66	90.22	76.66	94.87
PESO DE AGUA(GR)	13.90	16.70	15.62	20.35
CONTENIDO DE HUMEDAD	21.46%	22.71%	25.59%	27.31%
NUMERO DE GOLPES; N	36	31	22	18
LL APROXIMADO	22.42	23.31	25.20	26.25

Fuente. Elaboración propia.

Figura 7

Límite líquido de la calicata N°1



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 8 y figura 7, evidenciaremos que en la calicata N°1, se realizó 4 muestras el cual nos arrojaron los siguientes datos como contenido de humedad en la muestra 1 nos dio 21.46% con un numero de golpes de 36 y teniendo un LL aproximado de 22.42, en la 2 un 22.71% con 31 golpes y un LL de 23.31, en la 3 un 25.59% con 22 golpes y un LL de 25.20, en la 4 un 27.31% con 18 golpes y un LL de 26.25. Obteniendo así un límite líquido (LL) de 24.83% y un límite plástico (LP) de 16.31% y siendo nuestro índice de plasticidad (IP) un 8.52%, indicando así que nuestro tipo de suelo es arcilloso.

Tabla 9

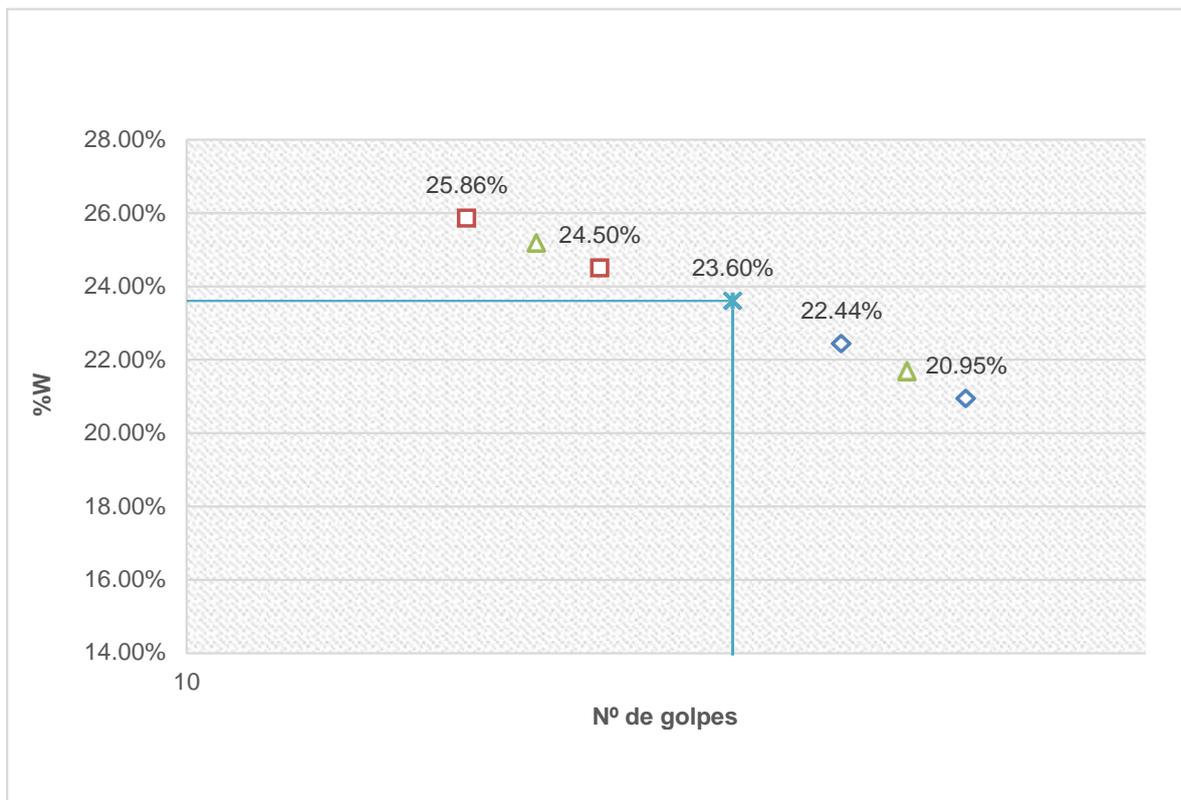
Resultados obtenidos del límite líquido de la muestra de la calicata N°2

N.º DE LATA	1	2	3	4
PESO DE SUELO HÚMEDO + LATA(GR)	88.76	99.00	99.19	109.76
PESO DE SUELO SECO + LATA(GR)	75.72	83.32	82.31	89.98
PESO DE LATA(GR)	13.45	13.42	13.43	13.5
PESO DE SUELO SECO(GR)	62.27	69.9	68.88	76.48
PESO DE SUELO HÚMEDO(GR)	75.31	85.58	85.76	96.26
PESO DE AGUA(GR)	13.04	15.68	16.88	19.78
CONTENIDO DE HUMEDAD	20.95%	22.44%	24.50%	25.86%
NUMERO DE GOLPES; N	37	30	20	16
LL APROXIMADO	21.96	22.94	23.85	24.50

Fuente. Elaboración propia.

Figura 8

Límite líquido de la calicata N°2



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 9 y figura 8, de la calicata N°2, observamos que se realizó cuatro muestras el cual nos a dieron como resultado los siguientes datos como es el de contenido de humedad en la muestra uno nos dio 20.95% con un numero de golpes

de 37 y teniendo un LL aproximado de 21.99, en la 2 un 22.44% con 30 golpes y un LL de 22.94, en la 3 un 24.50% con 20 golpes y un LL de 23.85, en la 4 un 25.86% con 16 golpes y un LL de 24.50. Obteniendo así un límite líquido (LL) de 23.60% y un límite plástico (LP) de 15.40% y siendo nuestro índice de plasticidad (IP) un 8.20%, siendo así un suelo arcilloso.

Tabla 10

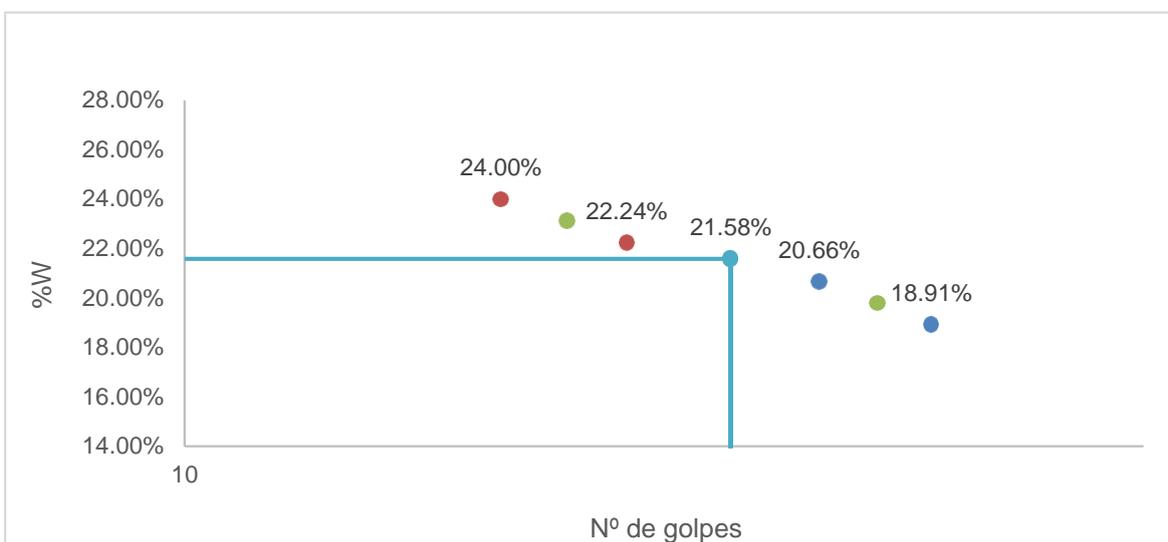
Resultados obtenidos del límite líquido de la muestra de la calicata N°3

N.º DE LATA	1	2	3	4
PESO DE SUELO HÚMEDO + LATA(GR)	102.10	102.80	101.76	95.29
PESO DE SUELO SECO + LATA(GR)	88.00	87.49	85.69	79.46
PESO DE LATA(GR)	13.45	13.42	13.43	13.5
PESO DE SUELO SECO(GR)	74.55	74.07	72.26	65.96
PESO DE SUELO HÚMEDO(GR)	88.65	89.38	88.33	81.79
PESO DE AGUA(GR)	14.10	15.31	16.07	15.83
CONTENIDO DE HUMEDAD	18.91%	20.66%	22.24%	24.00%
NUMERO DE GOLPES; N	35	29	21	17
LL APROXIMADO	19.70	21.04	21.78	22.90

Fuente. Elaboración propia.

Figura 9

Límite líquido de la calicata N°3



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 10 y figura 9, se visualiza que en nuestra calicata N° 3, se realizó diferentes muestras obteniendo resultados, como el contenido de humedad en nuestra muestra N°1 que nos dio un porcentaje de 18.91% con un numero de

golpes de 35 y teniendo un LL aproximado de 19.70, en la N°2 un 20.66% con 29 golpes y un LL de 21.04, en la N°3 un 22.24% con 21 golpes y un LL de 21.78, en la N° 4 un 24.00% con 17 golpes y un LL de 22.90. Obteniendo así un límite líquido (LL) de 21.58% y un límite plástico (LP) de 13.57% y siendo nuestro índice de plasticidad (IP) un 8.01%, por ende nuestro suelo es arcilloso.

Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO

Tabla 11

Clasificación de suelos de la calicata N° 1, N° 2 y N°3

MUESTRA	SUCS	AASHTO	OBSERVACIÓN
C - 1	CL (Arena ligera y tipo grava con arena)	A-4 (5)	Arcilla de baja elasticidad Principalmente partículas finas limosas
C - 2	CL (Arena ligera y tipo grava con arena)	A-4 (5)	Arcilla de baja elasticidad Principalmente partículas finas limosas
C - 3	CL (Arena ligera y tipo grava con arena)	A-4 (4)	Arcilla de baja elasticidad Principalmente partículas finas limosas

Fuente. Elaboración propia.

En nuestras calicatas N°1, N°2, N°3, según la clasificación SUCS, nuestro tipo suelo es un CL es decir que es un tipo de suelo de arcilla de baja plasticidad, según nuestra clasificación AASHTO como A-4 (5), determinando ser una arcilla de baja compresibilidad, porque presentan fundamentalmente partículas finas limosas.

Ensayo de contenido de humedad natural del material (NTP - 339 - 127)

Tabla 12

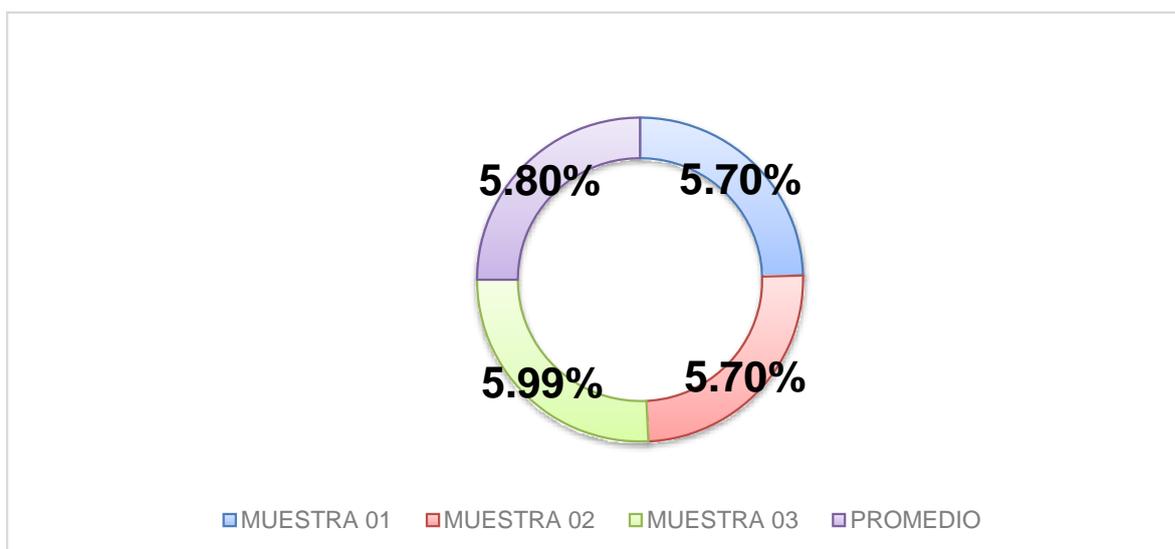
Resultados obtenidos de contenido de humedad de la muestra de la calicata N°1

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	29.54	27.56	29.36	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	116.63	121.09	126.97	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	111.93	116.05	121.46	
PESO DEL AGUA	4.70	5.04	5.51	
PESO DEL SUELO SECO	82.39	88.49	92.10	
CONTENIDO DE AGUA (%)	5.70%	5.70%	5.99%	5.80%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 10

Contenido de humedad de la calicata N°1



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 12 y en la figura 11, de la calicata N° 1 se realizó cuatro muestras obteniendo los siguientes datos del laboratorio, con el objetivo de conseguir el porcentaje de humedad de nuestra calicata estudiada, obteniendo así de la muestra número 1 los siguientes datos, peso de la capsula + el material húmedo de 116.63gr, un peso de suelo seco + capsula de 111.93gr, considerando el peso de la capsula de 29.54gr, por último se realizó la operación que determino un 5.70% de contenido de agua.

Para nuestra muestra número 2, posteriormente nos dieron como datos el peso de la capsula + el material húmedo un 121.09gr, un peso de capsula + material seco 116.05gr y siendo el peso de capsula un 27.56gr, finalmente con la operación realizada se determina un 5.70% de contenido de agua.

Para la muestra número 3, se obtuvieron los siguientes datos, peso de capsula + material húmedo 126.97gr, peso de capsula + material seco de 121.46gr y el peso de la capsula es 29.36gr, y dando así un 5.99% de contenido de agua y resultando como promedio de las tres muestras un 5.80% de contenido de agua.

Tabla 13

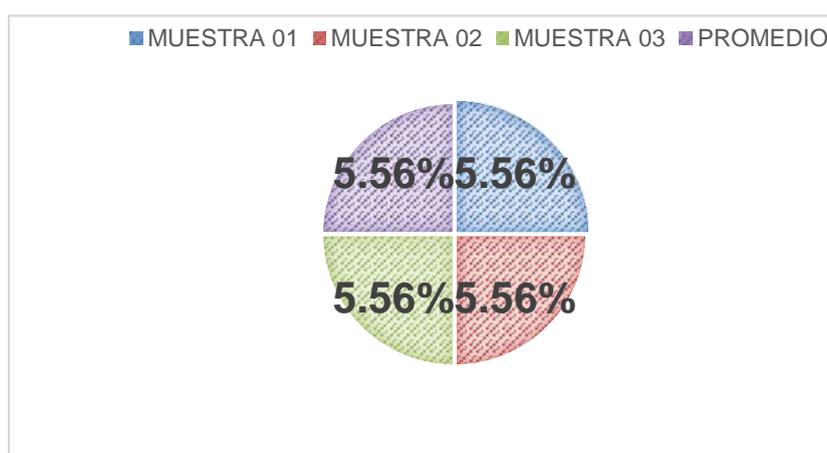
Resultados obtenidos de contenido de humedad de la muestra de la calicata N°2

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	28.91	27.45	29.07	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	119.06	119.89	123.00	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	114.31	115.02	118.05	
PESO DEL AGUA	4.75	4.87	4.95	
PESO DEL SUELO SECO	85.40	87.57	88.98	
CONTENIDO DE AGUA (%)	5.56%	5.56%	5.56%	5.56%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 11

Contenido de humedad de la calicata N°2



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 13 y en la figura 11, de la calicata N° 2, se evidencia que se realizaron cuatro muestras obteniendo los siguientes datos, cuyo objetivo es conseguir el

porcentaje de humedad de nuestra calicata, alcanzando así de la muestra 1 los datos siguientes, peso de la capsula + el material húmedo de 119.06gr, un peso de suelo seco + capsula de 114.31gr, considerando el peso de la capsula de 28.91gr, por último, se realizó la operación que determino un 5.56% de contenido de agua.

En la muestra 2, se obtuvo como datos el peso de la capsula + el material húmedo un 119.89gr, un peso de capsula + material seco 115.02gr y el peso de la capsula 27.45gr, donde finalmente con la operación realizada se determina un 5.56% de contenido de agua.

En la muestra 3, se consiguió los siguientes datos, peso de capsula + material húmedo 123.00gr, peso de capsula + material seco de 118.05gr, con un peso de capsula de 29.07gr y resultando así un 5.56% de contenido de agua y obteniendo como resultado un promedio de las tres muestras un 5.56% de contenido de agua.

Tabla 14

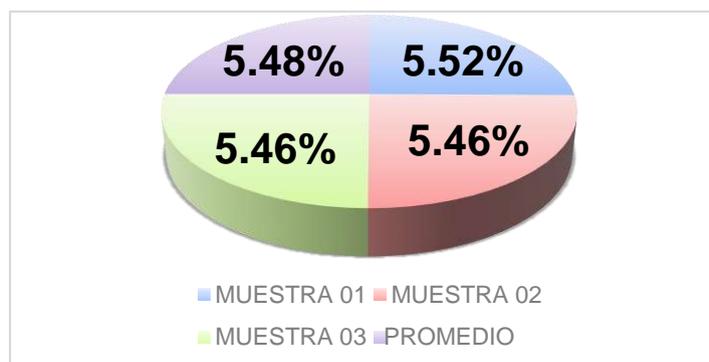
Resultados obtenidos de contenido de humedad de la muestra de la calicata N°3

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	28.69	29.20	29.38	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	124.06	114.73	125.12	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	119.07	110.30	120.16	
PESO DEL AGUA	4.99	4.43	4.96	
PESO DEL SUELO SECO	90.38	81.10	90.78	
CONTENIDO DE AGUA (%)	5.52%	5.46%	5.46%	5.48%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 12

Contenido de humedad de la calicata N°3



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 14 y en la figura 12, de la calicata N° 3, se observa que se realizaron 4 muestras donde se evidencian los siguientes datos, nuestro objetivo es conseguir el porcentaje de humedad de nuestra calicata, alcanzando así de la muestra uno los datos siguientes, peso de la capsula + el material húmedo de 124.06gr, un peso de suelo seco + capsula de 119.07gr, considerando el peso de la capsula de 28.69gr, donde se realizó la operación que nos determinó un 5.52% de contenido de agua.

En la muestra dos, se obtuvieron como datos el peso de la capsula + el material húmedo un 114.73gr, un peso de capsula + material seco 110.30gr y el peso de la capsula 29.20gr, donde se realizó la operación y se determinó un 5.46% de contenido de agua.

En la muestra tres, se alcanzó los siguientes datos, peso de capsula + material húmedo 125.12gr, peso de capsula + material seco de 120.16gr, y siendo el peso de capsula de 29.38gr y obteniendo como resultado así un 5.46% de contenido de agua y teniendo como resultado promedio de las tres muestras un 5.48% de contenido de agua.

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado con una energía de compactación de 2 700 kN-m/m³ de la muestra de la calicata N°1 con las dosificaciones PET del 0%,2%,4%,6%.

Tabla 15

Contenido de humedad óptimo (CHO), máxima densidad seca (MDS) de la calicata N° 1 con adición de distintas proporciones de PET.

CONDICIONES DE LA MUESTRA					
PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	9784 gr	10071 gr	10225 gr	10208 gr	10025 gr
PESO MOLDE	5770.0gr	5770.0gr	5770.0gr	5770.0gr	5770.0gr
PESO MUESTRA HUMEDA	4014.0gr	4301.0gr	4455.5gr	4438.0gr	4255.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2119.66cm ³	2119.7gr	2119.7gr	2119.7gr	2119.7gr
DENSIDAD HUMEDAD	1.89gr/cm ³	2.03gr/cm ³	2.10gr/cm ³	2.09gr/cm ³	2.01gr/cm ³

DENSIDAD SECA	1.79gr/cm3		1.88gr/cm3		1.91gr/cm3		1.87gr/cm3		1.76gr/cm3	
CONTENIDO DE HUMEDAD	ARRIB A	ABAJO	ARRIB A	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO RECIPIENTE	43.6	45.0	47.9	51.7	55.3	51.9	52.6	52.2	50.0	52.9
	gr	gr								
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	100.	105.	112.	116.	113.	109.	106.	123.	106.	109.
	9gr	7gr	6gr	0gr	6gr	4gr	5gr	0gr	5gr	6gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	97.6	102.	107.	111.	108.	104.	100.	115.	99.6	102.
	gr	2gr	8gr	2gr	3gr	1gr	7gr	4gr	gr	6gr
PESO DE AGUA	3.3gr	3.5gr	4.8gr	4.8gr	5.4gr	5.3gr	5.8gr	7.6gr	7.0gr	7.0gr
PESO DE MUESTRA SECA	54.1	57.3	59.9	59.5	53.0	52.3	48.1	63.2	49.6	49.7
	gr	gr								
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.02	6.13	8.08	8.01	10.1	10.0	12.0	12.0	14.0	14.1
	%	%	%	%	3%	5%	0%	8%	2%	1%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	6.07%		8.05%		10.09%		12.04%		14.07%	

DESCRIPCIÓN	PM	DATOS				
0%	MDS	1.79gr/cm3	1.88gr/cm3	1.91gr/cm3	1.87gr/cm3	1.76gr/cm3
	CHO	6.07%	8.05%	10.09%	12.04%	14.07%
2%	MDS	1.85gr/cm3	1.91gr/cm3	1.94gr/cm3	1.92gr/cm3	1.85gr/cm3
	CHO	5.38%	7.35%	9.40%	11.38%	13.43%
4%	MDS	1.85gr/cm3	1.93gr/cm3	1.96gr/cm3	1.93gr/cm3	1.84gr/cm3
	CHO	5.16%	7.21%	9.28%	11.20%	13.31%
6%	MDS	1.87gr/cm3	1.95gr/cm3	1.98gr/cm3	1.95gr/cm3	1.87gr/cm3
	CHO	5.07%	6.99%	9.02%	11.04%	13.01%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 13

Proctor Modificado calicata N°1 con adición de PET del 0%, 2%, 4%,6%.



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 15 y en la figura 13, se muestra que se realizó 5 muestras con la adición de Pet al 0%,2%,4%,6%, obteniendo así los siguientes resultados.

Para el 0%, se obtuvo una máxima densidad seca (MDS) de, 1.79gr/cm³, 1.88gr/cm³, 1.91gr/cm³, 1.87gr/cm³, 1.76gr/cm³ respectivamente y un contenido de humedad optimo (CHO) del 6.07%, 8.05%, 10.09%, 12.04%, 14.07% respectivamente.

Para el 2%, se obtuvieron los siguientes datos como la MDS, 1.85gr/cm³, 1.91gr/cm³, 1.94gr/cm³, 1.92gr/cm³, 1.85gr/cm³ respectivamente y un CHO, de 5.38%, 7.35%, 9.40%, 11.38%, 13.43% respectivamente.

Para el 4% se tuvo los siguientes datos, con respecto a las cinco muestras a realizadas se tuvo la MDS, de 1.85gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.96gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.84gr/cm³ respectivamente, y el CHO, de 5.16%, 7.21%, 9.28%, 11.20%,13.31% respectivamente.

Para el 6% se obtuvo la MDS, de 1.87gr/cm³, 1.95gr/cm³, 1.98gr/cm³, 1.95gr/cm³, 1.87gr/cm³ respectivamente y CHO, 5.07%, 6.99%, 9.02%,11.04%, 13.01% respectivamente mientras se va adicionando las dosificaciones de cada uno, se tendrá un incremento en el proceso de la compactación.

Resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado con una energía de compactación de 2 700 kN-m/m³ de la muestra de la calicata N°2 con las dosificaciones PET del 0%,2%,4%,6%.

Tabla 16 Contenido de humedad óptimo (CHO), máxima densidad seca (MDS) de la calicata N° 2 con adición de distintas proporciones de PET.

CONDICIONES DE LA MUESTRA

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	9706 gr	10011 gr	10172 gr	10163 gr	9994 gr
PESO MOLDE	5770.0gr	5770.0gr	5770.0gr	5770.0gr	5770.0gr
PESO MUESTRA HUMEDA	3936.0gr	4241.0gr	4402.8gr	4393.0gr	4224.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2119.66cm ³	2119.7gr	2119.7gr	2119.7gr	2119.7gr
DENSIDAD HUMEDAD	1.86gr/cm ³	2.00gr/cm ³	2.08gr/cm ³	2.07gr/cm ³	1.99gr/cm ³

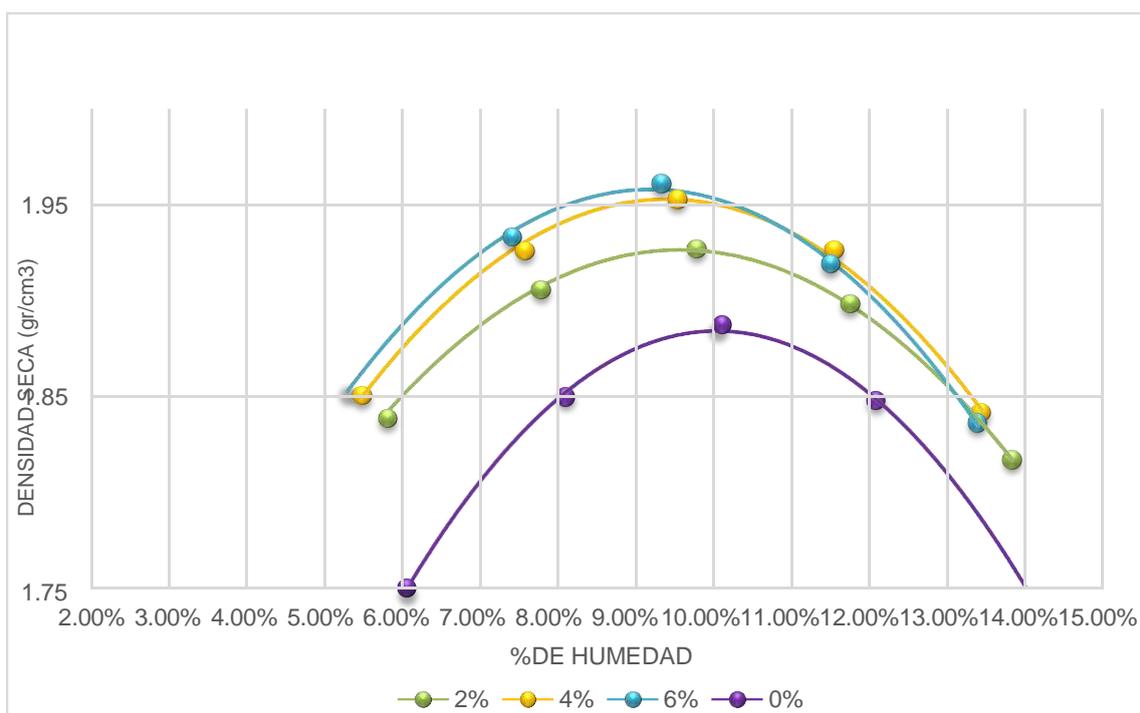
	1.75gr/cm3		1.85gr/cm3		1.89gr/cm3		1.85gr/cm3		1.75gr/cm3	
	ARRIB A	ABAJO								
DENSIDAD SECA										
CONTENIDO DE HUMEDAD										
RECIPIENTE N.º	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO RECIPIENTE	43.2	46.4	47.0	51.4	54.6	54.0	53.4	51.4	50.6	51.3
	gr	gr								
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	121.	101.	101.	120.	118.	103.	123.	110.	120.	109.
	4gr	5gr	6gr	6gr	3gr	5gr	4gr	5gr	4gr	3gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	116.	98.4	97.5	115.	112.	99.0	115.	104.	111.	102.
	8gr	gr	gr	4gr	4gr	gr	9gr	1gr	8gr	1gr
PESO DE AGUA	4.5gr	3.1gr	4.1gr	5.2gr	5.9gr	4.5gr	7.6gr	6.4gr	8.6gr	7.2gr
PESO DE MUESTRA SECA	73.6	52.0	50.4	64.1	57.8	45.1	62.5	52.7	61.2	50.8
	gr	gr								
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.14	6.05	8.18	8.09	10.1	10.0	12.1	12.1	14.0	14.1
	%	%	%	%	9%	2%	0%	5%	4%	8%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	6.10%		8.14%		10.10%		12.13%		14.11%	

DESCRIP	PM	DATOS				
0%	MDS	1.75gr/cm3	1.85gr/cm3	1.89gr/cm3	1.85gr/cm3	1.75gr/cm3
	CHO	6.10%	8.14%	10.10%	12.13%	14.11%
2%	MDS	1.84gr/cm3	1.91gr/cm3	1.93gr/cm3	1.90gr/cm3	1.82gr/cm3
	CHO	5.78%	7.75%	9.82%	11.73%	13.88%
4%	MDS	1.85gr/cm3	1.93gr/cm3	1.95gr/cm3	1.93gr/cm3	1.84gr/cm3
	CHO	5.52%	7.55%	9.57%	11.52%	13.48%
6%	MDS	1.85gr/cm3	1.93gr/cm3	1.96gr/cm3	1.92gr/cm3	1.84gr/cm3
	CHO	5.34%	7.38%	9.36%	11.48%	13.43%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 14

Proctor Modificado calicata N°2 con adición de PET del 0%, 2%, 4%,6%.



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 16 y en la figura 14, se muestra que se realizó cinco muestras con la adición de Pet al 0%,2%,4%,6%, donde nos dieron los siguientes datos.

Para la adición del 0%, se tuvo una máxima densidad seca (MDS) de, 1.75gr/cm³, 1.85gr/cm³, 1.89gr/cm³, 1.85gr/cm³, 1.75gr/cm³ respectivamente y un contenido de humedad optimo (CHO) del 6.10%, 8.14%, 10.10%, 12.13%, 14.11% respectivamente.

Para la adición del 2%, se alcanzó los siguientes datos como la MDS, de 1.84gr/cm³, 1.91gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.90gr/cm³, 1.82gr/cm³ respectivamente y un CHO, de 5.78%, 7.75%, 9.82%, 11.73%, 13.88% respectivamente.

Para la adición del 4% se ha obtenido los siguientes datos, se tuvo la MDS, de 1.85gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.95gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.84gr/cm³ respectivamente, y el CHO, de 5.52%, 7.55%, 9.57%, 11.52%, 13.48% respectivamente.

Para la adición del 6% se visualiza que tiene como MDS, de 1.85gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.96gr/cm³, 1.92gr/cm³, 1.84gr/cm³ respectivamente y CHO, de

5.34%, 7.38%, 9.36%, 11.48%, 13.43% respectivamente en tanto se vaadicionando las dosificaciones de cada uno, se tendrá un aumento en el proceso de la compactación.

Resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado con una energía de compactación de 2 700 kN-m/m³ de la muestra de la calicata N°3 con las dosificaciones PET del 0%,2%,4%,6%.

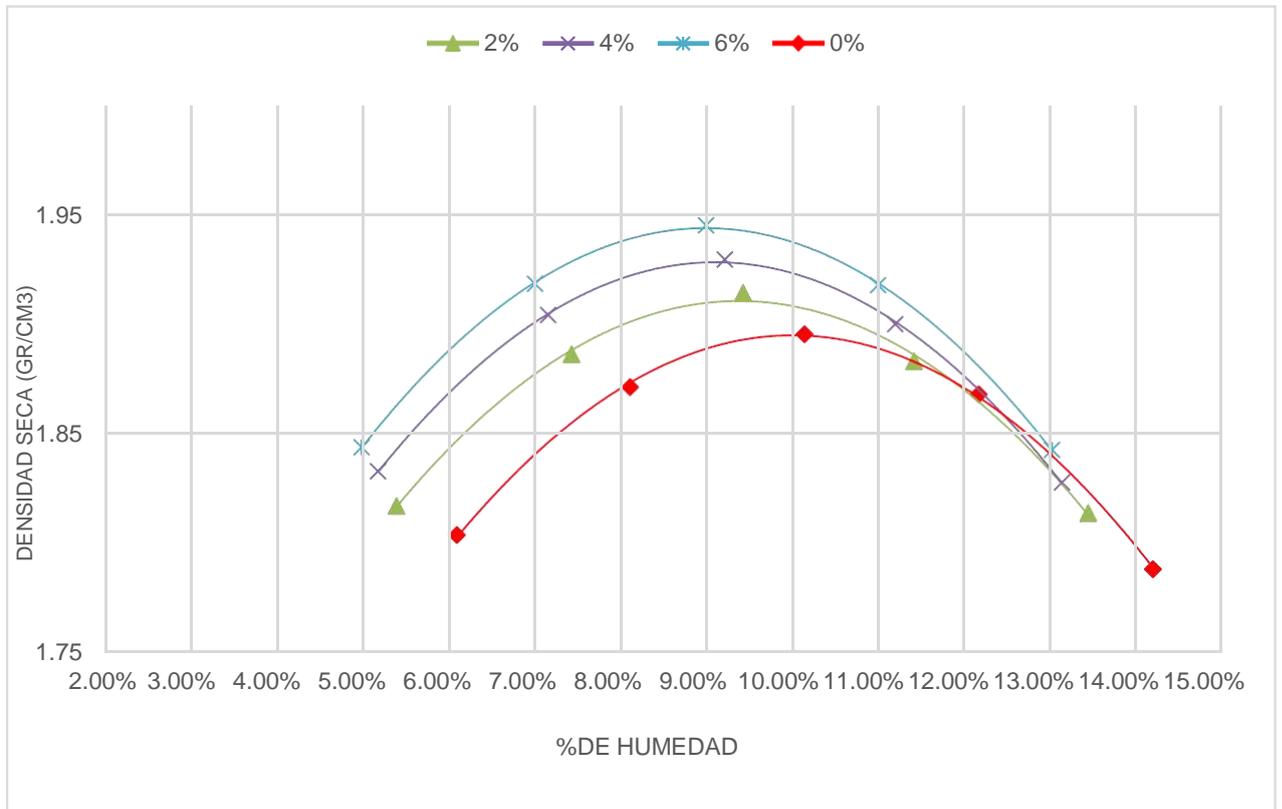
Tabla 17 Contenido de humedad óptimo (CHO), máxima densidad seca (MDS) de la calicata N° 3 con adición de distintas proporciones de PET.

CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	9828.0gr		10060 gr		10196 gr		10213 gr		10100 gr	
PESO MOLDE	5770.0gr		5770.0gr		5770.0gr		5770.0gr		5770.0gr	
PESO MUESTRA HUMEDA	4058.0gr		4290.0gr		4426.9gr		4443.0gr		4330.0gr	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2119.66cm ³		2119.7gr		2119.7gr		2119.7gr		2119.7gr	
DENSIDAD HUMEDAD	1.91gr/cm ³		2.02gr/cm ³		2.09gr/cm ³		2.10gr/cm ³		2.04gr/cm ³	
DENSIDAD SECA	1.80gr/cm³		1.87gr/cm³		1.90gr/cm³		1.87gr/cm³		1.79gr/cm³	
CONTENIDO DE HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO RECIPIENTE	44.2	47.0	47.7	53.6	53.9	51.5	53.3	53.1	50.0	51.8
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	105.	121.	102.	114.	115.	106.	113.	126.	110.	125.
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	6gr	8gr	8gr	8gr	6gr	2gr	3gr	2gr	8gr	8gr
PESO DE AGUA	102.	117.	98.6	110.	110.	101.	106.	118.	103.	116.
PESO DE MUESTRA SECA	1gr	5gr	gr	2gr	0gr	1gr	8gr	2gr	3gr	5gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.6gr	4.3gr	4.2gr	4.6gr	5.7gr	5.1gr	6.5gr	8.0gr	7.5gr	9.3gr
	57.8	70.5	50.9	56.7	56.1	49.6	53.5	65.0	53.3	64.8
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	6.17	6.10	8.19	8.11	10.1	10.2	12.1	12.2	14.1	14.3
	%	%	%	%	1%	5%	3%	9%	2%	5%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	6.13%		8.15%		10.18%		12.21%		14.24%	
DESCRIP	PM	DATOS								
0%	MDS	1.80gr/cm ³	1.87gr/cm ³	1.90gr/cm ³	1.87gr/cm ³	1.79gr/cm ³				
	CHO	6.13%	8.15%	10.18%	12.21%	14.24%				
2%	MDS	1.82gr/cm ³	1.89gr/cm ³	1.91gr/cm ³	1.88gr/cm ³	1.81gr/cm ³				
	CHO	5.43%	7.47%	9.46%	11.45%	13.48%				
4%	MDS	1.83gr/cm ³	1.90gr/cm ³	1.93gr/cm ³	1.90gr/cm ³	1.83gr/cm ³				
	CHO	5.22%	7.20%	9.25%	11.24%	13.18%				
6%	MDS	1.84gr/cm ³	1.92gr/cm ³	1.95gr/cm ³	1.92gr/cm ³	1.84gr/cm ³				
	CHO	5.03%	7.04%	9.03%	11.04%	13.06%				

Fuente. Elaboración propia.

Figura 15

Proctor Modificado calicata N°3 con adición de PET del 0%, 2%, 4%,6%.



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 17 y en la figura 15, se observa que se realizó cinco muestras diferentes con la adición de Pet al 0%,2%,4%,6%, el cual nos dio como resultados los siguientes datos.

Para la dosificación del 0%, se tiene como datos una máxima densidad seca (MDS) de, 1.80gr/cm³, 1.87gr/cm³, 1.90gr/cm³, 1.87gr/cm³, 1.79gr/cm³ respectivamente y un contenido de humedad óptimo (CHO) del, 6.13%, 8.15%, 10.18%, 12.21%, 14.24% respectivamente.

Para la dosificación del 2%, se tuvo los siguientes datos como la MDS, de 1.82gr/cm³, 1.89gr/cm³, 1.91gr/cm³, 1.88gr/cm³, 1.81gr/cm³ respectivamente y un CHO, de 5.43%, 7.47%, 9.46%, 11.45%, 13.48% respectivamente.

Para la dosificación del 4% se ha alcanzado los siguientes datos, donde se obtuvo la MDS, de 1.83gr/cm³, 1.90gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.90gr/cm³, 1.83gr/cm³ respectivamente, y el CHO, de 5.22%, 7.20%, 9.25% , 11.24%, 13.18% respectivamente.

Para la adición del 6% se tuvo como dato a la MDS, de 1.84gr/cm³, 1.92gr/cm³, 1.95gr/cm³, 1.92gr/cm³, 1.84gr/cm³ respectivamente y CHO, de 5.03%, 7.04%, 9.03%, 11.04%, 13.06% respectivamente mientras tanto se va adicionando las dosificaciones de cada uno, obteniendo así un aumento en el proceso de la compactación.

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

Resultados obtenidos del ensayo de CBR de la muestra de la calicata N°1 con las dosificaciones PET del 0%,2%,4%,6%.

Tabla 18

Datos de compactación

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	11841 GR	11481 GR	11371 GR
PESO MOLDE	7384.0gr	7384.0gr	7384.0gr
PESO MUESTRA HUMEDA	4457.0gr	4097.0gr	3987.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr
DENSIDAD HUMEDAD	2.10gr/cm ³	1.93gr/cm ³	1.88gr/cm ³
DENSIDAD SECA	1.91gr/cm ³	1.76gr/cm ³	1.72gr/cm ³

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 18, se mostrara los resultados del ensayo de CBR de la calicata N°1, con una energía de compactación de 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes, donde se obtuvieron los siguientes datos como el peso de suelo húmedo de 4457.0gr, 4097.0gr y 3987gr respectivamente, además se evidencia una densidad húmeda de 2.10gr/cm³, 1.93gr/cm³, 1.88gr/cm³ para cada energía de compactación elegida, obteniendo así finalmente una densidad seca de 1.91 gr/cm³ para 56 golpes, 1.76 gr/cm³ para 25 golpes y 1.72 gr/cm³ para 12 golpes.

Tabla 19

Datos de esponjamiento

N.º DE GOLPES POR CAPA		56			25			12		
MOLDE N.º		1			2			3		
FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIE NTO		DIAL	ESPONJAMIE NTO		DIAL	ESPONJAMIE NTO	
		0.001 pg	mm	%	0.001 pg	mm	%	0.001 pg	mm	%
8/07/2023	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%
9/07/2023	24	7.4	0.18796	0.16%	10.7	0.271178	0.23%	12.7	0.32258	0.27%
10/07/2023	48	12.8	0.32512	0.27%	17.8	0.45212	0.38%	26.5	0.6731	0.56%
11/07/2023	72	22.7	0.57658	0.48%	26.4	0.67056	0.56%	28.6	0.72644	0.61%
12/07/2023	96	25.2	0.64008	0.53%	38.7	0.98298	0.82%	42.7	1.08458	0.90%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 19, se muestran los resultados de esponjamiento que se ha obtenido de la muestra de la calicata N°1, con un dial de 0.0, 7.4, 12.8, 22.7, 25.2 respectivamente, presentando así un porcentaje de esponjamiento del 0%, 0.18796%, 0.32512%, 0.57658%, 0.64008% respectivamente con respecto a los 56 golpes.

Con respecto a los 25 golpes se obtuvo los siguientes datos con respecto a los resultados del dial son los siguientes, 0.0, 10.7, 17.8, 26.4, 38.7 y presentando también un porcentaje de expansión de 0%, 0.27178%, 0.45212%, 0.67056%, 0.98298% respectivamente.

Con respecto a los 12 golpes los datos fueron los siguientes como dial se obtuvo los siguientes datos, 0.0, 12.7, 26.5, 28.6, 42.7 respectivamente, con un porcentaje de expansión de 0%, 0.32258%, 0.6731%, 0.72644%, 1.08458% respectivamente.

Tabla 20

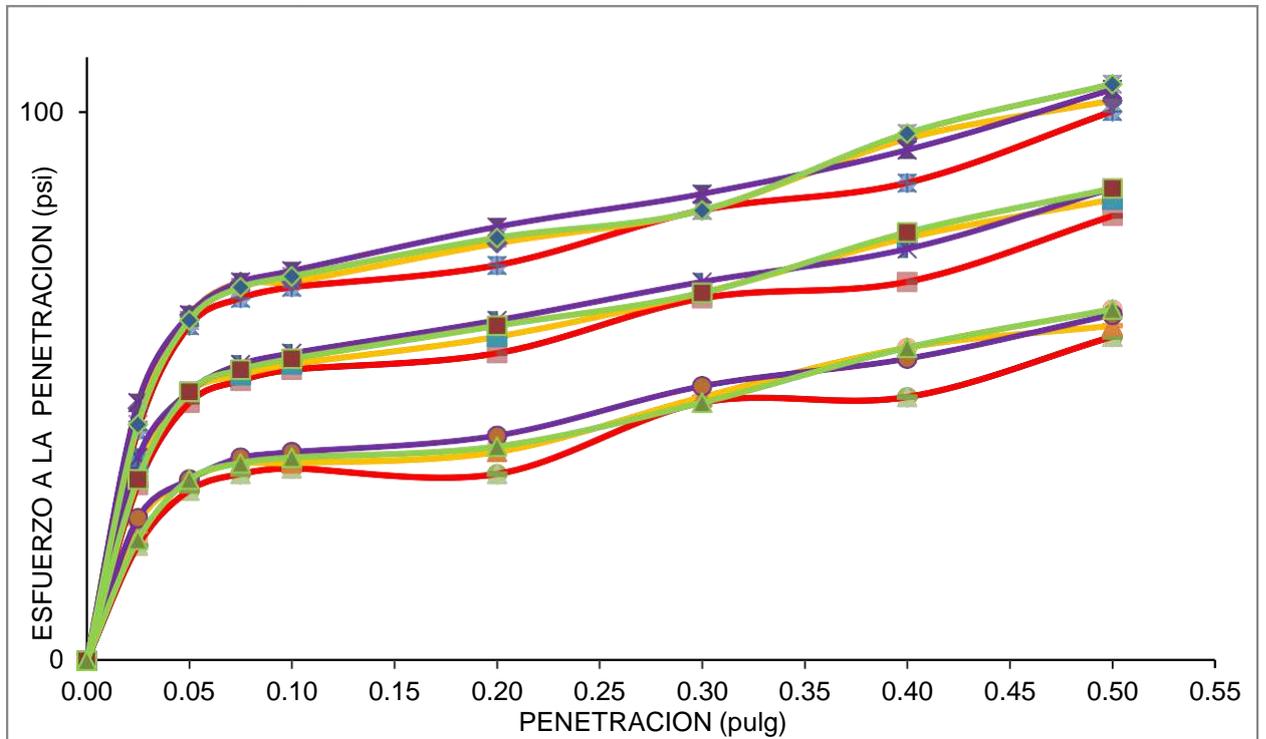
Datos de ensayo de penetración

		PENETRACIÓ	5	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50
		N	6		5			0				
0 %	Fuerzas		0.0 kg	57.1	82.8	89.9	92.	98.4	111.0	118.	136.	
				kg	kg	kg	4	kg	kg	4	3	
							kg			kg	kg	
	Penetración	2	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
		5		5			0					
	Fuerzas		0.0	43.6	64.3	69.4	72.	75.9	90.1	93.9	110.	
			kg	kg	kg	kg	1	kg	kg	kg	8	
							kg				kg	
	Penetración	1	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
		2		5			0					
	Fuerzas		0.0 kg	28.6	42.3	46.4	47.	46.9	63.6	65.9	80.3	
				kg	kg	kg	1	kg	kg	kg	kg	
							kg					
	Penetración	5	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
		6		5			0					
	Fuerzas		0.0 kg	62.1	85.4	91.9	94.	103.	112.2	129.	139.	
				kg	kg	kg	4	0	kg	7	2	
							kg	kg		kg	kg	
2 %	Penetración	2	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
		5		5			0					
	Fuerzas		0.0 kg	48.6	66.9	71.4	74.	80.5	91.3	105.	113.	
				kg	kg	kg	1	kg	kg	2	7	
							kg			kg	kg	
	Penetración	1	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
	2		5			0						
	Fuerzas		0.0	33.6	44.9	48.4	49.	51.5	64.8	77.2		
			Kg	Kg	Kg	Kg	1	Kg	Kg	Kg	83.2	
							Kg				Kg	
	Penetración	5	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
		6		5			0					
	Fuerzas		0.0 kg	58.5	85.0	92.8	95.	105.	112.0	130.	142.	
				kg	kg	kg	7	2	kg	0	6	
							kg	kg		kg	kg	
4 %	Penetración	2	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
		5		5			0					
	Fuerzas		0.0 kg	45.0	66.5	72.3	75.	82.7	91.1	105.	117.	
				Kg	Kg	Kg	4	Kg	Kg	5	1	
							Kg			Kg	Kg	

6 %	Penetración	1	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50
		2		5			0				
	Fuerzas		0.0	30.0	44.5	49.3	50.	53.7	64.6	77.5	86.6
			Kg	Kg	Kg	Kg	4	Kg	Kg	Kg	Kg
							Kg				
	Penetración	5	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50
		6		5			0				
	Fuerzas		0.0 kg	63.7	85.8	93.8	97.	107.	115.2	127.	142.
				Kg	Kg	Kg	0	2	Kg	0	2
							Kg	Kg		Kg	Kg
	Penetración	2	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50
	5		5			0					
Fuerzas		0.0 kg	50.2	67.3	73.3	76.	84.7	94.3	102.	116.	
			Kg	Kg	Kg	7	Kg	Kg	5	7	
						Kg			Kg	Kg	
Penetración	1	0	0.02	0.05	0.075	0.1	0.20	0.30	0.40	0.50	
	2		5			0					
Fuerzas		0.0	35.2	45.3	50.3	51.	55.7	67.8	74.5	86.2	
		Kg	Kg	Kg	Kg	7	Kg	Kg	Kg	Kg	
						Kg					

Fuente. Elaboración propia.

Figura 16 Curva de penetración

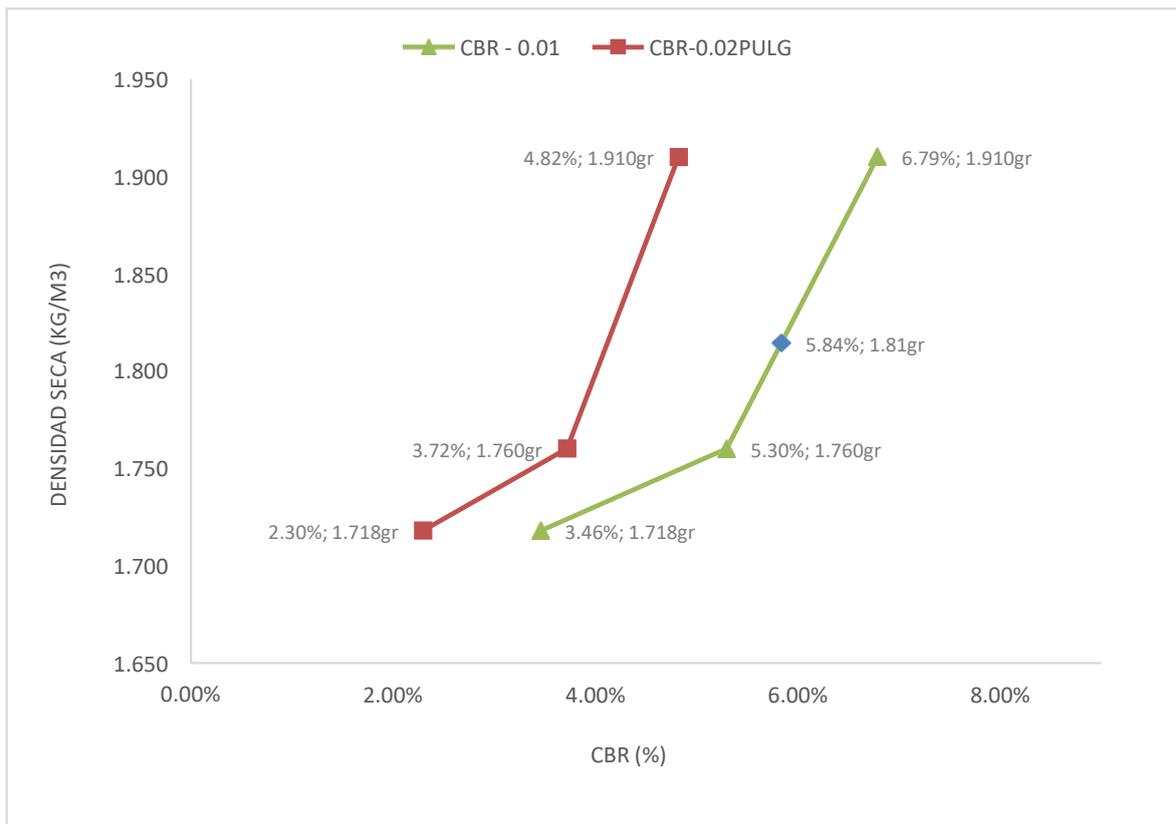


Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 20 y en la figura 16, se observa que el esfuerzo a la penetración en psi con respecto a la penetración en pulgadas, se evidencia que nuestra curva sube paulatinamente resultando así que nuestra capacidad es resistente en la subrasante, sub base y en la base es así que se puede evidenciar que la adición de Pet va mejorando la calidad y resistencia de nuestro suelo.

Figura 17

Curva Densidad seca vs CBR



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 17 se observa que nuestro CBR AL 100% DE MDS nos da como resultado un porcentaje de 6.79%, por lo tanto, ese porcentaje representara el diseño de nuestro CBR, se considera también que nuestro material de la subrasante es regular, al colocar nuestra dosificación del Pet nos da como resultado que el valor de CBR indicado es viable debido a que el CBR a 0.01" es mayor que el de 0.02".

Resultados obtenidos del ensayo de CBR de la muestra de la calicata N°2 con las dosificaciones PET del 0%,2%,4%,6%.

Tabla 21

Datos de compactación

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	11818 GR	11460 GR	11347 GR
PESO MOLDE	7384.0gr	7384.0gr	7384.0gr
PESO MUESTRA HUMEDA	4434.0gr	4076.0gr	3963.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr
DENSIDAD HUMEDAD	2.09gr/cm3	1.92gr/cm3	1.87gr/cm3
DENSIDAD SECA	1.90gr/cm3	1.75gr/cm3	1.71gr/cm3

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 21, se visualiza los datos de resultados del ensayo de CBR de la calicata N° 2, con una energía de compactación de 56, 25 y 10 golpes, donde se tuvo los siguientes resultados teniendo así como peso de suelo húmedo un 4434.0gr, 4076.0gr, 3963.0gr respectivamente, se evidencia una densidad húmeda de 2.09gr/cm3, 1.92gr/cm3, 1.87gr/cm3 para cada energía de compactación escogida, obteniendo así una densidad seca de 1.90 gr/cm3 para 56 golpes, 1.75 gr/cm3 para 25 golpes y 1.71 gr/cm3 para 12 golpes.

Tabla 22 Datos de esponjamiento

N.º DE GOLPES POR CAPA		56			25			12		
MOLDE N.º		1			2			3		
FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIE NTO		DIAL	ESPONJAMIE NTO		DIAL	ESPONJAMIE NTO	
		0.001 pg	mm	%	0.001 pg	mm	%	0.001 pg	mm	%
8/07/2023	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%
9/07/2023	24	7.3	0.1854	0.15%	10.7	0.2717	0.23%	12.2	0.309	0.26%
10/07/2023	48	12.7	0.3225	0.27%	17.6	0.4470	0.37%	25.5	0.647	0.54%
11/07/2023	72	22.1	0.5613	0.47%	26.1	0.6629	0.55%	28.1	0.713	0.59%
12/07/2023	96	24.6	0.6248	0.52%	37.4	0.9499	0.79%	41.0	1.041	0.87%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 22, se observa los resultados de expansión que se ha obtuvo de la muestra de la calicata N°2, con un dial de 0.0, 7.3, 12.7, 22.1, 24.6 respectivamente, presentando así un porcentaje de expansión del 0%, 0.18542%, 0.32258%, 0.56134%, 0.62484% respectivamente con respecto a los 56 golpes.

Con respecto a los 25 golpes se obtuvo los siguientes datos con respecto a los resultados del dial son los siguientes, 0.0, 10.7, 17.6, 26.1, 37.4 y presentando también un porcentaje de expansión de 0%, 0.27178%, 0.44704%, 0.66294%, 0.94996% respectivamente.

Con respecto a los 12 golpes los datos fueron los siguientes como dial se obtuvo los siguientes datos, 0.0, 12.2, 25.5, 28.1, 41.0 respectivamente, con un porcentaje de expansión de 0%, 0.30988%, 0.6477%, 0.71374%, 1.0414% respectivamente.

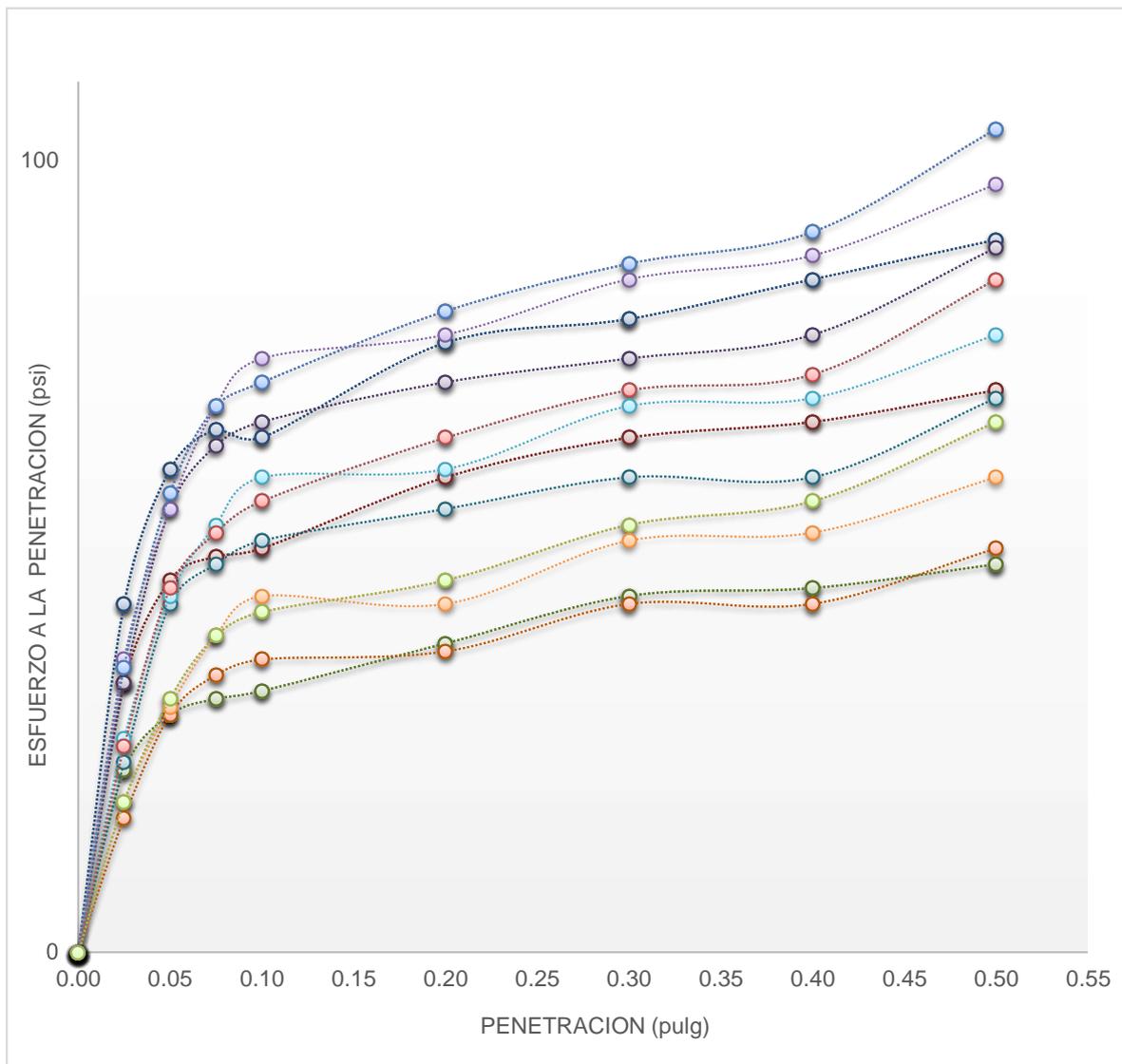
Tabla 23 Datos de ensayo de penetración

		PENETRACI ÓN	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
0%	Fuerzas		0.0	59.9	82.9	88.3	90.1	104.2	109.1	115.0	122.5	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	
	Fuerzas		0.0	46.4	64.4	67.8	69.8	81.7	88.2	90.5	97.0	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	
2%	Fuerzas		0.0	31.4	40.4	43.8	44.8	52.7	61.7	62.5	66.5	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
	Penetración	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	
	Fuerzas		0.0	46.6	75.9	87.7	91.2	98.6	102.0	106.8	120.9	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	
4%	Fuerzas		0.0	33.1	60.4	67.2	70.9	76.1	81.1	82.3	95.4	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	
	Fuerzas		0.0	23.1	41.4	48.2	50.9	52.1	59.6	59.3	69.9	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
	Penetración	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	
	Fuerzas		0.0	49.2	78.3	93.3	98.4	110.4	118.1	124.5	141.5	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	
	Fuerzas		0.0	35.7	62.8	72.8	78.1	87.9	97.2	100.0	116.0	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	

6%	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0	25.7	43.8	53.8	58.1	63.9	73.7	77.0	90.5
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0	49,8	76.4	93.9	102.0	105.0	115.0	119.9	132.0
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0	36.3	60.9	73.4	81.7	83.2	94.1	95.4	106.5
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0	26.3	41.9	54.4	61.7	59.2	70.6	72.4	81.0
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

Fuente. Elaboración propia.

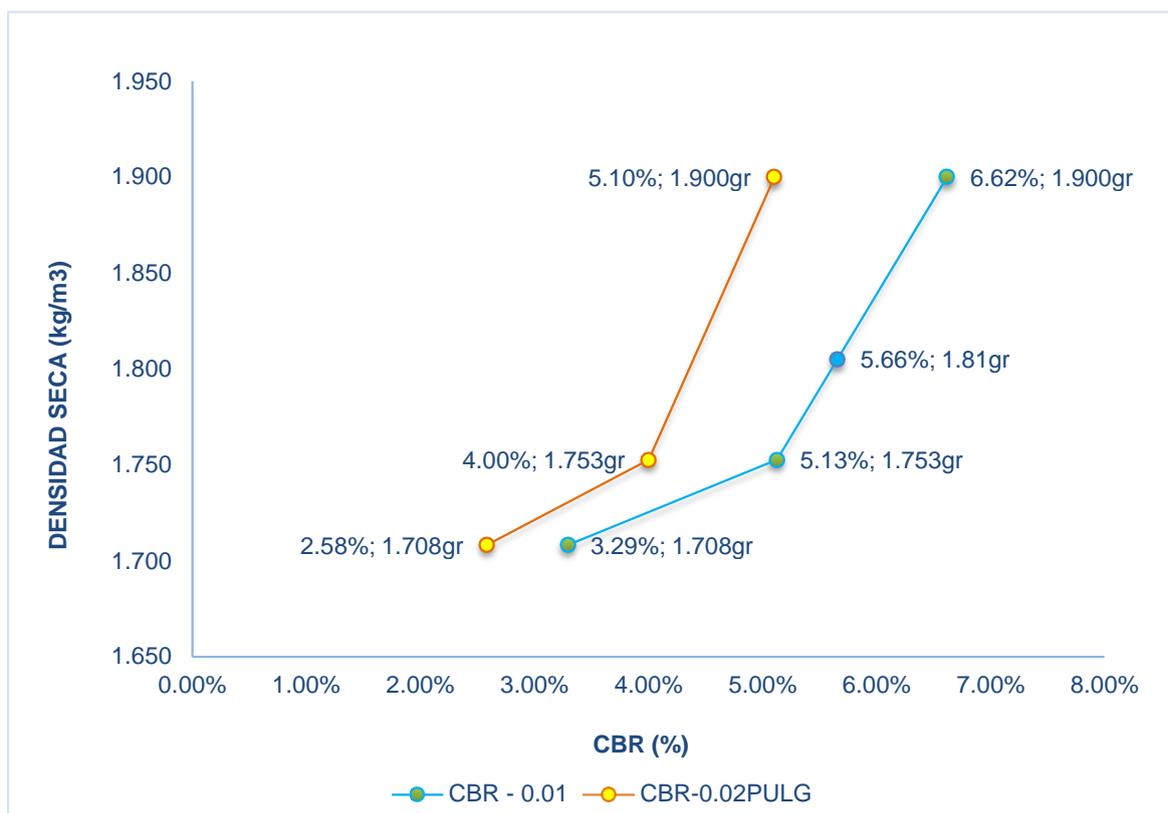
Figura 18 Curva de penetración



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 23 y en la figura 18, se observa que el esfuerzo a la penetración con respecto a la penetración, se evidencia que nuestra curva sube gradualmente resultando así que nuestra capacidad de resistencia en la subrasante, sub base y en la base es así que se puede evidenciar que la adición de Pet va mejorando la calidad y resistencia de nuestro suelo.

Figura 19 Curva Densidad seca vs CBR



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 19 se evidencia que el CBR al 100% de máxima densidad seca nos da como resultado un porcentaje de 6.62%, por ende ese porcentaje representara el diseño de nuestro CBR, se considera también que nuestro material de lasubrasante es regular, al colocar nuestra dosificación del Pet nos da como resultado que el valor de CBR indicada que es viable debido a que el CBR a 0.01"es mayor que el de 0.02".

Resultados obtenidos del ensayo de CBR de la muestra de la calicata N°3 con las dosificaciones PET del 0%,2%,4%,6%.

Tabla 24 Datos de compactación

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	11845 GR	11506 GR	11385 GR
PESO MOLDE	7384.0gr	7384.0gr	7384.0gr
PESO MUESTRA HUMEDA	4461.0gr	4122.0gr	4001.0gr
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr	2120.6gr	2120.6gr
DENSIDAD HUMEDAD	2.10gr/cm ³	1.94gr/cm ³	1.89gr/cm ³
DENSIDAD SECA	1.92gr/cm ³	1.78gr/cm ³	1.73gr/cm ³

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 24, se visualiza los resultados del ensayo de CBR de la calicata N°3, con una energía de compactación de 56, 25 y 10 golpes, donde se obtuvo los siguientes datos como el peso de muestra de suelo húmedo de 4461.0gr, 4122.0gr, 4001.0gr respectivamente, además se evidencia una densidad húmeda de 2.10gr/cm³, 1.94gr/cm³, 1.89gr/cm³ respectivamente, para cada energía de compactación elegida, teniendo así como densidad seca de 1.92gr/cm³ para 56 golpes, 1.78gr/cm³ para 25 golpes y 1.73gr/cm³ para 12 golpes.

Tabla 25 Datos de esponjamiento

N.º DE GOLPES POR CAPA		56			25			12		
MOLDE N.º		1			2			3		
FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIE NTO		DIAL	ESPONJAMIE NTO		DIAL	ESPONJAMIE NTO	
		0.001 pg	mm	%	0.001 pg	mm	%	0.001 pg	mm	%
8/07/2023	0	0.0	0	0.00	0.0	0	0.00	0.0	0	0.00%
9/07/2023	24	7.9	0.2006	0.17	11.3	0.2870	0.24	13.3	0.337	0.28%
			6	%		2	%		82	
10/07/2023	48	13.8	0.3505	0.29	18.2	0.4622	0.39	27.7	0.703	0.59%
3			2	%		8	%		58	
11/07/2023	72	23.9	0.6070	0.51	27.9	0.7086	0.59	30.4	0.772	0.64%
3			6	%		6	%		16	
12/07/2023	96	25.1	0.6375	0.53	40.1	1.0185	0.85	43.4	1.102	0.92%
3			4	%		4	%		36	

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 25, se estima los siguientes resultados de esponjamiento que se ha obtuvo de la muestra de la calicata N°3, con un dial de 0.0, 7.9, 13.8, 23.9, 25.1 respectivamente, presentando así un porcentaje de esponjamiento del 0%, 0.18542%, 0.32258%, 0.56134%, 0.62484% respectivamente a los 56 golpes.

Con respecto a los 25 golpes se obtuvo los siguientes datos con respecto a los resultados del dial son los siguientes, 0.0, 11.3, 18.2, 27.9, 40.1 respectivamente y presentando también un porcentaje de esponjamiento de 0%, 0.28702%, 0.46228%, 0.70866%, 1.01854% respectivamente.

Con respecto a los 12 golpes los datos fueron los siguientes como dial se obtuvo los siguientes datos, 0.0, 13.3, 27.7, 30.4, 43.4 respectivamente, con un porcentaje De esponjamiento de 0%, 0.33782%, 0.70358%, 0.77216%, 1.10236% respectivamente.

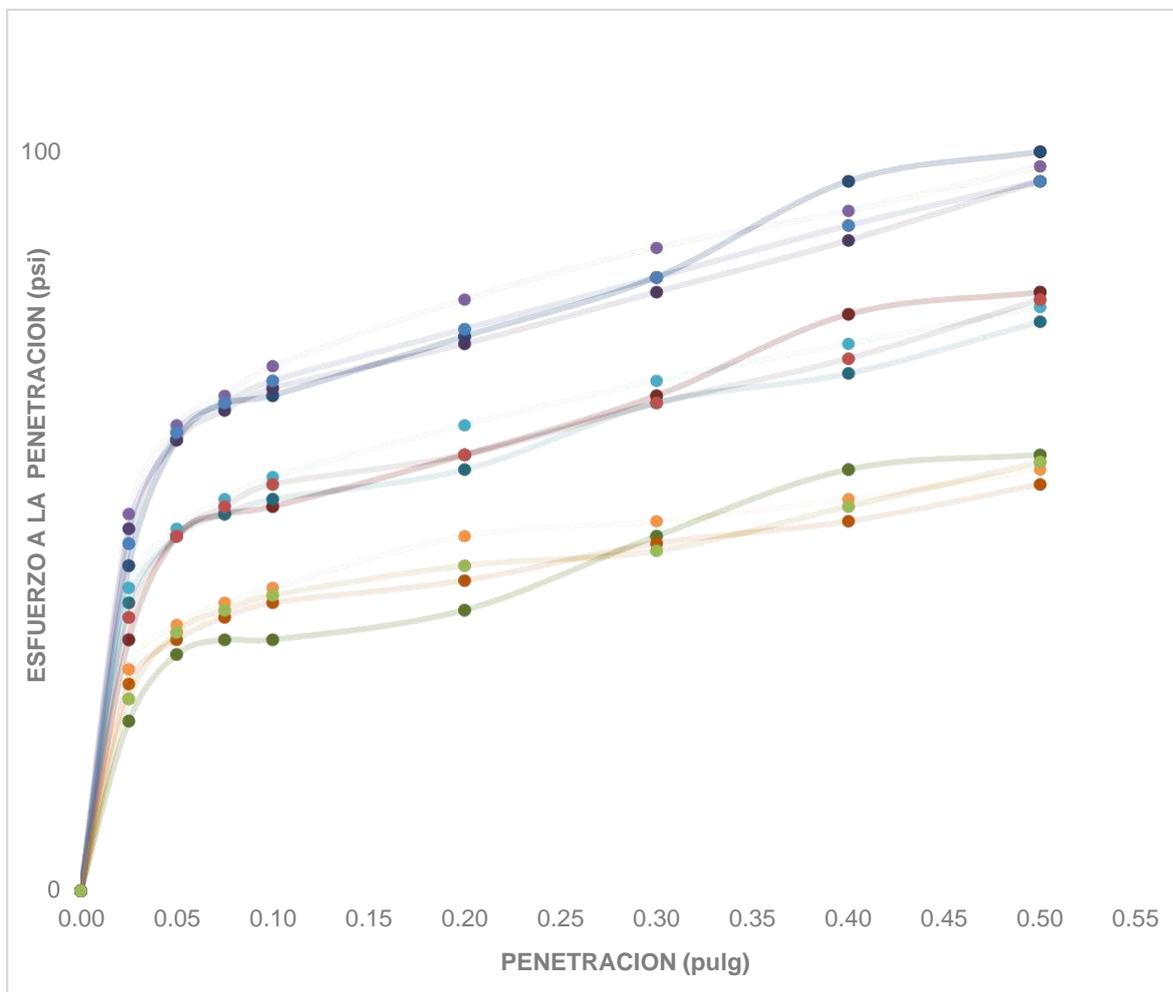
Tabla 26 Datos de ensayo de penetración

0%	PENETRACIÓN	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	59.7	83.6	89.3	91.4	102.6	112.6	130.4	136.1
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	46.2	65.1	68.8	71.1	80.1	91.7	105.9	110.6
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	31.2	43.1	45.8	46.1	51.1	65.2	77.9	80.1
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
2%	Penetración	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	66.6	83.4	88.8	92.8	100.1	110.7	120.0	130.8
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	53.1	64.9	69.3	72.5	77.6	89.8	95.5	105.3
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	38.1	46.9	50.3	52.5	56.6	63.3	67.5	74.8
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
4%	Fuerzas		0.0 Kg	64.5	83.7	89.9	94.5	103.0	113.3	122.8	135.0
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	51.0	65.2	70.4	74.2	80.5	89.4	98.3	109.5
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

6%	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	36.0Kg	47.2	51.4	54.2	59.5	62,9	70.3	79.0
					Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	56	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	69.7	85.2	91.7	96.6	108.9	118.2	125.3	133.0
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	25	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	56.2	66.7	72.2	76.3	86.4	94.3	100.8	107.5
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	Penetración	12	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	Fuerzas		0.0 Kg	41.2	48.7	53.2	56.3	65.4	67.8	72.8	77.0
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

Fuente. Elaboración propia.

Figura 20 Curva de penetración

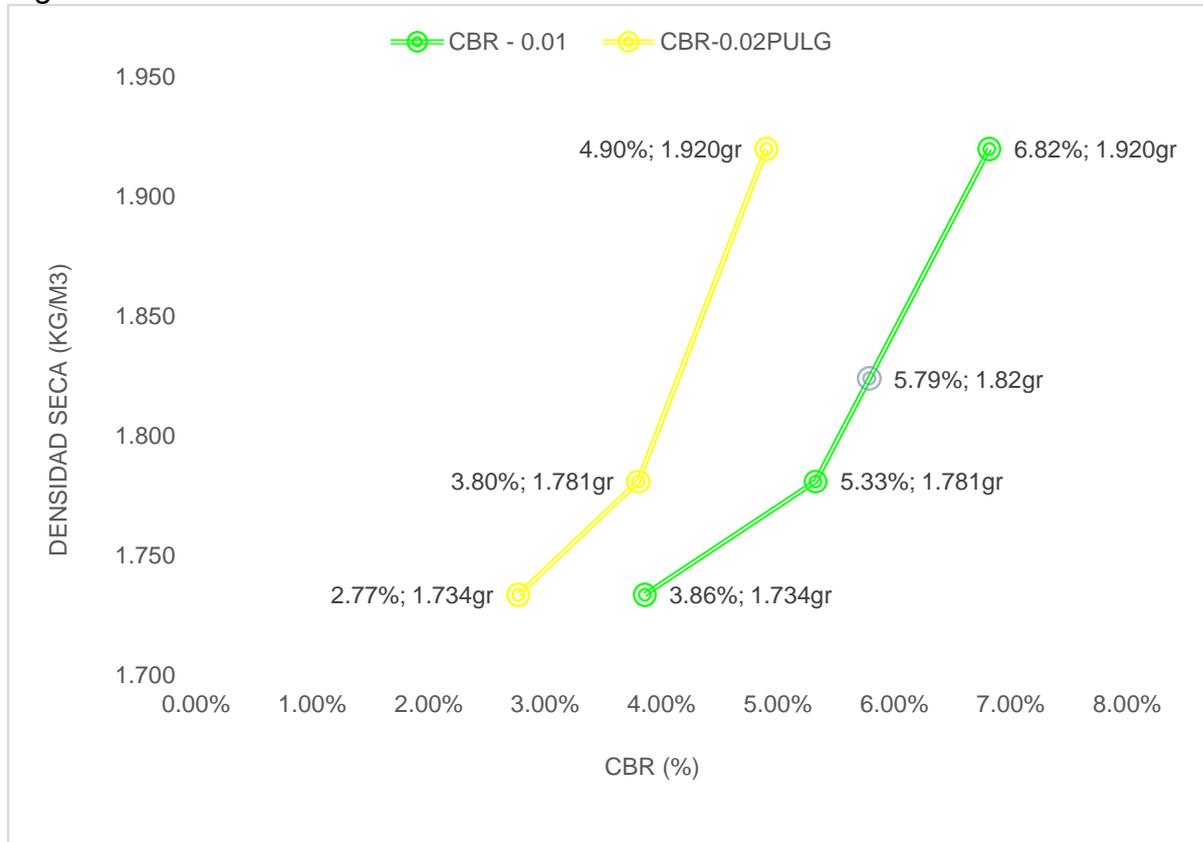


Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 26 y en la figura 20, se visualiza que el esfuerzo a la penetración con respecto a la penetración, se evidencia que nuestra curva sube ascendentemente

Resultando así que nuestra capacidad de resistencia en la subrasante, sub base y en la base es así que se puede evidenciar que la adición de Pet va mejorando la calidad y resistencia de nuestro suelo estudiado.

Figura 21 Curva Densidad seca vs CBR



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 21, se evidencia que el CBR al 100% de máxima densidad seca nos da como resultado un porcentaje de 6.82%, por ende ese porcentaje representara el diseño de nuestro CBR, se considera también que nuestro material de la subrasante es regular, al colocar nuestra dosificación del Pet nos da como resultado que el valor de CBR indicada que es viable.

ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL

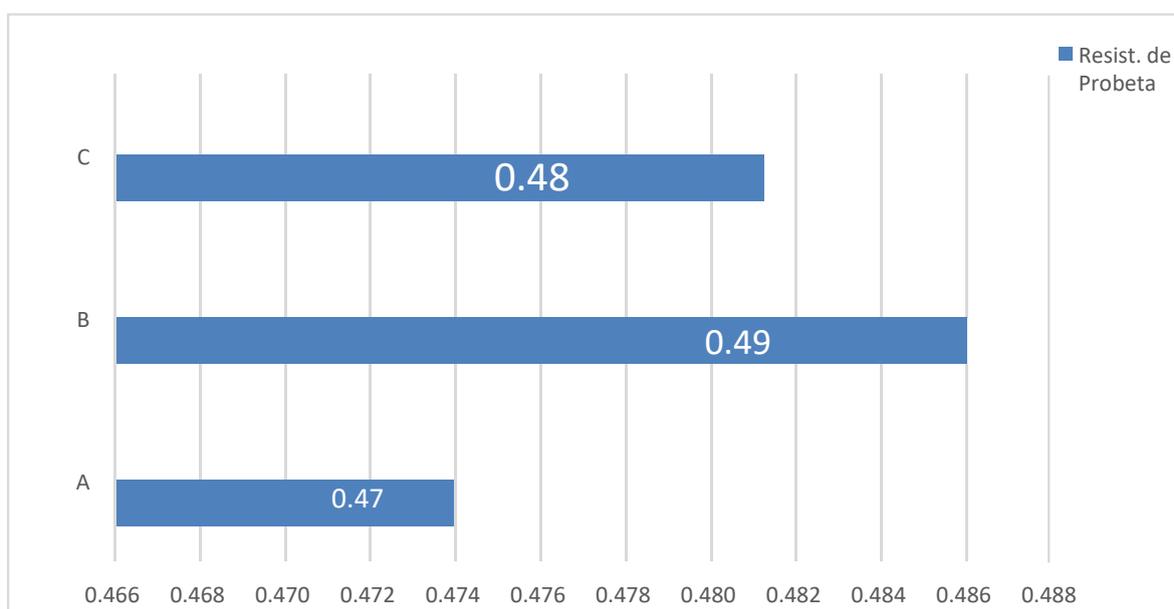
Resultados obtenidos de compresión uniaxial de la muestra de la calicata N°1 con dosificaciones del 0%, 2%, 4% y 6%.

Tabla 27 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDA	DIA	RESISTENCIA	
								(días	kg	Resistencia de probeta	
)	(Kg/cm	Mpa	
								7	2)	s	
A	1	0%	2.80 Pulg	5.60 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	192	4.83	0.47
B		0%	2.80 Pulg	5.54 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	197	4.96	0.49
C		0%	2.80 Pulg	5.46 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	195	4.91	0.48

Fuente. Elaboración propia.

Figura 22 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 27 y en la figura 22, se observa que se realizaron tres briquetas denominadas a, b, c, que dieron como resultados con respecto a su resistencia un 4.83kg/cm², 4.96kg/cm² y 4.91kg/cm² y en unidades mega pascales Mpas nos dieron los siguientes datos 0.47, 0.49, 0.48 dichas resistencias nos ayudaron para

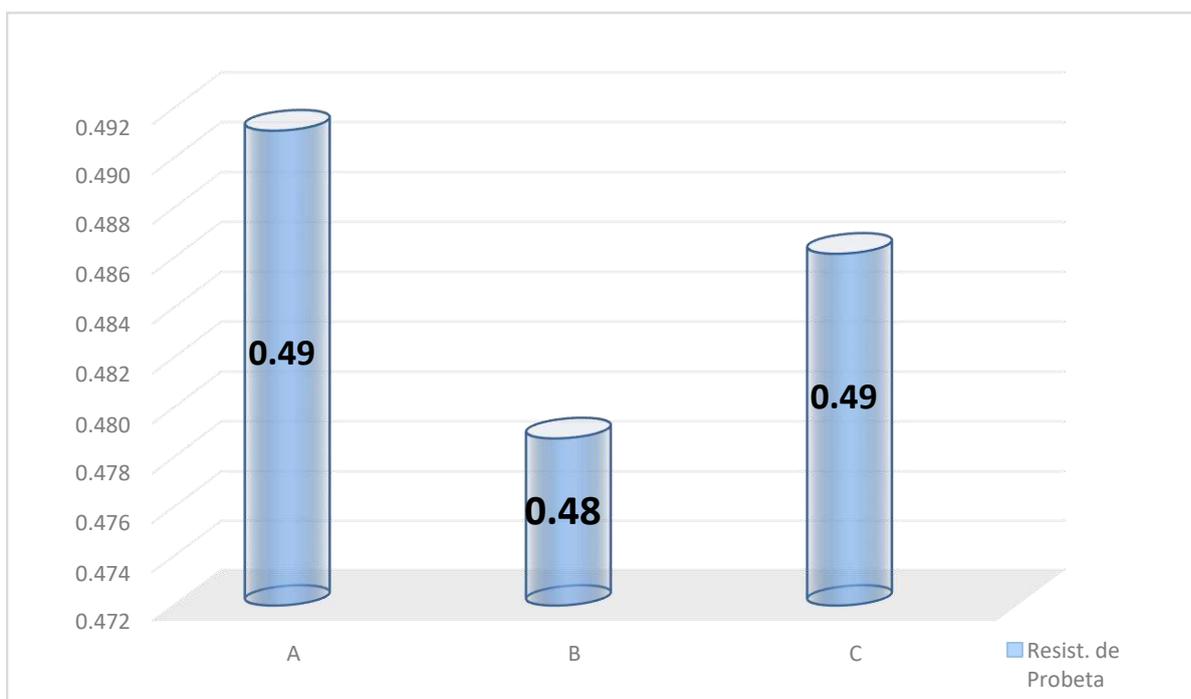
determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse. Obteniendo así un promedio de 4.90 kg/cm².

Tabla 28 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD (días)	DIÁMETRO (kg)	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	2%	2.80 Pulg	5.63 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	199	5.01	0.49
B		2%	2.80 Pulg	5.63 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	194	4.88	0.48
C		2%	2.80 Pulg	5.68 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	197	4.96	0.49

Fuente. Elaboración propia.

Figura 23 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

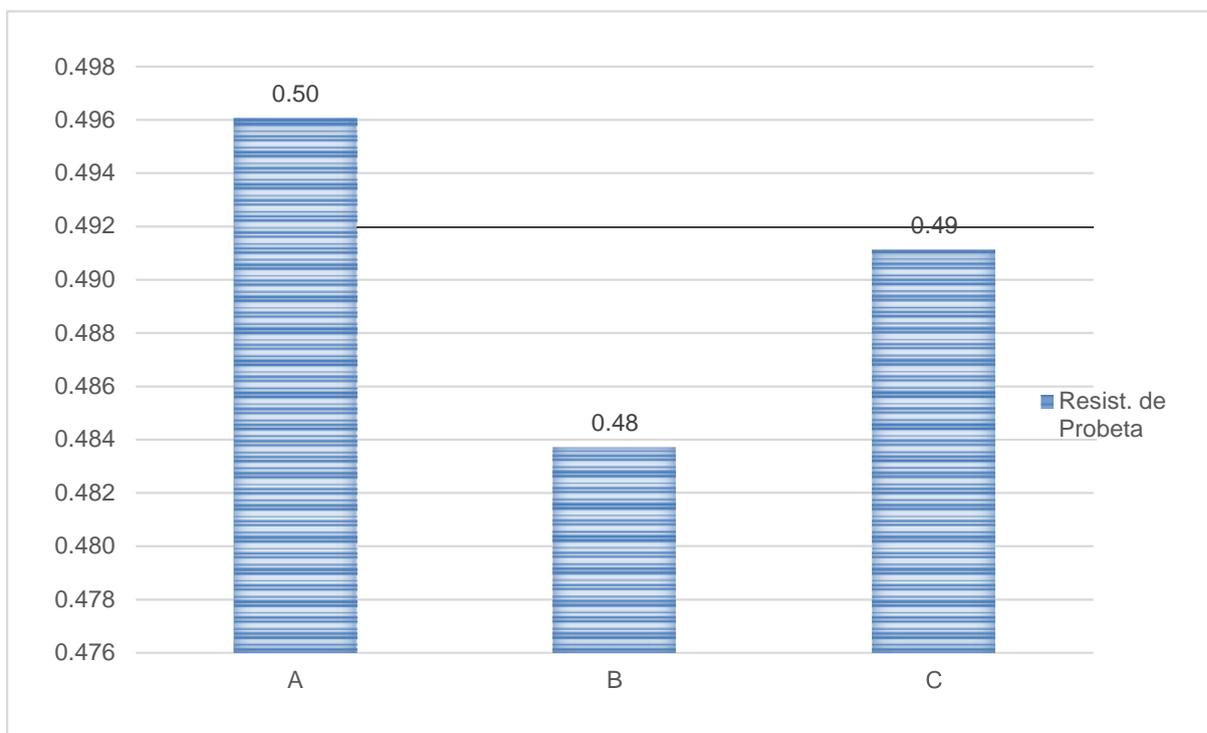
En la tabla 28 y en la figura 23, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvieron los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 5.01kg/cm², 4.88kg/cm² y 4.96kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.49, 0.48, 0.49 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse. Obteniendo así un promedio de 4.95 kg/cm².

Tabla 29 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD (días)	DIÁMULO (kg)	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	4%	2.80 Pulg	5.75 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	201	5.06	0.50
B		4%	2.80 Pulg	5.66 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	196	4.93	0.48
C		4%	2.80 Pulg	5.60 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	199	5.01	0.49

Fuente. Elaboración propia.

Figura 24 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

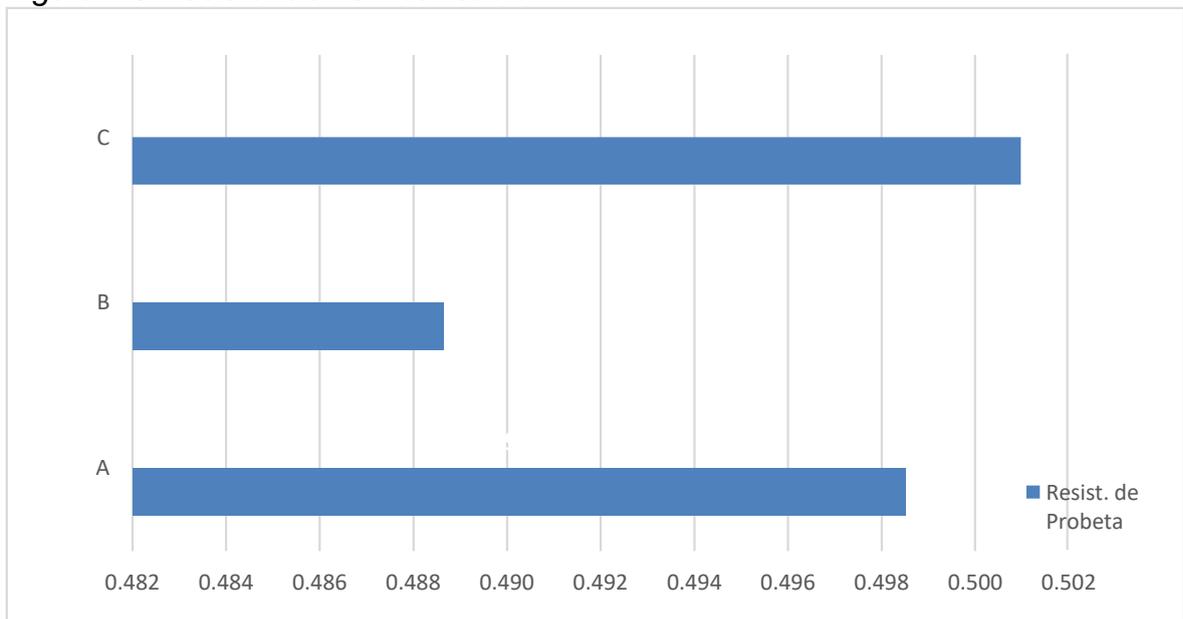
En la tabla 29 y en la figura 24, se realizó tres briquetas denominadas a, b, c, donde se tuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 5.06kg/cm², 4.93kg/cm² y 5.01kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.50, 0.48, 0.49 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse. Obteniendo así un promedio de .5.00 kg/cm².

Tabla 30 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD	DIA L	RESISTENCIAS	
										Resistencia de probeta	
A	1	6%	2.80 Pulg	5.46 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	(días) 7	202	5.08 (Kg/cm ²)	0.50 (Mpas)
B		6%	2.80 Pulg	5.60 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	días 7	198	4.98 (Kg/cm ²)	0.49 (Mpas)
C		6%	2.80 Pulg	5.66 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	días 7	203	5.11 (Kg/cm ²)	0.50 (Mpas)

Fuente. Elaboración propia.

Figura 25 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 30 y en la figura 25, se realizó tres briquetas denominadas a, b, c, donde se tuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 5.08kg/cm², 4.98kg/cm² y 5.11kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.50, 0.49, 0.50 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse. Obteniendo así un promedio de 5.06 kg/cm²

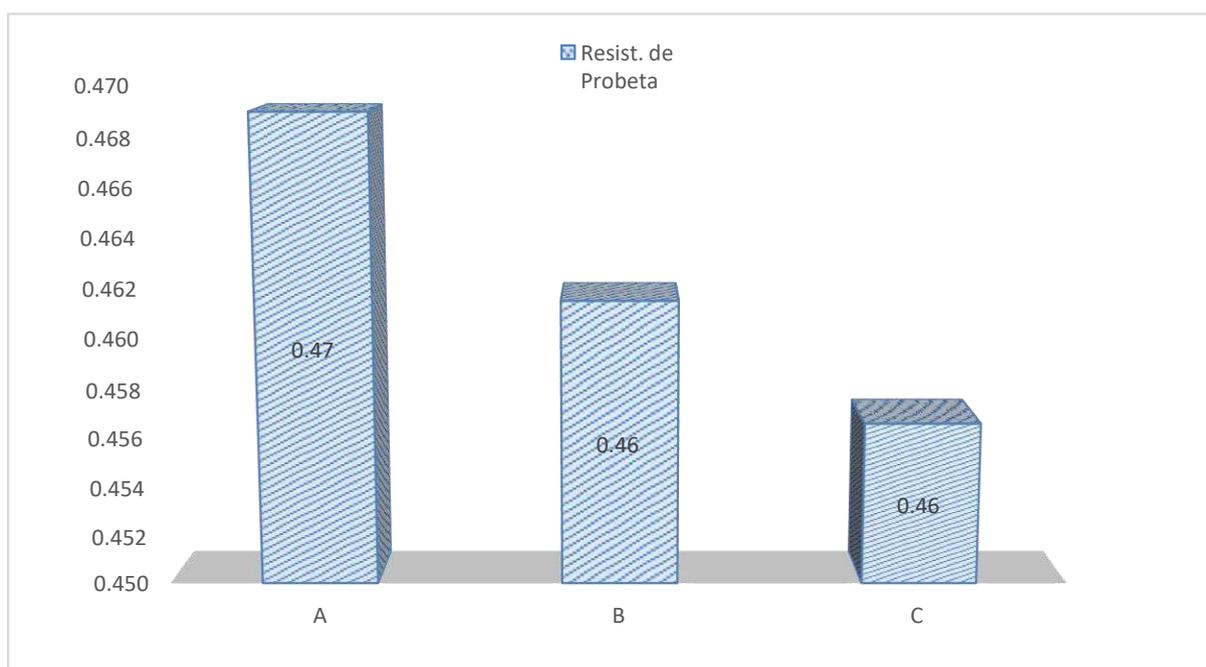
Resultados obtenidos de compresión uniaxial de la muestra de la calicata N°2 con dosificaciones del 0%, 2%, 4% y 6%.

Tabla 31 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD (días)	CARGA (kg)	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	0%	2.80 Pulg	5.66 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	190	4.78	0.47
B		0%	2.80 Pulg	5.40 Pulg	6.16 Pulg ²	1.9	1.00	7 días	187	4.71	0.46
C		0%	2.80 Pulg	5.65 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	185	4.66	0.46

Fuente. Elaboración propia.

Figura 26 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

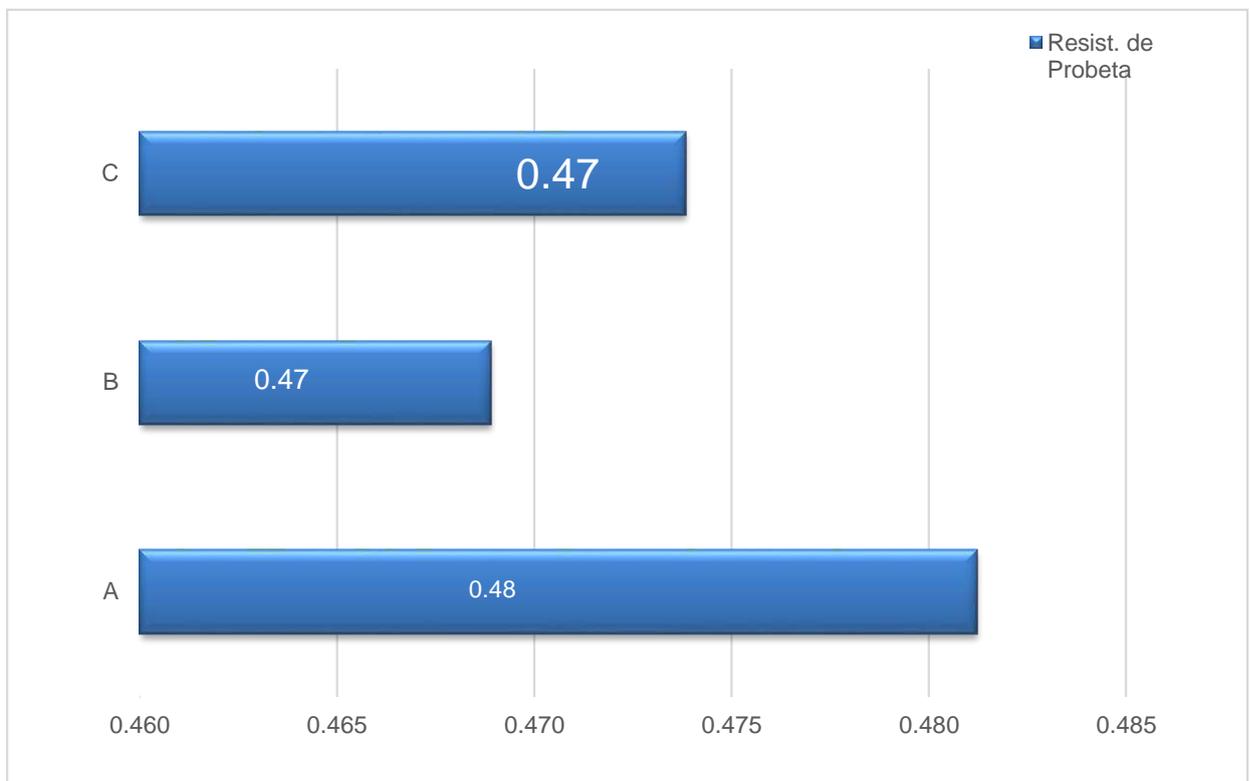
En la tabla 31 y en la figura 26, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 4.78kg/cm², 4.71kg/cm² y 4.66kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.47, 0.46, 0.46 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 5.06 kg/cm².

Tabla 32 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD	DÍA	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	2%	2.80 Pulg	5.68 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	195 kg	4.91	0.48
B		2%	2.80 Pulg	5.54 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	190 kg	4.78	0.47
C		2%	2.80 Pulg	5.59 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	192 kg	4.83	0.47

Fuente. Elaboración propia.

Figura 27 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

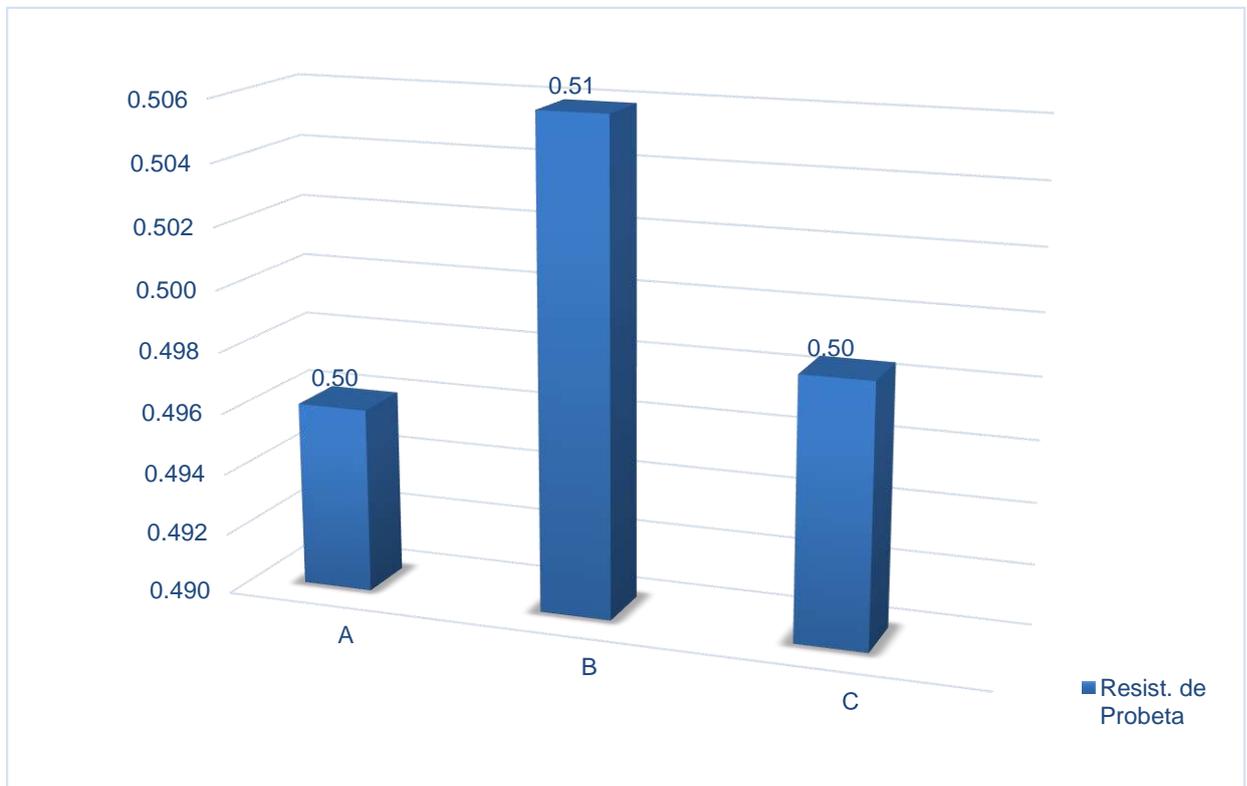
En la tabla 32 y en la figura 27, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 4.91kg/cm², 4.78kg/cm² y 4.83kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.48, 0.47, 0.47 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 4.84 kg/cm².

Tabla 33 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD	DÍA	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	4%	2.80 Pulg	5.60	6.16	2.0	1.00	7 días	201	5.06	0.50
				Pulg	Pulg ²					5.16	0.51
				5.63	6.16					5.08	0.50
B		4%	2.80 Pulg	5.52	6.16	2.0	1.00	7 días	205	5.16	0.51
C		4%	2.80 Pulg	5.63	6.16	2.0	1.00	7 días	202	5.08	0.50

Fuente. Elaboración propia.

Figura 28 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

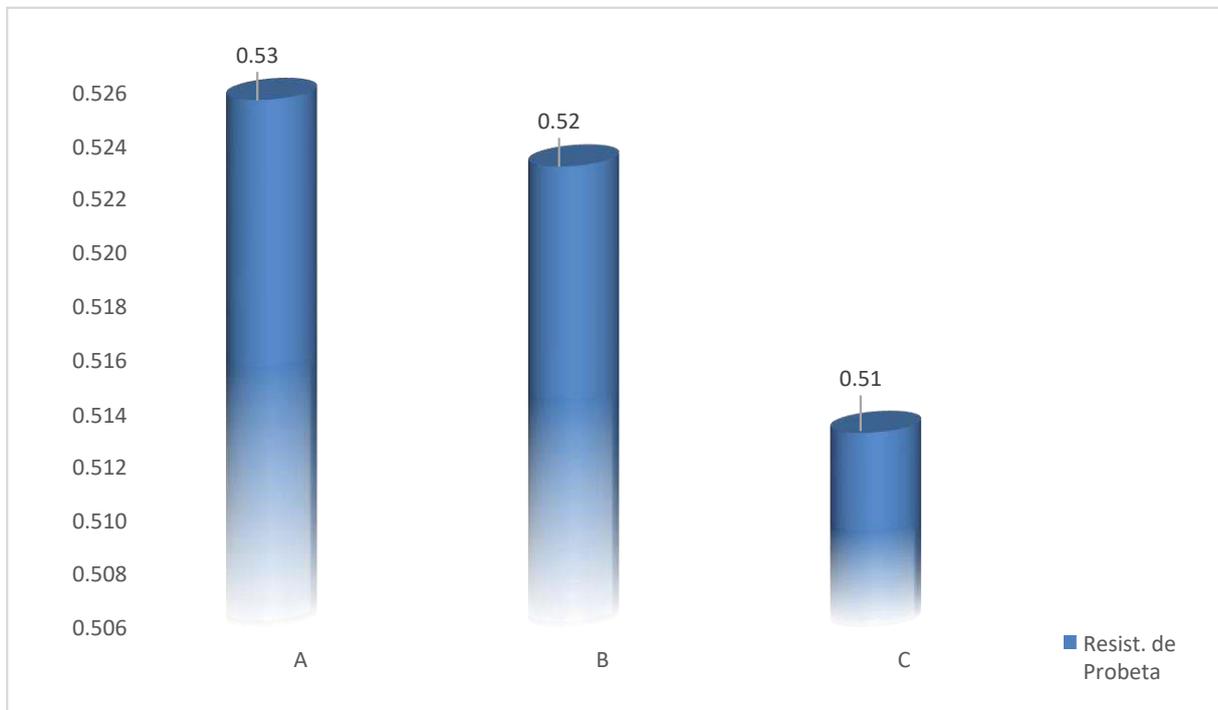
En la tabla 33 y en la figura 28, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 5.06kg/cm², 5.16kg/cm² y 5.08kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.50, 0.51, 0.50 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 5.10 kg/cm².

Tabla 34 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD	DIA L	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	6%	2.80 Pulg	5.49	6.16	2.0	1.00	7 días	213 kg	5.36	0.53
				Pulg	Pulg ²					4.34	0.52
				5.68	6.16					5.24	0.51
B		6%	2.80 Pulg	5.63	6.16	2.0	1.00	7 días	212 kg	4.34	0.52
C		6%	2.80 Pulg	5.68	6.16	2.0	1.00	7 días	208 kg	5.24	0.51

Fuente. Elaboración propia.

Figura 29 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 34 y en la figura 29, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 5.36kg/cm², 4.34kg/cm² y 5.24kg/cm² y en unidades megapascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.53, 0.52, 0.51 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 5.31kg/cm²

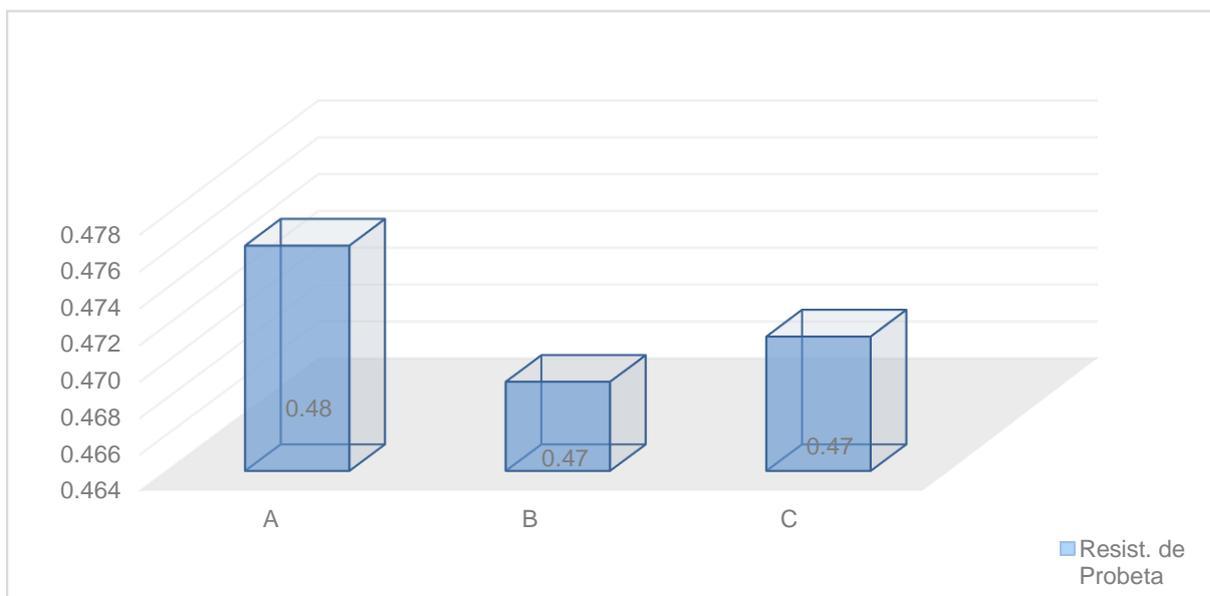
Resultados obtenidos de compresión uniaxial de la muestra de la calicata N°3 con dosificaciones del 0%, 2%, 4% y 6%.

Tabla 35 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD	DIÁM. L	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	0%	2.80 Pulg	5.63	6.16	2.0	1.00	7 días	193 kg	4.86	0.48
				Pulg	Pulg ²						
B	1	0%	2.80 Pulg	5.49	6.16	2.0	1.00	7 días	190 kg	4.78	0.47
				Pulg	Pulg ²						
C	1	0%	2.80 Pulg	5.60	6.16	2.0	1.00	7 días	191 kg	4.81	0.47
				Pulg	Pulg ²						

Fuente. Elaboración propia.

Figura 30 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

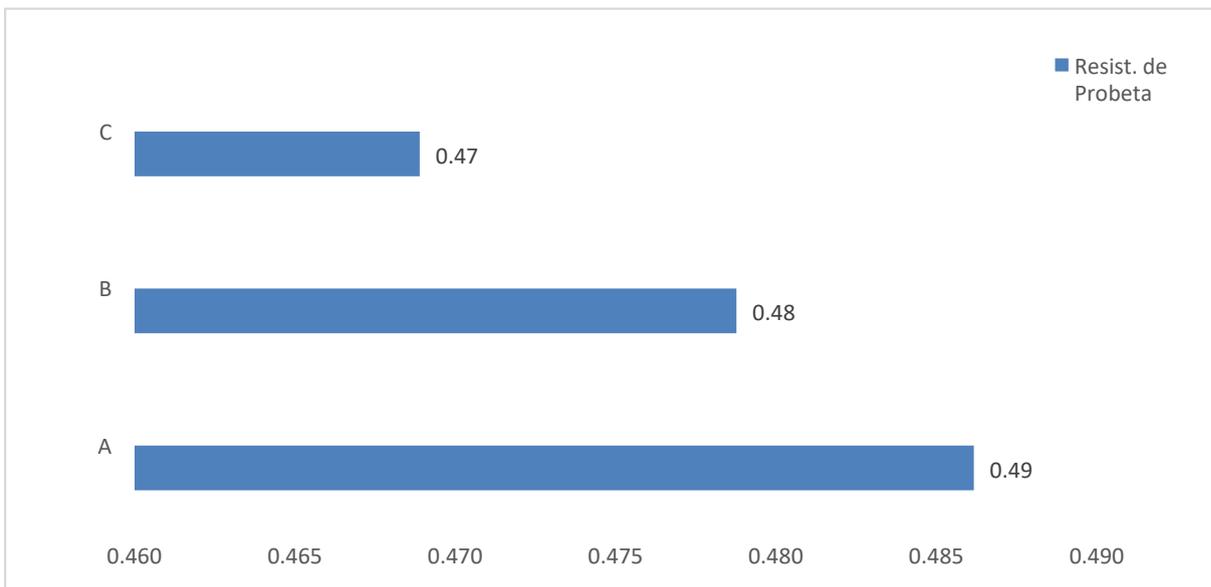
En la tabla 35 y en la figura 30, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 4.86kg/cm², 4.78kg/cm² y 4.81kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.48, 0.47, 0.47 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 4.82kg/cm².

Tabla 36 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD	DÍA	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	2%	2.80 Pulg	5.35 Pulg	6.16 Pulg ²	1.9	1.00	7 días	197	4.96	0.49
B		2%	2.80 Pulg	5.63 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	194	4.88	0.48
C		2%	2.80 Pulg	5.74 Pulg	6.16 Pulg ²	2.1	1.00	7 días	190	4.78	0.47

Fuente. Elaboración propia.

Figura 31 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 36 y en la figura 31, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 4.86kg/cm², 4.78kg/cm² y 4.81kg/cm² y en unidades megapascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.49, 0.48, 0.47 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 4.88kg/cm².

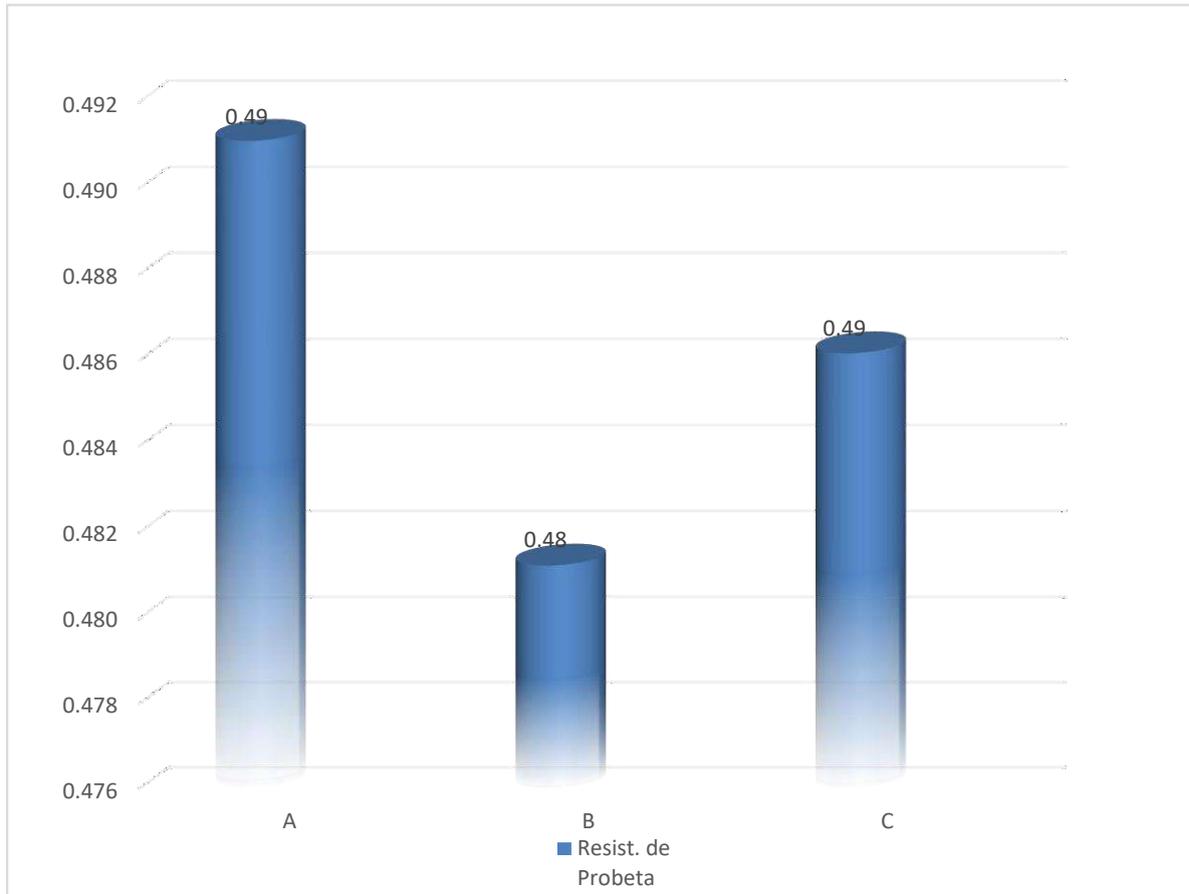
Tabla 37 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD	DÍA	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)

								(días)	kg	(Kg/cm ²)	Mpas
A		4%	2.80 Pulg	5.60 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	9.50	5.01	0.49
B	1	4%	2.80 Pulg	5.54 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	9.42	4.91	0.48
C		4%	2.80 Pulg	5.63 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	9.28	4.96	0.49

Fuente. Elaboración propia.

Figura 32 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

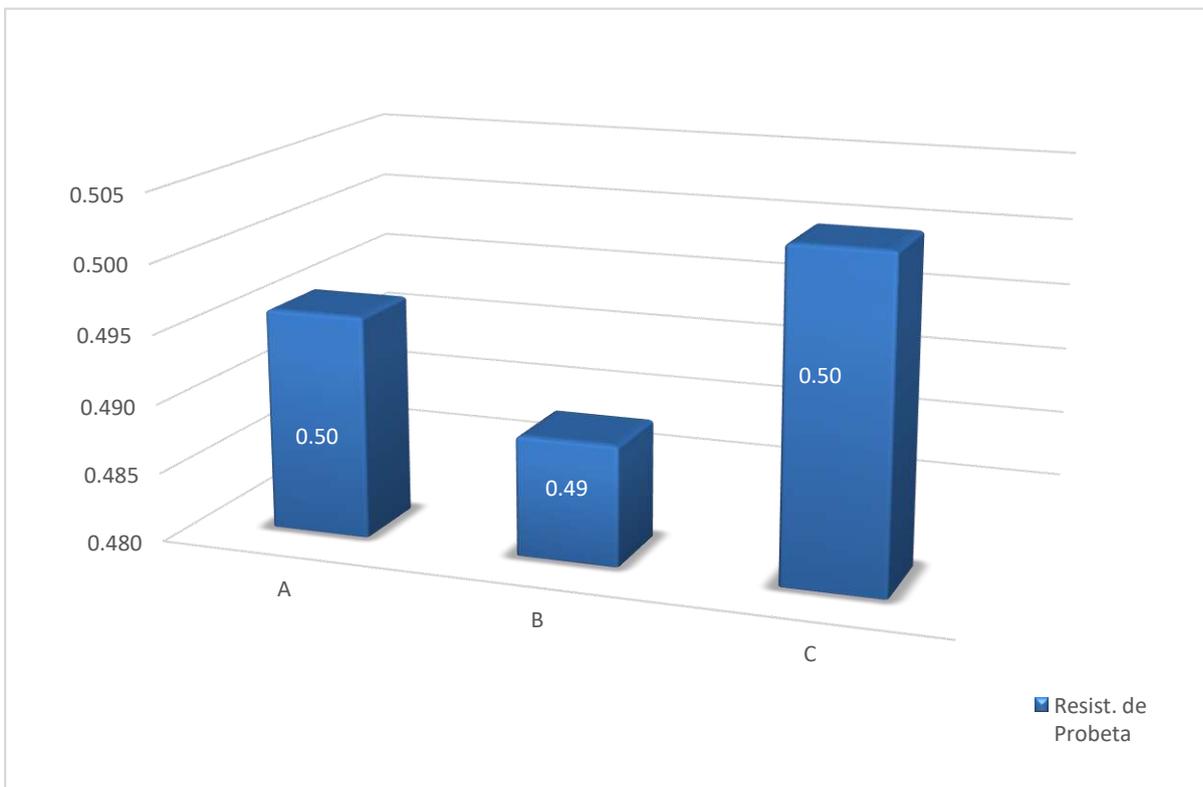
En la tabla 37 y en la figura 32, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 5.01kg/cm², 4.91kg/cm² y 4.96kg/cm² y en unidades megapascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.49, 0.48, 0.49 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 4.96kg/cm².

Tabla 38 Resistencia a la compresión uniaxial en muestras de suelo

N° DE BRIQUETA	N° DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	ALTURA	ÁREA DE LA SECCIÓN	RELACIÓN (D/H)	CORRECCIÓN ESBELTEZ	EDAD (días)	DIAL (kg)	RESISTENCIAS	
										(Kg/cm ²)	(Mpas)
A	1	6%	2.80 Pulg	5.71 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	30.0	5.06	0.50
B		6%	2.80 Pulg	5.60 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	31.0	4.98	0.49
C		6%	2.80 Pulg	5.52 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	7 días	32.0	5.14	0.50

Fuente. Elaboración propia.

Figura 33 Resistencia vs Dosificación



Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 38 y en la figura 33, se realizó tres briquetas denominadas A, B, C, donde se obtuvo los resultados siguientes con respecto a su resistencia un 5.06kg/cm², 4.98kg/cm² y 5.14kg/cm² y en unidades mega pascales (Mpas) nos dieron los siguientes datos 0.50, 0.49, 0.50 dichas resistencias nos ayudaron para determinar su esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar nuestra muestra antes de fracturarse, donde se obtuvo un promedio de 5.06kg/cm².

V.- DISCUSIÓN

Según la tablas de granulometría y límite plástico de nuestros ensayos realizados en laboratorio para nuestras determinaron que la humedad óptima era de un 16.31%,15.40% 13.57% y en términos del análisis granulométrico según López,(2013) citado en los antecedentes internacionales realizo un estudio con el propósito de generar y analizar como la adición de fibras de material plástico reciclado para ver si afecta la resistencia al corte de un suelo, después de obtener sus resultados de las características del suelo en cuestión también dice que cuando más del 50 % de la muestra de nuestro suelo pasa por la malla #200, por ende se trata de un arcilla con baja elasticidad y plasticidad, según nuestros resultados obtenidos en laboratorio nos dio un total de 45.28% esto quiere decir que nuestro suelo arcilloso tiene plasticidad y una baja elasticidad. Es por eso que para dicha investigación se decide incrementar fibras de Pet triturado observando así que la adición de un 2%,4% y 6% de Pet incrementa su cohesión, es por eso que este estudio tubo a favor la incorporación del porcentaje de Pet que oscilen entre el 2% hasta el 6% ya que nos ayudó a mejorar el comportamiento de nuestro suelo arcilloso porque nos aumentó la cohesión y mejor la relación con respecto al esfuerzo – deformación.

En la tabla 10 con respecto a la calicata N°1, N°2, N°3, según los resultados obtenidos en nuestras muestras se dispone que el tipo de suelo de nuestra zona de estudio es un CI es todo indica que contiene arcillas de baja plasticidad y según AASHTO nuestro suelo se clasificó A-4 (5) observando así que nuestras muestra de suelos contienen arcillas de baja elasticidad.es por eso que para mejor dicha calidad de nuestro suelo estudiado utilizamos el Pet como aditivo para poder mejorar las propiedades mecánicas de nuestro suelo.

Según la tabla de contenido de humedad, se obtuvieron en promedio 5.80%, 5,56%, 5,48% en ambas muestra con respecto a nuestras tres calicatas, se determinó que la subrasante de un suelo arcilloso poseía una disminución en la capacidad y un desequilibrio, optando así que la incorporación de Pet triturado nos permitirá aumentar en promedio un 6.79%,6.62%,6.72% del CBR, a causa de la alta

Resistencia al desgaste y corrosión que nos brinda el Pet que se utilizó para nuestra investigación.

El tramo a estudiar se dividió en tres secciones: la primera sección presentaba suelos principalmente finos limosos con baja elasticidad, mientras que la segunda sección de suelos se mostraba contenido de arcillas de ligera maleabilidad y un contenido de grava muy bajo. Se evaluó que la técnica de soporte de las tres calicatas, a medida como el CBR al 6.79%, 6.62%, 6.72% de su densidad máxima seca, esto nos muestra la necesidad de afinar o sustituir el suelo en nuestra subrasante, es así que nuestra investigación concuerda con Muñoz Pérez Liliana, (2012) citado en los antecedentes internacionales, tuvo como objetivo investigar el rendimiento del Pet para determinar las mejores propiedades en términos de relación de resistencia – peso, accesibilidad y deformación mínima para poder determinar su resistencia global e individual. Porque con los resultados obtenidos llegamos a la conclusión que el plástico Pet triturado como aditivo nos ayuda a mejorar las propiedades de nuestro suelo estudiado.

En la tabla N°14 con respecto al Proctor modificado acerca de la compactación de suelos, para nuestra evaluación de las muestras de las calicatas N°1, N°2, N°3, se ejecutó con el objetivo de diagnosticar nuestra máxima densidad seca para un nuestro contenido de humedad. Dando como resultado una muestra variable, una máxima densidad seca (MDS) de 1.91gr/cm³ para la muestra 2 de 1.93gr/cm³ y para la muestra 3 una MDS de 1.95gr/cm³, y un óptimo contenido de humedad de 7.35%, 7.21%, 6.99% respectivamente.

Concordando con Ramos (2014) citado en antecedentes nacionales tuvo como principal objetivo de este caso consistió en mejorar la capacidad de carga de la subrasante de una carretera con baja capacidad portante utilizando polímeros reciclados en ambos tramos de la carretera. En la tabla del CBR, nuestros resultados presentan valores que nos sugiera que es primordial la mejora de este suelo, evidenciando así una diferencia cuando se le incorporo un porcentaje de plástico PET triturado del 2%,4%, 6%, indicando así la mejora de nuestro suelo estudiado.

En la tabla de compresión uniaxial se observa que nuestros resultados obtenidos son favorables por el crecimiento significativo de un 0.05% porque fue incrementando de 4.90%, 4.95%,5.0% es decir que la incrementación de nuestro Pet es viable, porque nuestro Pet genero una cohesión mecánica ya que nuestras fallas fueron sub superficiales verticalmente, el cual nuestro Pet estuvo distribuido en filamentos al momento de realizar la prueba el Pet actuó y nos permitió que no haya fallas generando una desviación por la carga axial que se aplicó, nuestro Pet genero una cohesión con el suelo generando una estabilidad con el suelo estudiado.

VI.- CONCLUSIONES

1.- En el sector de Tincuypampa, se observó la existencia de suelos arcillosos en las calicatas N° 1, N°2, N°3, ejecutando la incorporación del 2%, 4%, 6% de plástico PET, se vio una mejora en su CBR, también se evidencio que nuestro suelo en sus propiedades y características presento un cambio, observando las mejoras para nuestra estabilización de nuestra subrasante del sector de Tincuypampa. Dando como resultado una muestra variable, una máxima densidad seca (MDS) de 1.91gr/cm³ para la muestra 2 de 1.93gr/cm³ y para la muestra 3 una MDS de 1.95gr/cm³, y un óptimo contenido de humedad de 7.35%, 7.21%, 6.99% respectivamente.

2.- Para nuestra investigación realizamos ensayos en laboratorio para poder determinar y mejorar la condición, la calidad del suelo del sector de Tincuypampa, dónde nos arrojaron los siguientes resultados con respecto a la granulometría, teniendo los siguientes datos un contenido de 0.00% gravas, 28.68% de arenas y 71.32% de material fino que pasaron la malla N° 200, donde se clasifico a nuestro suelo según SUCS un material CL y según AASHTO A-4(5), arcilla de baja elasticidad. Con respecto a nuestro contenido de humedad se obtuvo un 16.31% de humedad y una máxima densidad seca de 1.91gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 9.89%. Con respecto a nuestros valores obtenidos en el CBR para las calicatas, se obtuvieron valores viables, evidenciando así la que el plástico Pet triturado funciona como estabilizador de suelos arcillosos porque mejora su calidad del suelo.

3.- Se llevaron a cabo las pruebas necesarias para determinar el estado y la calidad del suelo y la adición de 2%, 4%, 6% de plástico PET triturado de las secciones seleccionadas para el análisis correspondiente nos dio buenos resultados en términos de resistencia de compresión uniaxial, dando como resultados obtenidos son favorables porque se tuvo un crecimiento significativo de un 0.05% porque fue incrementando de 4.90%, 4.95%,5.0% es decir que la incrementación de nuestro Pet es viable cuando se realizó la rotura de nuestra briqueta el Pet triturado actuó de manera favorable ya que al momento de fallar lo hizo sub superficialmente con

Eso se concluye que el Pet triturado como aditivo para la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante es viable y confiable.

4.- Las propiedades de nuestras muestras de arcilla obtenidas se compararon con plástico PET triturado con la adición de 2%, 4%, 6%, lo que identificó pequeñas diferencias en los valores obtenidos en términos de tamaño de partícula, límite de Atterberg y contenido de humedad, dando como resultado la mismo tamaño de partícula. La diferencia entre las dos muestras se determinó en la prueba CBR, ya que esta prueba está diseñada para determinar la capacidad de carga y resistencia de nuestro suelo en particular. Dando como resultado una máxima densidad seca (MDS) de 1.91gr/cm³ para la muestra 2 de 1.93gr/cm³ y para la muestra 3 una MDS de 1.95gr/cm³, y un óptimo contenido de humedad de 7.35%, 7.21%, 6.99% respectivamente. Finalmente, la CBR potencial se observó generalmente con dosis del 2%, 4% y 6%.

VII.- RECOMENDACIONES

Para unas próximas investigaciones se recomienda implementar la incorporación de más porcentajes en la dosificación de Pet triturado ya que las dosificaciones que se empleó para la investigación aportaron una resistencia para mejorar la calidad de nuestro suelo.

Se recomienda el uso de materiales reciclados, que buscan mejorar la calidad de un producto en el procedimiento constructivo, así también se busca cuidar a nuestro medio ambiente y así mitigar impactos negativos como la contaminación y difundir nuevas técnicas y productos para las mejoras del sector de Tincuyampa. Y así incentivar a la población y concientizar el tema del reciclaje ya que vemos que las botellas de plástico tienen propiedades que ayudan con la estabilización de suelos arcillosos.

Se recomienda para próximas investigaciones utilizar fibras de Pet triturado para mejorar la elasticidad, cohesión y resistencia y estabilización de suelos arcilloso. Ya que presentan buena resistencia al impacto y una rigidez y alta resistencia a los diferentes niveles de la intemperie climático.

Se recomienda que para próximas investigaciones apliquemos a un suelo arcilloso plástico Pet triturado ya que al realizar esta investigación observamos que la resistencia de corte directo de suelos arcillosos nos favoreció porque nos ayudó a mejorar las propiedades mecánicas de nuestro suelo es por eso se recomienda utilizar plásticos reciclados PET triturado en los sectores que se tiene un suelo en mal estado o un suelo arcilloso.

REFERENCIAS

- Albán, A. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de bloques fabricados con PET como sustituto parcial de la piedra pómez (cascajo) y bloques con suelo arcilloso como sustituto parcial de agregado fino*. Universidad Técnica de Ambato. Ambato- Ecuador: UTA. Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25754/1/Tesis%201134%20-%20Alb%c3%a1n%20Condo%20Andrea%20Margarita.pdf>
- Angelone, I. (2014). "Arcillas comunes" En: Recursos Minerales de España. Coord. J. García Guinea y J. Martínez Frías. Textos Universitarios (C.S.I.C.) 15. P. 5.
- Baena Paz, G. M. E. (2017). *Metodología de la Investigación, serie integral por competencias* (1 ed.): Ciudad de México, México: Grupo Editorial Patria.
- Baptista, Hernández. 2014. *Metodología de la investigación*. México: s.n., 2014.
- Blogarteplastica, (2019). *El plástico Pet, ¿para qué se usa?* <https://arteplastica.es/el-plastico-pet-para-que-se-usa/>
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Botero, E., Muñoz, L., Ossa, A., & Romo, M. (2014). *Comportamiento mecánico del polietileno tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas*. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia (70), 201-219. Doi: ISSN 0120-6230 Buildings. Virginia, USA: Editorial ASCE.
- Crespo Villalaz, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Limusa, 2004. 968-18-6489-1.
- Cuipal, B. K. (2018). *Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad César Vallejo, Lima.
- DPASR, D. d. (2001). *El PET y su situación actual en el Distrito Federal*. México: Secretaría del Medio Ambiente. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/237144773/EI-PET-y-Su-Situacion-Actual-en-EI-Distrito-Federal>

Duque, G., & Escobar, E. (2002). *Mecánica de Suelos*. Universidad Nacional de Colombia- Sede Manizales, Manizales, Manizales.

Edafología, (2013). *Material fino*
<http://edafologia.ugr.es/micropract/finos.htm#:~:text=Del%20material%20fino%20se%20describe,de%20formaci%C3%B3n%20ed%C3%A1fica%2C%20generalment e%20ambos.>

Envaselia, (2018). *TEREFTALATO DE POLIETILENO*.
<https://www.ensavelia.com/blog/tereftalato-de-poli-etileno-id12.htm>

FAO (2013). *CONSISTENCIA DEL SUELO*
https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s08.htm

Ferrex. (2022). *Tipos de grava para construcción*.
<https://www.materialesparaconstruccion.com.mx/blog/tipos-de-grava-para-construir/>

Fonseca, A. (2001). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Colombia: Ágora Editores.
Obtenido de <https://es.slideshare.net/carlonchosuicida/alfonsomontejo-Fonseca-ingenieria-de-pavimentos>

Gallardo Echenique, Eliana Esther. (2017) *Metodología de la Investigación*. Huancayo: s.n., 2017. 978-612-4196

Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Argentina.

Gutiérrez, Carlos. 8 (2010) *Estabilización Química de Carreteras no Pavimentadas en el Perú y Ventajas Comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio*. Universidad Ricardo Palma 2010. Lima, Perú.

Jara Anyaypoma, Robinson. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*, en la ciudad de Cajamarca - Perú, con la finalidad de

obtener el título de Ingeniero civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Civil. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), 2014.

Jones L. y Jefferson I. (2012). *Expansive Soils*. Institution of Civil Engineers Manuals series, volumen (I).

Juárez, E. (2005). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa. Obtenido de <https://veteranos1927.files.wordpress.com/2014/05/mecanica-de-suelos-tomo1-juarez-badillo.pdf>

Ladrillera Mecanizada. (2021) *El origen de la arcilla*, blog, ladrillera mecanizada <https://www.ladrillramecanizada.com/blog/el-origen-de-la-arcilla/>

Leyva, Roly. *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+000 - Km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción*. Universidad nacional del centro del Perú. 2016Huancayo, Perú

Linares, Roiser. *Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas*. Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza 2018. Chachapoyas, Perú

Llique (2003). *Análisis del grado de expansibilidad de suelos arcillosos en las calles del asentamiento humano señor de los milagros del distrito de CHACHAPOYAS - AMAZONAS*. (Tesis de pregrado inédita, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú). Recuperado de: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4174>

López, F., & Mendizábal, E. (2015). *Introducción a la ciencia de polímeros*. (Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías). Universidad de Guadalajara, Jalisco

López, J. (2013). *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET)*. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado: EIA. Obtenido de https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/265/7/LopezJose_2013_SuelosArcillososReforzados.pdf

- Mamani, & Huaranca. (2013). *Estabilización de suelos con fines de pavimentación, mediante el uso de polímeros reciclados*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo: XXI Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil.
- Mariano, (2011). *Teoría y Aplicación de la Mecánica de Suelos*. México D.F., México: Editorial Limusa
- MINAM, M. d. (2018). *¿Qué es Polietileno-Tereftalato?* México: Gobierno del Estado de México. Obtenido de http://sma.edomex.gob.mx/que_es_polietilenotereftalato
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción*. MTC.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (2 ed.). Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones. Bogotá, Colombia. MONTEJO
- Moreno, D. P., & Ramírez, R. J. (2012). *Mejoramiento del ángulo de fricción interna en arenas arcillosas mediante la adición de geo textil tejido t-2400, 78*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga
- Muñoz, L. (2012). *Estudio del uso de polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Obtenido de [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2514/1/](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2514/1/TESIS.pdf) TESIS.pdf
- Nelson, John D. y Miller, Debora J. (1992). *Expansive Soils – Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*, Department of Civil Engineering Colorado State University.
- Norma CE.020, (2006). *SUELOS Y TALUDES*. <http://www.munisantamariadelmar.gob.pe/documentos/Licencia%20de%20Edificacion%202/titulo2/2/CE.020%20SUELOS%20Y%20TALUDES%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf>

- Palli, Edwin. (2015) *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román*. Universidad Nacional del Altiplano 2015, Puno, Perú.
- Ramos, G. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras*, Paucará Huancavelica 2014. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo: UNCP. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/416>
- Rangel y Giler, 2010 *Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una sub base granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC*. (Plan de Disertación de Grado Previa la Obtención del título de Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito
- Rocas y Minerales. (2016). *LA GRAVA*. <https://www.rocasyminales.net/grava/>
- Suárez, J. (2014). *Estabilización de suelos*. *Seminario Rellenos*, (pág. 51). Colombia. Obtenido de <http://www.erosion.com.co/presentaciones/category/40-estabilizacion-de-suelos.html?download=430:414-estabilizacion-de-suelos>.
- Tamayo, M. (2012). *El Proceso de la investigación científica* (4 ed.). México.
- UNAN. (2013). *Movimiento de tierras: Compactación*. Ingeniería Construcción. https://www.ingenieria.unam.mx/luisr/licenciatura_ic/1608_mt/1608_material/2.9_Compactacion.pdf
- UNLP. (2010). *El suelo: un universo invisible, clase 6 Mantenimiento de espacios verdes*, Universidad de la Plata <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/98/27598/3f23fc987dbbda82587753c9796000a.pdf>
- Valle, W. (2010). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/4512/1/TESIS_MASTER_WILFREDO_ALFONSO_VALLE_AREA_S.pdf
- Vara Horna, (2012) *Arístides Alfredo. 7 pasos para una tesis exitosa*. Lima: s.n., 2012

Vise, (2023). *Arena: características, tipos y más datos que debes conocer.*
<https://blog.vise.com.mx/arena-caracteristicas-tipos-y-mas-datos>

Wray, Addison, Struzyk. (2019). *A Discussion on How Expansive Soils Affect*

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Incorporación del plástico PET reciclado.	Son materiales sintéticos obtenidos por polimerización de derivados del petróleo crudo. (Rahmani et al. 2018).	La disposición de uso del plástico PET analizado mediante los ensayos de laboratorio correspondientes al diseño experimental	Proporción %	2%, 4% y 6%	% De razón
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Estabilización de suelos arcillosos	El sustrato arcilloso es bajo. La capacidad portante es tal que su CBR > 6%, donde hay que mejorar con métodos que recomienda MTC o cualquier otro método.	Es el proceso al que se ven sometidos las muestras de suelos naturales arcillosos para mejorar sus cualidades: aumentar su resistencia, reducir su plasticidad, facilitar los trabajos de construcción o aumentar su estabilidad reduciendo problemas en estructuras y caminos.	Granulometría	Cu - Cc	De razón % MTC E- 107
			Contenido de Humedad	%	De razón % MTC E- 108
			Limite Liquido	%	De razón % MTC E -110
			Limite Plástico	%	De razón % MTC E - 111
			Clasificación de suelos	SUCS- AASHTO	De razón % SUCS- AASHTO
			Resistencia a la compresión uniaxial	MPa	De razón % ASTM- 6951- 03
			Ensayo de CBR	%	De razón % MTC E - 132
			Ensayo de Proctor	%	De razón % MTC E - 115

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.

Problema	Objetivos	Hipótesis	variable	Dimensiones	Metodología
<p>Problema general ¿Cómo es la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023?</p> <p>Problemas Específicos ¿Cuál es la compresión uniaxial de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023? ¿Cuál es la resistencia de corte directo de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023? ¿Cuál es la compactación de proctor de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023?</p>	<p>Objetivo general Determinar cómo es la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.</p> <p>Objetivos específicos Establecer la compresión uniaxial de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023. Determinar la resistencia de corte directo de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023. Establecer el grado de la compactación de Proctor de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.</p>	<p>Hipótesis general Estabilización en la subrasante de suelos arcilloso es favorable utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.</p> <p>Hipótesis específicas La compresión uniaxial de suelos arcillosos es óptima utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023. La resistencia de corte directo de suelos arcillosos se favorece utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023. La compactación de Proctor de suelos arcillosos se favorece utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.</p>	<p>Variable 1 Estabilización de suelos arcillosos</p> <p>Variable 2 Incorporación del plástico PET</p>	<p>CBR Índice de plasticidad Contenido de humedad Granulometría Compresión uniaxial PROCTOR</p> <p>Fibras del plástico PET</p>	<p>Método: Cuantitativo Tipo: Aplicada Diseño: Experimental Población y Muestra. Población: La población de la siguiente investigación viene a ser todos los suelos arcillosos a nivel de la subrasante del sector de Tincuypampa. Muestra: Suelo arcilloso del tramo 14+000 al 16+000 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación Recolección Documental Técnicas de procesamiento de datos: Técnica electrónica</p>

ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos

CONGEOINGC EIRL. CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023

SOLICITANTE: BACH. CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO

COORDENADAS UTM	
X	Y
818558	8507438

CALICATA	C-01
SUCS	CL
DOSIF. PET	2.00%

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - MTC E-107-200

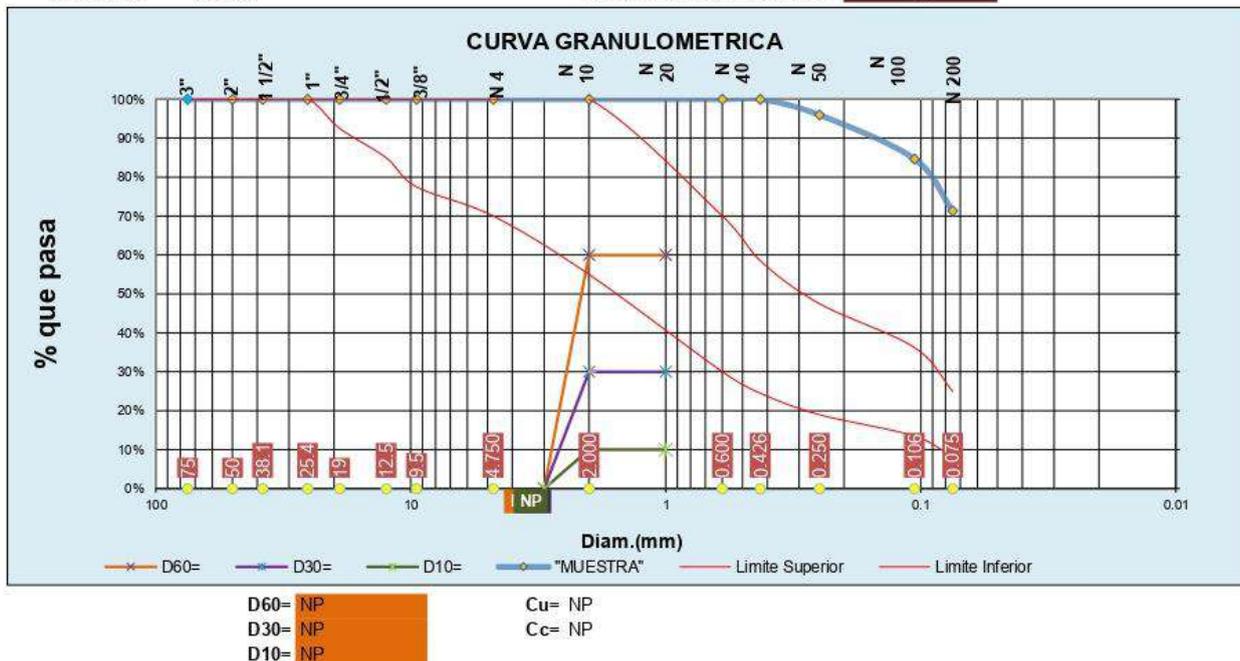
MANUAL DE PAVIMENTOS URBANOS CE010
Gradación D

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	% retenido acumulado	%que pasa	Limite Superior	Limite Inferior	Cumple??
3 pulg	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
2 pulg	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
1 1/2 pulg	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
1 pulg	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	SI
3/4 pulg	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	92.50%	SI
1/2 pulg	12.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	85.00%	SI
3/8 pulg	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	77.50%	SI
N° 4	4.750	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	70.00%	SI
N° 10	2.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	55.00%	SI
N°20	0.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	70.00%	30.00%	NO
N° 40	0.426	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	58.50%	24.50%	NO
N°60	0.250	23.32	4.03%	4.03%	95.97%	47.50%	19.00%	NO
N°140	0.106	65.23	11.28%	15.32%	84.68%	36.25%	13.50%	NO
N° 200	0.075	77.23	13.36%	28.68%	71.32%	25.00%	8.00%	NO
bandeja	0.010	412.32	71.32%	100.00%	0.00%			
TOTAL		578.10	100.00%					

% de gruesos= 28.68%
% de finos= 71.32%
% de grava= 0.00%
% de arena= 28.68%

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)
% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

METODO DE COMPACTACION **C**



CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUY PAMPA, CUSCO, 2023

SOLICITANTE: BACH. CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO

COORDENADAS UTM	
X	Y
818558	8507438

CALICATA	C-01
SUCS	CL
DOSIF. PET	2.00%

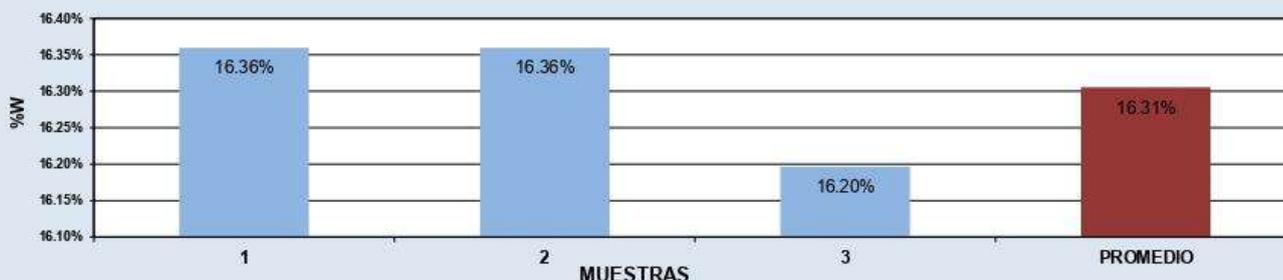
LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE PLASTICO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

Nº de lata	1	2	3	PROMEDIO
peso de suelo hum. + lata(gr)	12.99	11.77	12.80	
peso de suelo seco + lata(gr)	11.95	10.88	11.79	
peso de lata(gr)	5.61	5.42	5.53	
peso de suelo seco(gr)	6.34	5.46	6.26	
peso de suelo humedo(gr)	7.38	6.35	7.27	
peso de agua(gr)	1.04	0.89	1.01	
contenido de humedad	16.36%	16.36%	16.20%	16.31%



LIMITE PLASTICO



LIMITE LIQUIDO MTC E-110 (NTP. 339 - 129)

Nº de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(gr)	92.11	103.64	90.09	108.37
peso de suelo seco + lata(gr)	78.21	86.94	74.47	88.02
peso de lata(gr)	13.45	13.42	13.43	13.5
peso de suelo seco(gr)	64.76	73.52	61.04	74.52
peso de suelo humedo(gr)	78.66	90.22	76.66	94.87
peso de agua(gr)	13.90	16.70	15.62	20.35
contenido de humedad	21.46%	22.71%	25.59%	27.31%
Numero de golpes;N	36	31	22	18
LL aproximado	22.42	23.31	25.20	26.25



Limite Liquido



LL=	24.83
LP=	16.31
IP=	8.52

CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023

SOLICITANTE: BACH. CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

Datos para la clasificacion

De la granulometria

% de gruesos= 28.68%

% de finos= 71.32%

% de grava= 0.00%

% de arena= 28.68%

% de la fraccion gruesa retenida en la malla N 4= 0.00% (Grava)

% de la fraccion gruesa pasa la malla N 4= 100.00% (Arena)

Cu= NP

Cc= NP

De los limites de consistencia

LL= 24.83

LP= 16.31

IP= 8.52

Retenido en malla N 200= 28.68%

Retenido en malla N 4= 0.00%

COORDENADAS UTM	
X	Y
818558	8507438

CALICATA	C-01
SUCS	CL
DOSIF. PET	2.00%

Criterios para la asignacion de simbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio		Clasificación de suelos			
		Simbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fraccion gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cu ≥ 4 y 1 < Cc ≤ 3 GW Grava bien graduada		
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	Cu < 4 y 1 > Cc > 3 GP Grava mal graduada		
	Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas limpias y confinados Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC Grava arcillosa	
		Arenas El 50% o mas de la fraccion gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM Grava bien graduada con limo
				Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC Grava bien graduada con arcilla
			Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM Grava mal graduada con limo
				Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC Grava mal graduada con arcilla
	Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Arenas limpias y confinados Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cu ≥ 6 y 1 < Cc ≤ 3	SW Arenia bien graduada	
			Cu < 6 y 1 > Cc > 3	SP Arenia mal graduada	
Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50		Inorgánicos	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arenia limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC Arenia arcillosa	
		Orgánicos	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM Arenia bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC Arenia bien graduada con arcilla	
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM Arenia mal graduada con limo	
			Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC Arenia mal graduada con arcilla	
	Suelos altamente orgánicos	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL Arcilla de baja plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML Limo de baja plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OL Arcilla organica	
			limite liquido - no secado	OH Limo organico	
Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH Arcilla de alta plasticidad		
		IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH Limo de alta plasticidad		
Orgánicos	Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OH Arcilla organica		
		limite liquido - no secado	PT Limo organica		
Suelos altamente orgánicos		Principalmente materia organica de color oscuro	PT Turba		

DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS																									
GRUESOS MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200																FINOS MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200									
GRAVAS						ARENAS										LIMOS Y ARCILLAS						ORG (Turba)			
LIMPIAS		COMBINACIONES				CON FINOS				LIMPIAS		COMBINACIONES				CON FINOS				LL < 50%			LL > 50%		
GW	GP	GW-GM	GW-GC	GP-GM	GP-GC	GM	GC	GC-GM	SW	SP	SW-SM	SW-SC	SP-SM	SP-SC	SM	SC	SC-SM	CL	CL-ML	ML	OL	CH	MH	OH	Pt

CL (SUCS) = Arcilla baja elasticidad

CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

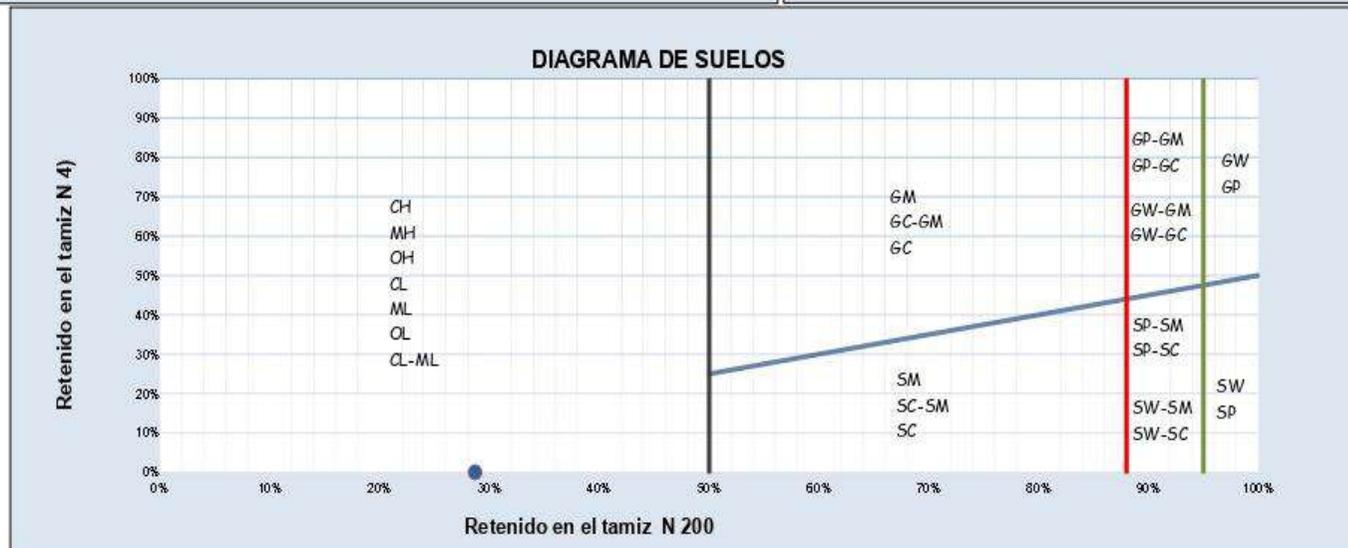
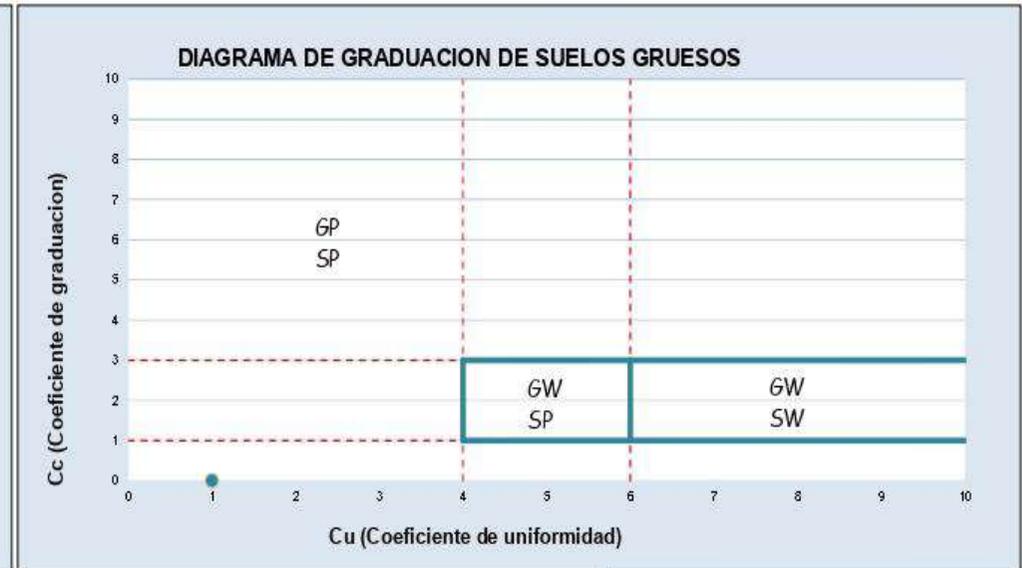
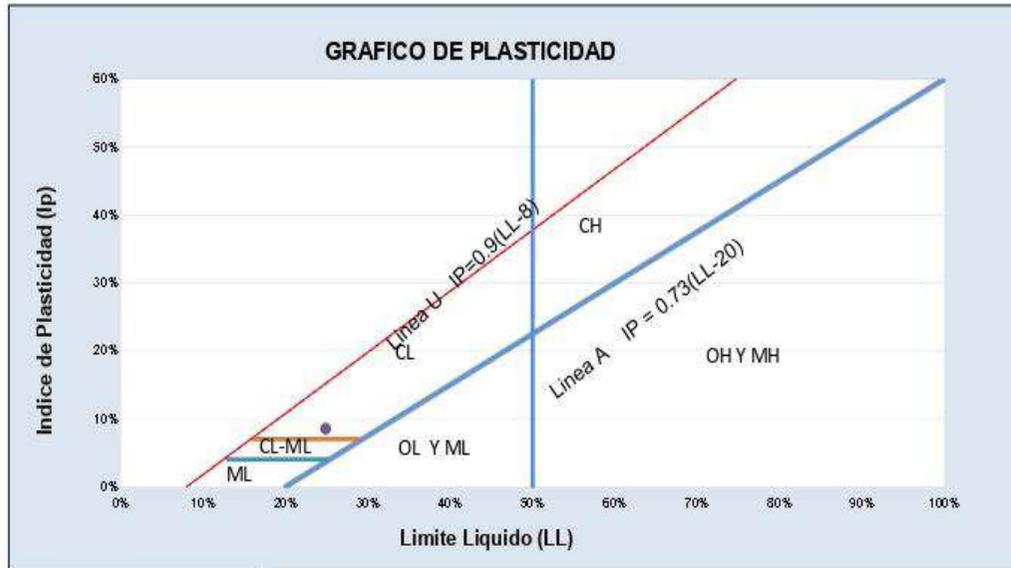
congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023



CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803

DTO: Suelos



PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

Datos para la clasificación

De la granulometría

% QUE PASA EL TAMIZ N 10=	100.00%
% QUE PASA EL TAMIZ N 40=	100.00%
% QUE PASA EL TAMIZ N 200=	84.68%

De los límites de consistencia

LL=	24.83%
LP=	16.31%
IP=	8.52%

Clasificación General	Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz N° 200)							Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación por grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz											A-7-6
N° 10	50%max										
N° 40	30%max	50%max	51%max								
N° 200	15%max	10%max	10%max	35%max	35%max	35%max	35%max	36%min	36%min	36%min	36%min
Características de la fracción que pasa la malla N° 40											
Límite líquido (LL)				40%max	41%min	40%max	41%min	40%max	41%min	40%max	41%min
Índice de plast. (IP)	6%max	NP	10%max	10%max	10%max	11%min	11%min	10%max	10%max	11%min	11%min
Índice del grupo (GI)	5	5	5	5	5	0	0	5	5	5	5
Clasificación mas GI	A-1-a (5)	A-1-b (5)	A-3 (5)	A-2-4 (5)	A-2-5 (5)	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	A-4 (5)	A-5 (5)	A-6 (5)	A-7-5 (5)
Tipo de material	Fragmento de roca, grava y arena		Arena fina	Gravas y arena limosas o arcillosa				Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos	
Clasif. De la Subrasante	Excelente a buena							Regular a pobre			
Equipo de compactación idóneo	Rodillo Liso y Rodillo vibratorio	Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio	Pison impacto y Rodillo vibratorio	Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio	Rodillo Neumatico, Liso y Vibratorio	Rodillo Neumatico, Liso y Pison Impac.	Rodillo Neumatico, Liso y Pata de cabra	Rodillo Neumatico, Liso y Pata de cabra	Rodillo Neumatico, y Pata de cabra	Rodillo Neumatico, y Pata de cabra	Rodillo Pata de cabra

A-4 (5) (AASHTO) = Principalmente partículas finas limosas.

CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023

SOLICITANTE: BACH. CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO

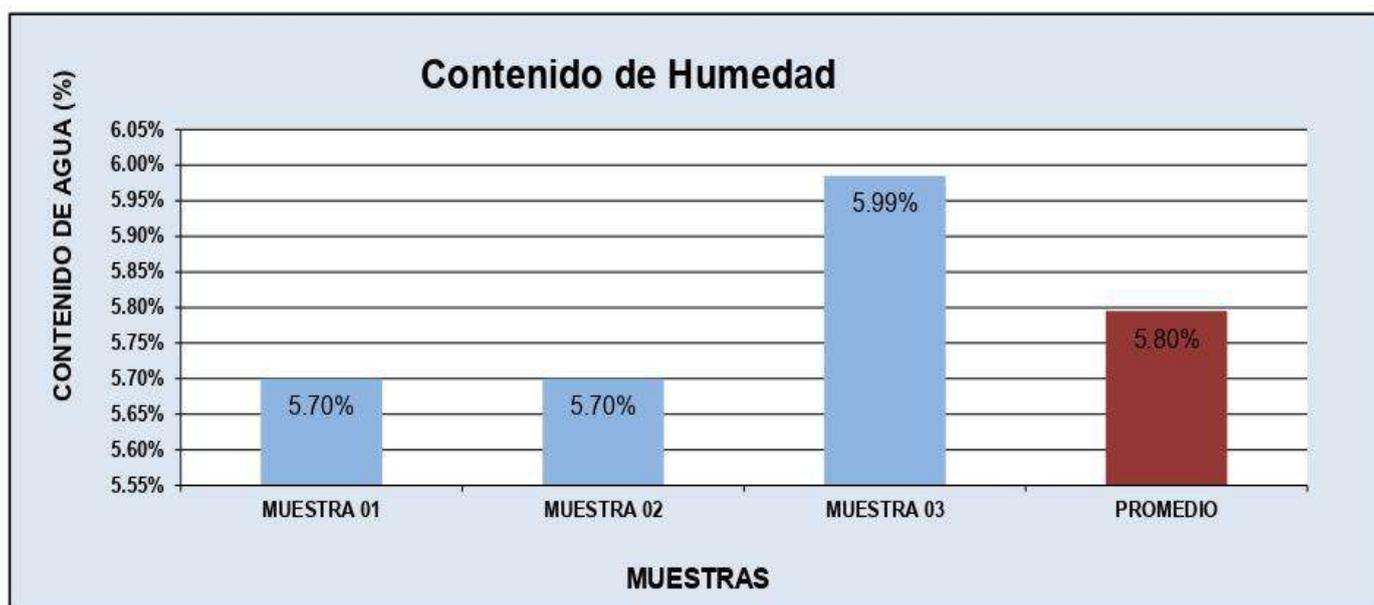
COORDENADAS UTM	
X	Y
818558	8507438

CALICATA	C-01
SUCS	CL
DOSIF. PET	2%

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL (NTP - 339 - 127)

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	29.54	27.56	29.36	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	116.63	121.09	126.97	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	111.93	116.05	121.46	
PESO DEL AGUA	4.70	5.04	5.51	
PESO DEL SUELO SECO	82.39	88.49	92.10	
CONTENIDO DE AGUA (%)	5.70%	5.70%	5.99%	5.80%

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = **5.80%**





CONGEOINGC EIRL.
CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023

SOLICITANTE: BACH. CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO

Clasificación SUCS= CL
Clasificación ASTTHO= A-4 (5)

COORDENADAS UTM	
X	Y
818558	8507438

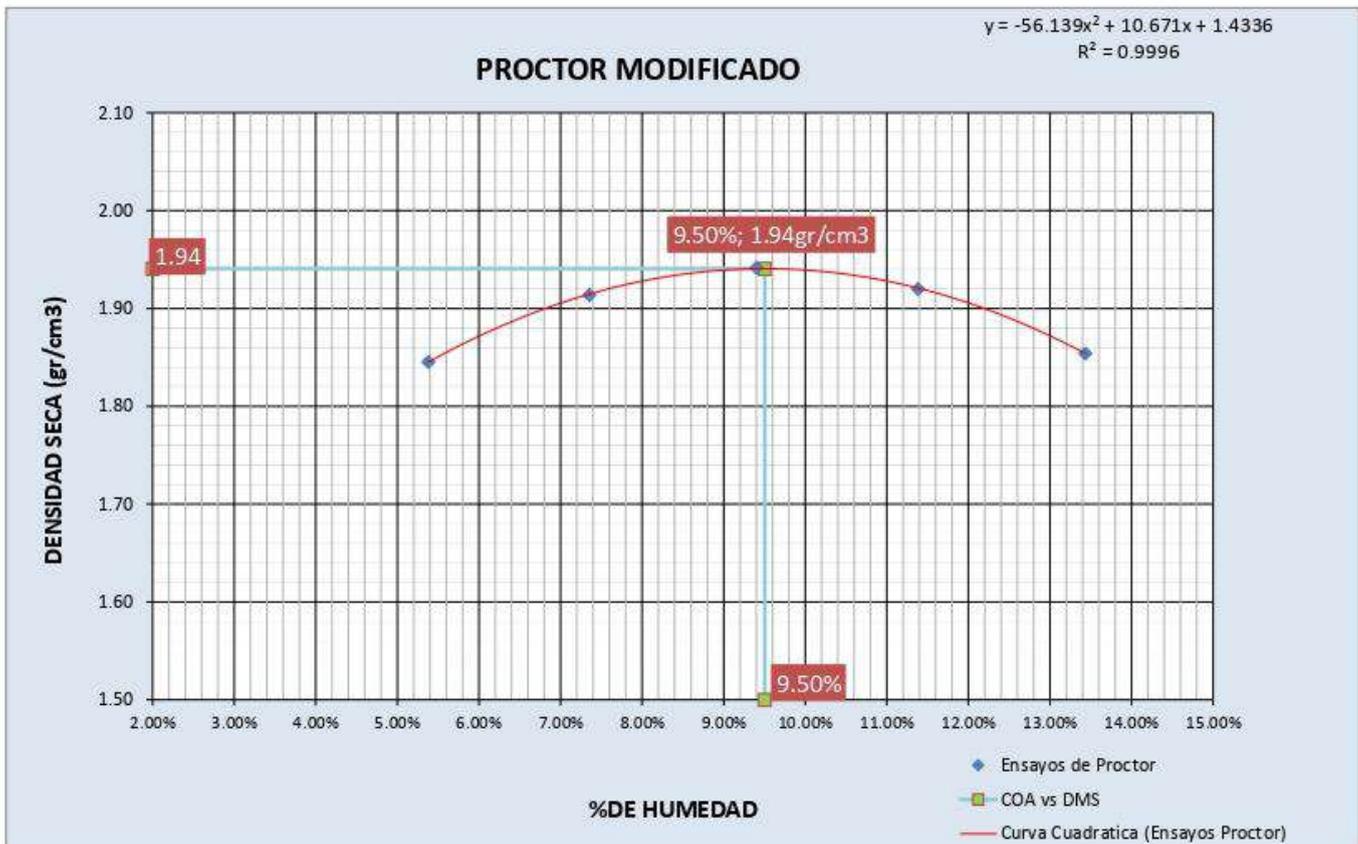
CALICATA	C-01
SUCS	CL
DOSIF.	2.00%

METODO		C
DATOS DEL MOLDE		
Altura	11.62cm	
Diámetro	15.24cm	
Volumen	2119.66cm ³	
Peso	5770.00gr	
Material pasante del tamiz	3/4	

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 (NTP. 339.141)

Energía de compactación 2 700 kN·m/m³

FECHA:	MUESTRAN°									
MOLDE N°	1		1		1		1		1	
NUMERO DE CAPAS	5		5		5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		56		56		56		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	9892.0gr		10129.0gr		10272.8gr		10303.0gr		10228.0gr	
PESO MOLDE	5770.0gr									
PESO MUESTRA HUMEDA	4122.0gr		4355.0gr		4502.8gr		4533.0gr		4458.0gr	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2119.66cm ³		2119.7gr		2119.7gr		2119.7gr		2119.7gr	
DENSIDAD HUMEDAD	1.94gr/cm ³		2.05gr/cm ³		2.12gr/cm ³		2.14gr/cm ³		2.10gr/cm ³	
DENSIDAD SECA	1.85gr/cm ³		1.91gr/cm ³		1.94gr/cm ³		1.92gr/cm ³		1.85gr/cm ³	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
	ARRIBA	ABAJO								
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESO RECIPIENTE	44.0gr	44.6gr	46.1gr	54.0gr	55.0gr	53.4gr	53.9gr	50.5gr	49.3gr	52.4gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	121.3gr	114.6gr	118.5gr	115.5gr	108.3gr	107.1gr	109.9gr	124.5gr	110.7gr	103.7gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	117.3gr	111.1gr	113.5gr	111.3gr	103.7gr	102.4gr	104.2gr	116.9gr	103.5gr	97.6gr
PESO DE AGUA	4.0gr	3.5gr	5.0gr	4.2gr	4.5gr	4.6gr	5.7gr	7.5gr	7.3gr	6.1gr
PESO DE MUESTRA SECA	73.3gr	66.5gr	67.4gr	57.3gr	48.6gr	49.0gr	50.3gr	66.4gr	54.2gr	45.2gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.44%	5.32%	7.39%	7.31%	9.35%	9.46%	11.42%	11.35%	13.39%	13.48%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	5.38%		7.35%		9.40%		11.38%		13.43%	



DMS =	1.94gr/cm ³
CHO =	9.50%

CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos

PROYECTO: ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023

SOLICITANTE: BACH. CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES

FECHA: CUSCO, MAYO 2023

UBICACIÓN: CUSCO-CUSCO-CUSCO

Clasificación SUCS= CL

Clasificación ASTTHO= A-4 (5)

COORDENADAS UTM	
X	Y
818558	8507438

CALICATA	C-01
SUCS	CL
UBICACION	2.00%

DATOS DEL MOLDE (cm)	
Altura	12.00cm
Diametro	15.00cm
Volumen	2120.58cm ³
Peso	7384.00gr

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) NTP 339.175:2002

MOLDE N°	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	12

DATOS DE COMPACTACION

PESO DE LA MUESTRA HUM. + MOLDE	11895.0gr		11561.0gr		11449.0gr	
PESO MOLDE	7384.0gr		7384.0gr		7384.0gr	
PESO MUESTRA HUMEDA	4511.0gr		4177.0gr		4065.0gr	
CONSTANTE MOLDE (VOLUMEN)	2120.6gr		2120.6gr		2120.6gr	
DENSIDAD HUMEDAD	2.13gr/cm ³		1.97gr/cm ³		1.92gr/cm ³	
DENSIDAD SECA	1.94gr/cm ³		1.80gr/cm ³		1.76gr/cm ³	
CONTENIDO DE HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5	6
PESO RECIPIENTE	51.24gr	50.54gr	50.84gr	51.60gr	50.25gr	51.84gr
PESO DE LA MUESTRA HUM. + RECIPIENTE	90.49gr	93.49gr	94.40gr	93.46gr	90.01gr	93.54gr
PESO DE LA MUESTRA SECA. + RECIPIENTE	87.07gr	89.67gr	90.66gr	89.89gr	86.78gr	90.09gr
PESO DE AGUA	3.42gr	3.82gr	3.74gr	3.57gr	3.23gr	3.45gr
PESO DE MUESTRA SECA	35.83gr	39.13gr	39.82gr	38.29gr	36.53gr	38.25gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	9.54%	9.77%	9.40%	9.31%	8.85%	9.03%
CONTENIDO PROM. DE HUMEDAD	9.66%		9.36%		8.94%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA

N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	12
MOLDE N°	1	2	3
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE DESPUES DE SATURACION	12251.9gr	12184.1gr	12304.2gr
PESO DE MUESTRA HUMEDA+MOLDE ANTES DE SATURACION	12211.6gr	12101.0gr	12225.0gr
PESO DE AGUA ABSORVIDA	40.2gr	83.2gr	79.3gr
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA	0.33%	0.69%	0.65%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

N° DE GOLPES POR CAPA		56			25			12		
MOLDE N°		1			2			3		
FECHA Y HORA	TIEMPO EN HORAS	DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.001pg	mm	%	0.001pg	mm	%	0.001pg	mm	%
20/05/2023	0	0.0	0	0.00%	0.0	0	0.00%	0	0	0.00%
21/05/2023	24	7.7	0.19558	0.16%	11.1	0.28194	0.23%	12.9	0.32766	0.27%
22/05/2023	48	12.8	0.32512	0.27%	18.5	0.4699	0.39%	26.5	0.6731	0.56%
23/05/2023	72	23.4	0.59436	0.50%	26.7	0.67818	0.57%	29.7	0.75438	0.63%
24/05/2023	96	26.1	0.66294	0.55%	38.9	0.98806	0.82%	43.3	1.09982	0.92%

DATOS DE ENSAYO DE PENETRACION

1 kg=2.20462262000000 lb		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
Area del Piston=3.00 Pulgadas Cuadradas		MOLDE N°			MOLDE N°			MOLDE N°		
PENETRACION EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ² (psi)	CARGA DE ENSAYO		CBR/PATF	CARGA DE ENSAYO		CBR/PATF	CARGA DE ENSAYO		CBR/PATF
		DIAL	psi	%	DIAL	psi	%	DIAL	psi	%
0		0.0 Kg	0	0	0.0 Kg	0	0	0.0 Kg	0	0
0.025		62.1 Kg	46		48.6 Kg	36		33.6 Kg	25	
0.050		85.4 Kg	63		66.9 Kg	49		44.9 Kg	33	
0.075		91.9 Kg	68		71.4 Kg	52		48.4 Kg	36	
0.100	1000	94.4 Kg	69	6.94%	74.1 Kg	54	5.45%	49.1 Kg	36	3.61%
0.200	1500	103.0 Kg	76	5.05%	80.5 Kg	59	3.94%	51.5 Kg	38	2.52%
0.300	1900	112.2 Kg	82	4.34%	91.3 Kg	67	3.53%	64.8 Kg	48	2.51%
0.400	2300	129.7 Kg	95	4.14%	105.2 Kg	77	3.36%	77.2 Kg	57	2.47%
0.500	2600	139.2 Kg	102	3.93%	113.7 Kg	84	3.21%	83.2 Kg	61	2.35%

CONGEOINGC EIRL.

CONSULTORIA EN GEOLOGIA E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20610425098

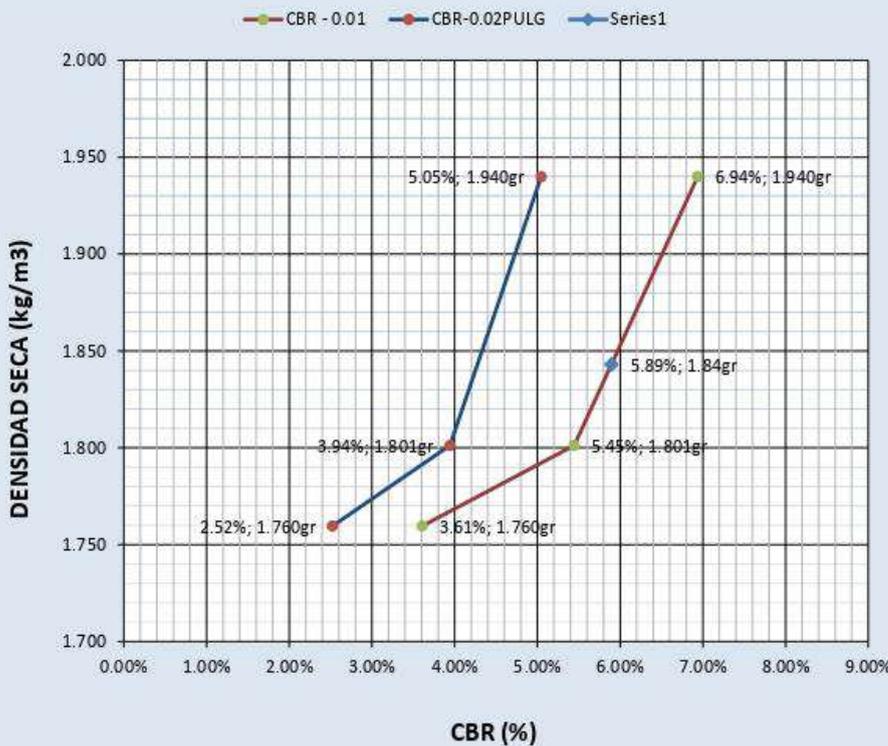
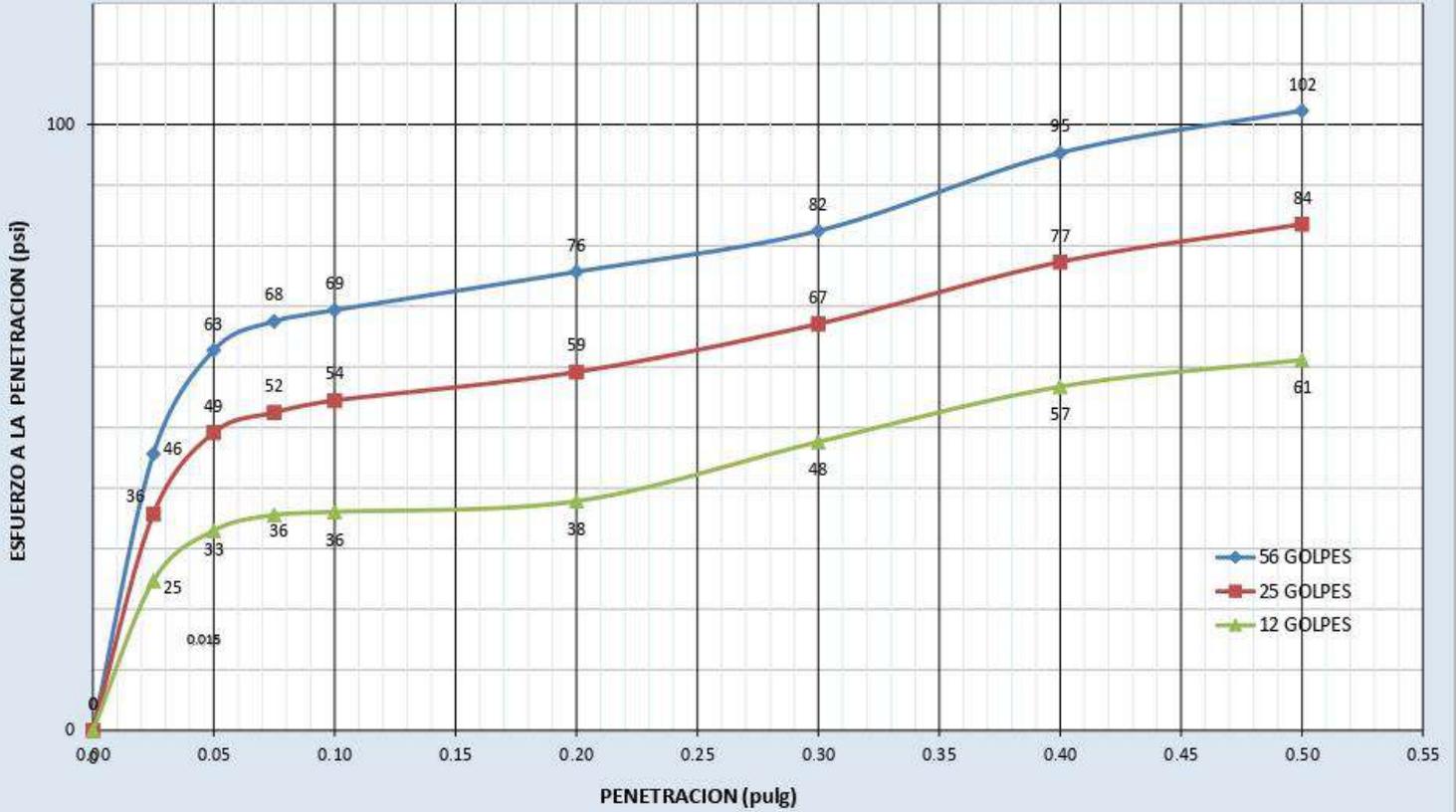
DIRECCION: Urb. Simon Herrera Farfan Q-08, Wanchaq – Cusco - Cusco

congeoingc@gmail.com - www.congeoingc.com

Cel: 921-126-988, 921-992-803



DTO: Suelos



RESULTADOS

	% EXPANSION	% ABSORCION
56 GOLFES	0.55%	0.33%
25 GOLFES	0.82%	0.69%
12 GOLFES	0.92%	0.65%

MAXIMA DENSIDAD SECA (kg/m ³)	1.94gr
HUMEDAD OPTIMA (%)	9.66%
95% MDS (kg/m ³)	1.84gr

CBR AL 100% DE MDS=	6.94%	OK;
CBR AL 95% DE MDS=	5.89%	

Por lo tanto el CBR de diseño sera:

CBR= 6.94%

El material de SUBRASANTE se considera:
REGULAR

EL VALOR DE CBR INDICADO ES VIABLE DEBIDO A QUE EL CBR A 0.01" ES MAYOR QUE EL DE 0.02"



PROYECTO/OBRA

ESTABILIZACION EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOS UTILIZANDO PLASTICOS PET EN EL SECTOR DE TINCUYPAMPA, CUSCO, 2023

SOLICITANTE

BACH. CARLA JHOANA CARRASCO BAÑARES

FECHA CUSCO, MAYO 2023

CALICATA	C-01
SUCS	CL
DOSIFICACION	2%

COORDENADAS UTM	
X	Y
818558	8507438

TIPO DE SUELO	CL	A-4 (5)
---------------	----	---------

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN MUESTRAS DE SUELO

Nº de Briqueta	Nº de Ensayo	DESCRIP.	Diametro	Altura	Area de la seccion	Relacion (D/h)	Correccion Esbeltez	Edad	Dial	RESISTENCIAS			
										(dias)	kg	Resist. de Probeta	
												(kg/cm ²)	Mpas
A	1	2%	2.80 Pulg	5.73 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	0 dias	199	5.01	0.49		
B		2%	2.80 Pulg	5.63 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	0 dias	194	4.88	0.48		
C		2%	2.80 Pulg	5.68 Pulg	6.16 Pulg ²	2.0	1.00	0 dias	197	4.96	0.49		



RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA PROMEDIO: 4.95 kg/cm²

ANEXO 4: Asentimiento informado

Título de la investigación: Estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.

Investigadora: Carla Jhoana Carrasco Bañares

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada “Estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023”, cuyo objetivo es: Determinar cómo es la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.

Esta investigación es desarrollada por estudiantes de pregrado, de la carrera profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad César Vallejo del campus del Callao, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad.

Describir el impacto del problema de la investigación

Se generara información novedosa sobre como la estabilización en la subrasante de suelos arcilloso es favorable utilizando plásticos reciclados PET en el sector de Tincuypampa, Cusco, 2023.

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

1. Paso 1: Realice una inspección del sitio para identificar áreas en malas condiciones, como baches, charcos y suelo con alto contenido de finos.
2. Paso 2: Se realizará la excavación de la calicata en el lugar indicado anteriormente; la excavación tendrá 1,50 m de largo, 0,80 m de ancho y 1,60 m de largo.
3. Paso 3: Las excavaciones se registrarán en consecuencia y se realizará un registro visual de cada excavación después del muestreo, anotando las características del tipo de suelo encontrado, como humedad, forma, textura, partículas de suelo más grandes, color, permeabilidad, etc.
4. Paso 4: Se tomarán fotografías como panoramas de las capas de suelo y

caminos estudiados.

5. Paso 5: Para el transporte de las muestras al laboratorio, las muestras se colocarán en bolsas especiales para conservar su humedad natural.
6. Paso 6: Realizaremos el ensayo de compresión uniaxial donde realizaremos el siguiente procedimiento, ambas placas se limpian a fondo antes de colocar las muestras en la cámara de prueba. La carga se aplicará continuamente a una tasa de 0,5 MPa/s a 1,0 MPa/s (en el caso de equipos de carga controlados por voltaje) y la falla se producirá a aprox. 10 minutos. Los datos de tensión y deformación se pueden registrar en sistemas electrónicos con especificaciones de precisión apropiadas. La carga máxima se registra en newtons con una precisión del 1%.
7. Paso 7: En esta etapa llevaremos a cabo la prueba de CBR, para lo cual seguiremos un proceso. Primero, utilizaremos una prueba de proctor avanzada o normal para determinar la densidad óptima de las muestras de suelo y agua. Luego, añadiremos agua a la muestra de suelo para asegurar la humedad adecuada y compactaremos las muestras en tres moldes CBR estandarizados con un diámetro de 15,24 cm y una altura de 17,78 cm. Las muestras se comprimirán en tres capas por matriz utilizando un martillo de 2,5 kg que caerá libremente desde una altura de 305 mm con una energía de compresión de 15, 30 o 60 golpes por capa por matriz. Posteriormente, procederemos a enrasar el molde, desmontarlo y volver a montarlo invertido. El molde se sumergirá en agua (en algunos casos de prueba, la muestra no se sumerge) y se colocarán la placa perforada y el vástago junto con los pesos necesarios para calcular la sobrecarga calculada. Seguidamente, colocaremos el soporte de medición en el borde del molde que coincide con el vástago del micro comparador y mediremos el micro comparador todos los días durante al menos 4 días. Después, retiraremos las muestras del agua, las escurriremos y secaremos el exterior. Cargaremos el cilindro del punzón a través de la prensa CBR y leeremos la curva de presión del punzón. Al finalizar la prueba, los resultados se presentarán en un diagrama de densidad seca - índice CBR similar al que se muestra a continuación, donde también se mostrarán convenientemente los datos de compresión, humedad, densidad, expansión y absorción.
8. Paso 8: Realizaremos el ensayo de Proctor donde realizaremos los siguientes pasos, instale el molde con gargantilla sobre una superficie firme, plana y

nivelada, llene la plantilla con una de las siguientes divisiones de muestra: aplique una capa de material que sea alrededor de una quinta parte de la altura del molde y el collar, la capa se compacta usando 25 punzones de apisonamiento espaciados uniformemente en la prensa de 100 mm (Método A y C) y 56 punzones en la prensa de 150 mm (Método B y D), repita los pasos a) y b) cuatro veces más, aflojando ligeramente la superficie compactada antes de agregar una nueva capa. Cuando se compacta la capa final, debe quedar una pequeña cantidad de material sobrante sobre el borde del molde, después de sellar, retire el collar y con cuidado pase una regla al ras con el borde del molde. Los agujeros superficiales causados por la eliminación de partículas gruesas deben cubrirse con material más fino, pese el molde con tierra determinando la masa (m) de tierra compactada que llena el molde menos la masa del molde. Registro con precisión de hasta 1g.

Participación voluntaria (principio de autonomía):

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

Riesgo (principio de No maleficencia):

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

Beneficios (principio de beneficencia):

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzarán a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad (principio de justicia):

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

Problemas o preguntas:

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con el Investigadora: Carrasco Bañares, Carla Jhoana, email: CACARRASCOBAU01@ucvvirtual.edu.pe y Docente asesor CANCHO ZUÑIGA, GERARDO ENRIQUE email: gcancho@ucv.edu.pe

Consentimiento

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo que mi menor hijo participe en la investigación.

Nombre y apellidos: Carla Jhoana Carrasco Bañares

Fecha y hora: 24 / 06 / 10 y 15:19 pm

ANEXO 5: FOTOGRAFIAS DEL LABORATORIO



Calicata N° 1



Calicata N° 2



Calicata N°3



Muestra de la calicata N°1



Muestra de la calicata N°2



Muestra de la calicata N°3





Peso de muestras de nuestro suelo para el ensayo del Proctor modificado



Compactación de nuestras muestras



Ensayo del CBR, listo para la saturación



Mescla del aditivo de Pet con agua, pesado del agua



Saturación de nuestras muestras



Ensayo de penetración con el 2% de Pet – calicata N°1



Ensayo de penetración con el 4% de Pet – calicata N°2



Ensayo de penetración con el 6% de Pet – calicata N°2



Muestras después de la penetración



Peso del suelo de la muestra, utilizado para el ensayo de CBR



Peso del agua



Muestras de Pet pesadas al 2%, 4%, 6%. Para el ensayo CBR



Tomando nota de la muestra de arriba/CBR





Briquetas húmedas con dosificación al 2%



Ensayo de compresión uniaxial muestra de suelo más Pet



Peso del molde + muestra húmeda para el ensayo de compresión uniaxial



Briqueta N°2 con dosificación del 4%

Briquetas después de realizar el ensayo de compresión uniaxial



Peso del molde + muestra húmeda de la briqueta



Briqueta después de la falla



Peso de la briqueta con el 2% de Pet