



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Mejoramiento de Suelos Arcillosos con Plástico Triturado
Artesanalmente para Diseño de Pavimentos en la Carretera
Licapa – Lircay en Ayacucho 2022**

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Crisóstomo Vásquez, Daniel Darío (orcid.org/0000-0002-0702-4182)

ASESOR:

Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (orcid.org/0000-0002-1979-3552)

LINEA DE INVESTIGACION:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERU

2022

Dedicatoria

A Dios y a mi Madre.

Agradecimientos

A mi familia y a toda persona amada que influye en mí con su sabiduría y hacen de mí una parte de ellos.

INDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO (5-7 páginas).....	4
III. METODOLOGIA	10
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.....	10
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION	10
3.3. POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO	12
3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	13
3.5. PROCEDIMIENTO.....	14
3.6. METODO DE ANALISIS DE DATOS	19
3.7. ASPECTOS ETICOS	19
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSION.....	29
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de Plásticos Reciclables	7
Tabla 2 Operacionalización de Variables.....	12
Tabla 3 Cuadro de Ensayos.....	13
Tabla 4 Cuadro de coordenadas de Calicatas.....	14
Tabla 5 Ubicación de Calicatas.....	20
Tabla 6 Resumen Contenido de Humedad.....	20
Tabla 7 Resumen de Composición Granulométrica.....	20
Tabla 8 Resumen de Caracterización del Suelo natural	21
Tabla 9 Resumen de Resultados de Limites Atterberg de las Muestras.....	21
Tabla 10 Resumen de Clasificación de las Muestras	21
Tabla 11 Resumen de Resultados del ensayo de Proctor Modificado del Suelo Natural.....	22
Tabla 12 Resumen de Resultados de CBR en Suelo Natural.....	22
Tabla 13 Resumen de Composición Granulométrica.....	23
Tabla 14 Resumen de Caracterización del PTA	24
Tabla 15 Resumen de Resultados del ensayo de Proctor Modificado del Suelo Natural Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente	24
Tabla 16 Resumen de Resultados del ensayo de CBR del Suelo Natural (SN) Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente (PTA)	25
Tabla 17 Resumen de aumento del ensayo de Proctor Modificado al Optimo Contenido de humedad de la adición de Plástico Triturado Artesanalmente respecto al Suelo Natural.....	26
Tabla 18 Resumen de aumento del ensayo de Proctor Modificado a la Máxima Densidad Seca de la adición de Plástico Triturado Artesanalmente respecto al Suelo Natural.....	27
Tabla 19 Resumen de aumento del ensayo de CBR a la adición de Plástico Triturado Artesanalmente respecto al Suelo Natural.....	28
Tabla 20 Comparación de las Características Físicas y Mecánicas con Ramos & Seminario (2019) y Gutiérrez Yupanqui (2021)	29
Tabla 21 Comparación de Resultados de Ensayo CBR con Flores & Zea (2021) 30	

Tabla 22 Comparación de Resultados de Ensayo CBR con Zenteno Enríquez (2018).....	31
Tabla 23 Comparación de Resultados de Ensayo CBR con Pinedo Ramírez (2021)	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de las Calicatas	14
Figura 2 <i>Tamizado Calicata C-1 y PTA</i>	14
Figura 3 Contenido de Humedad del Suelo Natural	15
Figura 4 Ensayo de Limite Liquido (cuchara de Casagrande) y Limite plástico... 15	
Figura 5 Recolección y Clasificación de Plástico Desechado.....	16
Figura 6 Herramientas y Máquinas para el Proceso de Triturado	16
Figura 7 Tapas y Botellas de Plástico Triturado Artesanalmente - Textura Rugosa	17
Figura 8 <i>Tamizado Calicata C-1 y PTA</i>	17
Figura 9 Ensayo en Suelo Natural y con Adición de PTA.....	18
Figura 10 Ensayo en Suelo Natural Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente	18
Figura 11 <i>Curva Granulométrica SN y PTA (PET+HDPE)</i>	23
Figura 12 <i>Caracterización del SN y PTA (PET+HDPE)</i>	24
Figura 13 <i>Humedad Óptima del SN y PTA</i>	26
Figura 14 <i>Máxima Densidad seca del SN y PTA</i>	26
Figura 15 <i>CBR al 95% y 100% del SN y PTA</i>	27
Figura 16 <i>Tendencia de %Adición de Material Plástico vs CBR, en comparación con Flores & Zea (2021)</i>	31
Figura 17 <i>Tendencia de %Adición de Material Plástico vs CBR, en comparación con Zenteno Enríquez (2018)</i>	32
Figura 18 <i>Tendencia de %Adición de Material Plástico vs CBR, en comparación con Pinedo Ramirez (2021)</i>	33

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue crear plástico triturado de los materiales conocidos como PET y HDPE de las botellas y tapas respectivamente, procedentes del reciclaje, proceso de trituración artesanal mediante una maquina adaptada a manera de molino que entrega pedazos ásperos de plástico, que mezclados y en dosificaciones que según otras tesis nacionales e internacionales, influyen mejorando los suelos que se identificaron como arcillas y por ende de baja capacidad de soporte para diseño de pavimentos.

La metodología es de tipo Aplicada, el diseño experimental y de enfoque cuantitativo, la variable Independiente es la incorporación de Plástico Triturado Artesanalmente (PTA), de la cual Depende la variable Mejoramiento de Suelos Arcillosos, usando muestras de calicatas en las progresivas 65+600 y 66+220 de la carretera Licapa-Lircay, el muestreo arbitrario para los intereses de la investigación, referenciándonos en investigaciones recientes que indicaron que el porcentaje de plástico reciclado que influye de manera positiva en el mejoramiento de suelos arcillosos se encuentran entre el 1%, 2% y 3%.

La investigación de campo y los ensayos nos dieron los resultados para verificar y analizar lo que las tesis de referencia sustentan y que se prueba también en ésta tesis, el mejoramiento de suelos arcillosos por medio de plástico reciclado. Concluimos que el Plástico Triturado Artesanalmente (PTA) si mejora los suelos arcillosos en sus tres dosificaciones, pero es el 2% con el que se obtuvieron los mejores resultados, para el cual el OCH fue de 14.2% para un MDS de 1.729 gr/cm³ con el cual se obtuvo un CBR de 11.8% en comparación con el CBR del suelo natural de 6.90%

Palabras clave: Plástico triturado, suelos arcillosos, reciclaje, mejoramiento.

ABSTRACT

The objective of this research was to create crushed plastic from materials known as PET and HDPE from bottles and caps respectively, coming from recycling, handmade crushing process by means of a machine adapted as a mill that delivers rough pieces of plastic, which mixed and in dosages that according to other national and international theses, influence improving soils that were identified as clays and therefore of low bearing capacity for pavement design.

The methodology is of Applied type, the experimental design and quantitative approach, the Independent variable is the incorporation of Handmade Crushed Plastic (PTA), on which the variable Improvement of Clay Soils depends, using samples of calicatas in the progressive 65+600 and 66+220 of the Licapa-Lircay highway, The sampling was arbitrary for the interests of the research, referring to recent research that indicated that the percentage of recycled plastic that positively influences the improvement of clayey soils is between 1%, 2% and 3%.

The field research and tests gave us the results to verify and analyze what the reference theses support and what is also proven in this thesis, the improvement of clay soils by means of recycled plastic. We conclude that the Handmade Crushed Plastic (PTA) does improve clay soils in its three dosages, but it is the 2% with which the best results were obtained, for which the OCH was 14.2% for a MDS of 1.729 gr/cm³ with which a CBR of 11.8% was obtained in comparison with the CBR of the natural soil of 6.90%.

Key words: Shredded plastic, clayey soils, recycling, improvement.

I. INTRODUCCION

Nuestro planeta abarca una cantidad de desechos plásticos que superan una extensión de 2 millones de kilómetros cuadrados sobre el pacífico norte, mismos que provienen de un mal manejo de los residuos terrestres, es por ello que se tomó la premisa de aprovechamiento de este material abundantemente contaminante (López, 2022).

Algalita Marine Research and Education (2017), descubrieron frente a las costas de Chile y Perú una isla de plástico de aproximadamente 2.6 millones de kilómetros cuadrados, lo que es equivalente a casi dos veces la superficie del Perú. En el Perú se usan en promedio 30 kilos de plástico al año por cada ciudadano (MINAM, 2020).

En la región de Ayacucho en el 2019 se aprobó la ordenanza para disminuir progresivamente el uso de plásticos de un solo uso, así como recipientes descartables y proteger el medioambiente y ecosistemas de esta región (El Peruano, 2019).

Se enfocó esta premisa al área profesional de la ingeniería civil en carreteras, los suelos arcillosos debido a su comportamiento inestable generan un problema en los diferentes tipos de infraestructuras; su mejoramiento en contraposición a su sustitución, ya que este último implica un impacto mayor como la afectación a la topografía del entorno a la cantera a explotar, a su vez este hecho afecta a la flora y fauna del lugar, el transporte genera un costo de maquinaria, personal y combustible

Por todo ello, el plástico triturado artesanalmente se prestó como una solución pues es un material que abunda en el entorno de hoy y que es desechado en grandes cantidades lo que hace viable su recolección y a la vez su proceso de reciclado no es muy sofisticado, el cual ya ha sido estudiado y se ha comprobado su aporte en las propiedades mecánicas de estos tipos de suelos. La investigación trató de aprovechar los diversos estudios que hay con respecto al mejoramiento de suelos con plástico, reciclando y procesando los desechos que este material genera mediante un molino fácilmente adaptable para su trituración y fácil producción, obteniendo pedazos rugosos o ásperos para luego mezclarlos en suelos que

necesitan una mejora como los arcillosos, luego de lo cual se sometió a las pruebas correspondientes para evaluar su mejora. Se tomaron muestras del suelo al cual primeramente se hizo un análisis de sus propiedades inalteradas, es decir sin incorporar el plástico reciclado triturado artesanalmente y posteriormente compararlos con las muestras alteradas al 1%, 2% y 3% del peso del suelo seco. Finalmente, se vieron los resultados en comparación con la muestra patrón para verificar el aporte del plástico triturado artesanalmente.

Se planteó que el principal problema es ¿De qué manera el plástico reciclado triturado mejora los suelos arcillosos para el diseño de pavimentos? Y los problemas específicos son: ¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas del suelo patrón?, luego ¿Cómo el plástico reciclado triturado mejora las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos para diseño de pavimentos? Y en última instancia ¿Cuál de las dosificaciones de plástico reciclado triturado al 1%, 2% y 3% es el que tiene mayor influencia en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo?

La justificación de ésta investigación es, teóricamente, el reciclado y triturado de desechos plásticos se aprovecha como aditivo en la mejora de suelos arcillosos con fines de diseño para pavimentos, es viable debido al masivo uso y desuso del plástico y el usarlo amortigua la contaminación que este tipo de residuos aqueja a nuestras ciudades, así como al medioambiente, esta tesis abre las puertas a futuras investigaciones sobre la producción de plástico triturado como aditivo para la mejora de suelos arcillosos. En cuanto a la practicidad, aporta al aprovechamiento de residuos plásticos para la mejora de suelos poco resistentes como el tipo de suelo clasificado en este estudio. Sobre la metodología, se adaptó un esmeril angular a manera de molino para obtener los pedazos de plástico triturado de textura áspera que son usados como el aditivo para el suelo, a su vez alienta a encontrar o mejorar procesos de trituración para usarlo en el mejoramiento de suelos. La justificación social, el efecto del reciclaje de residuos plásticos mitiga la contaminación ambiental de las zonas urbanas debido a los plásticos desechados.

Sobre los objetivos, como objetivo principal el analizar de qué manera el plástico reciclado triturado mejora los suelos arcillosos para el diseño de pavimentos y los objetivos específicos son a) Determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo

patrón, b) Determinar como el plástico reciclado triturado mejora las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos para diseño de pavimentos, d) Definir cuál de las dosificaciones de plástico reciclado triturado al 1%, 2% y 3% es el que tiene mayor influencia en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo.

Se sostuvo la hipótesis general, que la aplicación de Plástico Reciclado Triturado Artesanalmente mejora los suelos arcillosos para el diseño de pavimentos, de la misma manera las hipótesis específicas como: Las características físico-mecánicas del suelo patrón; el plástico reciclado triturado mejora las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos y finalmente, la definición de la dosificación que mayor influencia tiene en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo.

II. MARCO TEORICO

El Plástico se encuentra en diversas formas en el uso cotidiano, es un alto contaminante y su impacto es notorio en cada lugar de aglomeración humano. Al ser un material abundante es que hay diversos estudios sobre este material reciclado usado para la mejora de suelos. La mejora del suelo para infraestructura vial es un común denominador para la viabilidad del funcionamiento de las carreteras y su conservación, es por ello que el uso de diversos aditivos para su mejora nos lleva a estudiar los distintos materiales que abundan en nuestro medio, de esta manera se ha encontrado que el Polietileno Tereftalato o más conocido como PET aporta en la mejora de las propiedades mecánicas de suelos poco estables como son los suelos arcillosos.

Como precedentes a nivel internacional tenemos a Botero, Muñoz, Ossa, Romo (2014), ellos caracterizaron los envases de mayor uso y los sometieron a ensayos de compresión dando como resultado resistencia a compresión que sugiere su aprovechamiento en la construcción puesto que se verifican mejoras significativas, además debido a su composición química, el PET es un material durable lo cual mejora la vida útil de lo que se construya sobre ellos.

Según la tesis de Carvajal, A. & Garzon, R. (2019), usaron tiras recortadas de PET y el mejoró el CBR de 0.3% a 1.9%, a su vez resalta que la adición de fibras PET ayuda en el control de la contaminación del medioambiente, incluso alienta aumentar la dosificación de adición de PET entre un 1.5% y 3% para reconocer que porcentaje refuerza adecuadamente el suelo.

López (2013) analizó el cambio en la resistencia de un suelo arcilloso al adicionar fibras de plástico reciclado en las conclusiones finales de su tesis para la Universidad de Antioquia – Colombia, aduce que con fibras de menor longitud observa mayor esfuerzo, ya que las de mayor longitud no se moldean fácilmente y se deshacen. Esto fue gracias a su análisis con proporciones de PET al 0.2%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de PET por peso del suelo, concluyendo que deben utilizarse más del 1.5% para obtener mejores resultados, pero también usar longitudes de fibras menores a 5cm.

En cuanto a las referencias nacionales: La propuesta de Flores & Zea (2017) es mejorar la subrasante usando plástico reciclado y así estabilizar suelos cohesivos, para lo cual usaron porcentajes de PET al 1.5%, 3.5% y 5.5% con escamas de plástico que resulto del proceso trituración en una planta de reciclaje y posterior selección al tamizado, el pasante de la malla 3/8" y el retenido en la malla N° 4 teniendo dimensiones de 5 a 10 mm de escamas de plástico, concluyendo con la mejora del suelo cohesivo en sus propiedades físico-mecánicas a menor porcentaje de PET añadido al suelo patrón, siendo la adición de 1.5% de PET la que dio mejores resultados para Proctor Modificado y CBR. En sus recomendaciones menciona la producción limitada de plástico reciclado procesado para sus distintos usos debido a la falta de plantas que traten este desecho, además de usar productos como HDPE y otros.

Paucar & Córdova (2021) en su tesis experimentan sobre el comportamiento geotécnico del suelo gravoso arcilloso añadiendo residuos de PET triturado liso de tamaños entre 0.426 y 2 mm, ello añadiendo 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% de PET respecto al peso del suelo natural, concluyendo que al incrementar el 2% de PET incrementa el esfuerzo cortante, y al incrementar 2.5% y 3% de PET, el esfuerzo cortante se reduce. Además, recomienda usar tamaños de PET mayores a los usados en su investigación para aumentar la resistencia del suelo.

La tesis de Gil & Nuñez tiene por objetivo determinar la influencia de agregar fibras PET provenientes de cepillos de escobas, sobre la resistencia, fricción y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos en la estabilidad de taludes, usando longitudes de fibras de 20mm de longitud a 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% y 1.5% del peso del suelo seco, logrando verificar en los ensayos triaxial teniendo que el 6% de PET adicionado es el mejor para estabilizar taludes en suelos arcillosos.

En su investigación Zenteno Enríquez (2018) propone evaluar el efecto del PET como estabilizante de suelos finos y que este material aporta a las propiedades mecánicas. Con dosis de PET al 2%, 4%, 6%, 8% y 10% con respecto al peso del suelo seco, mismos que provenían solamente del centro de botellas de plástico transparentes y picadas con perforadores en forma de círculos lisos y plástico picado por una empresa recicladora y se utilizaron los pasantes del tamiz N° 4 y retenidos en el tamiz N° 10. Finalizan deduciendo que el porcentaje optimo es el de

2% de PET ya que presenta los mejores resultados de CBR, incrementando así su valor. Recomienda el uso de distintas formas geométricas, también hace hincapié en la limitada producción de PET procesado en la provincia de Puno.

Quispe & Sañac (2018), en su tesis sobre la influencia de PET en el mejoramiento de suelo a nivel de subrasante, agregando PET con respecto al suelo seco en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 6% obteniendo los mejores resultados al agregar el 5% de PET al suelo seco para los ensayos de CBR, es más realizaron tres tamaños de PET para analizar a una incorporación promedio de PET del 2% para ver cuál de ellas tenía mejor efecto sobre las características mecánicas del suelo en cuestión, y se determinó que el tamaño óptimo de PET está en el rango de 9.5 mm a 0.075 mm, es decir el pasante de la malla 3/8" hasta el retenido en la malla N°200 con respecto a la granulometría del PET. Así mismo recomienda el uso de granulometría variada de PET, geometría amorfa y textura rugosa, como también usar HDPE, PVC y otros.

Pinedo Ramírez (2021) tuvo como objetivo usar PET para diseño de subrasante y así mejorar la calidad de suelos arcillosos, agregando fibras de plástico de 24mm de longitud al 1%, 2% y 3% de PET siendo este último el que mejores resultados obtiene en cuanto a los ensayos de CBR. Sugiere que se deben realizar variaciones en el tamaño, textura y longitud de las fibras PET.

Ramos y Seminario (2019), concluyó en su tesis "", que al adicionar 10% y 15% de PET triturado respecto del suelo seco, aumentaba entre un 33% y 50% el valor de soporte respecto del suelo natural, con lo cual mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de mediana plasticidad que además presentaba carencia de gravas y gran proporción de finos.




En cuanto al ámbito local en la región de Ayacucho, tenemos a Gutiérrez (2021) cuyo objetivo fue el de evaluar el PET reciclado en dosis de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0% para estabilizar subrasantes, lo que logró ya que el CBR con la adición óptima del 1.2% aumentó a 7.0%. así mismo recomendó el uso de desperdicios plásticos ya que estos son voluminosamente contaminadores por su lenta descomposición, también habla sobre la fomentación de empresas que procesen

el plástico desechado para su implementación como aditivo para la estabilización de suelos.

En cuanto a las Teorías: El plástico, es un material sintético procedente del petróleo que resulta de la polimerización de la que se obtienen fibras, inicialmente se usaron en la industria textil y luego fue abarcando distintos ámbitos como la producción de pinturas, botellas de plástico, etc., conforme a Quimica.es (2016). hay diversa cantidad de materiales plásticos usados en nuestro entorno hoy en día, centramos nuestra atención en los plásticos reciclables de uso cotidiano, que según la Sociedad de Industrias de Plástico (SPI) ha sido codificada de la siguiente manera:

Tabla 1 Clasificación de Plásticos Reciclables

ICONO	DESCRIPCION	RECICLAJE
	<p>PET Tereftalato de polietileno</p>	<p>Una vez reciclado, el PET se puede utilizar en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y ocasionalmente en nuevos envases de alimentos.</p>
	<p>HDPE Polietileno de alta densidad</p>	<p>De muy diversas formas, como en tubos, botellas de detergentes y limpiadores, muebles de jardín, botes de aceite, etc.</p>
	<p>PVC o vinilo Cloruro de polivinilo <i>Prohibido para envasar productos alimenticios</i></p>	<p>No se recicla muy habitualmente. Se utiliza en paneles, tarimas, canalones de carretera, tapetes ... Puede soltar diversas toxinas (no hay que quemarlo ni dejar que toque alimentos).</p>
	<p>LDPE Polietileno de baja densidad</p>	<p>Se puede utilizar de nuevo en contenedores y papeleras, sobres, paneles, tuberías o baldosas, ...</p>

	<p>PP Polipropileno</p>	<p>Se pueden obtener señales luminosas, cables de batería, escobas, cepillos, raspadores de hielo, bastidores de bicicleta, rastrillos, cubos, paletas, bandejas, etc.</p>
	<p>PS Poliestireno</p>	<p>Se trata de un material difícil de reciclar y que puede emitir toxinas.</p>
	<p>Otros Incluye materiales elaborados con más de una de las resinas de las categorías de la 1 a la 6</p>	<p>Son materiales de difícil reciclaje (PCs, DVD, MP3, las gafas de sol, los materiales antibalas,...)</p>

Fuente: Molí de la Vall Major

En la presente tesis usamos dos tipos de plástico, el plástico PET provenientes del cuerpo o parte media de las botellas de plástico y segundo el plástico HDPE proveniente de las tapas de botellas de plástico.

Sobre el mejoramiento de suelos arcillosos se puede decir que, en su estado natural debido a sus características físico-mecánicas, son de baja capacidad portante, no son aptos para conformar un pavimento como sub-rasante, es necesario su mejoramiento para llegar a los requerimientos de las especificaciones técnicas normadas; es de prioridad mejorar el suelo sobre el que se construirán carreteras, para lo cual el MTC (2014) ha dispuesto su mejoramiento: por sustitución, combinación con productos como el cemento, asfalto, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, cloruro de sodio, escoria, etc., del mismo modo se establece en la norma de Pavimentos Urbanos la clasificación para subrasante como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 2 Clasificación de Subrasante según su CBR

Subrasante	CBR %
Excelente	$\text{CBR} \geq 17\%$
Bueno	$8\% < \text{CBR} < 17\%$
Regular	$3\% < \text{CBR} < 8\%$
Pobre	$3\% < \text{CBR}$

Fuente: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos

III. METODOLOGIA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

Tipo de investigación:

Según el propósito del estudio es Aplicada, se recopiló información acerca del tema, que se usó para comparar con los resultados obtenidos en este estudio, y posteriormente se buscó resolver el mejoramiento de suelos arcillosos con el fin de aplicar al diseño de pavimentos.

Diseño de investigación:

Diseño experimental: Ya que se evaluó un grupo con muestra de suelo inalterado y otro experimental al que se le agregó las proporciones de plástico triturado artesanalmente, para luego comparar los resultados obtenidos entre el Grupo Inalterado o de control y el otro Grupo Alterado Intencionalmente. Con ello se verificó el aporte del grupo experimental sobre el suelo arcilloso para el mejoramiento de sus características mecánicas.

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION

Variable Independiente: Inclusión de Plástico Triturado Artesanalmente

- **Definición Conceptual:**

El plástico triturado artesanalmente proviene de plásticos PET desechados de uso cotidiano; triturado mediante un esmeril angular que ha sido adaptado con un recipiente a manera de molino que entrega pedazos rugosos de plástico.

- **Definición Operacional:**

El plástico triturado se adicionará a razón de porcentajes del suelo, lo cual repercutirá en sus propiedades mecánicas.

- **Dimensión:**

Proporción.

- **Indicadores:**

Granulometría, proporción de plástico al 1.00%, 2.00% y 3.00% plástico triturado artesanalmente.

- **Escala:**

Porcentaje (%)

Variable Dependiente: Mejoramiento de Suelos Arcillosos

- **Definición Conceptual:**

Tipo de suelo compuesto en su mayoría por partículas muy pequeñas (sedimentos), debido a su composición son expansivos y de baja resistencia, al variar su contenido de humedad.

- **Definición Operacional:**

Por sus propiedades físicas y mecánicas, este tipo de suelo no cumple los parámetros mecánicos de suelo como son la estabilidad, resistencia y capacidad de carga.

- **Dimensión:**

Propiedades físicas y mecánicas.

- **Indicadores:**

Granulometría, Límites, Clasificación, Contenido de humedad, Proctor Modificado, CBR.

- **Escala:**

Porcentaje (%)

Tabla 3 Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala
Variable Independiente: PTA: Plástico Triturado Artesanalmente	Pedazos de plástico reciclado y triturado de característica rugosa o áspera	El plástico triturado se añadirá al suelo para mejorar sus propiedades mecánicas.	Proporción de plástico triturado	Porcentaje de PTA:1, 2 y 3% Granulometría	Porcentaje (%) mm
Variable Dependiente: Mejoramiento de Suelos Arcillosos	Compuesto en su mayoría por suelos finos, lo que lo hace expansivo y de baja resistencia.	Debido a sus características es de bajas propiedades físicas y mecánicas	Propiedades Físicas y Mecánicas	Granulometría Límites Contenido de humedad Proctor Modificado CBR	mm % % % %

Fuente: Elaboración Propia

3.3. POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO

Población:

Suelo arcilloso del tramo final de la carretera Licapa - Lircay Tramo 13 de la Ruta HV-116, en las progresivas de Km 65+600 y Km 66+220, perteneciente al centro poblado de Ccarhuacc Licapa, del distrito de Paras, Provincia de Cangallo, Departamento de Ayacucho.

Muestra:

Se reconocieron dos puntos de material arcilloso y se tomaron muestras de las calicatas 1 y 2 ubicados en las progresivas Km 65+600 y Km 66+220 respectivamente,

Las muestras de suelo que se llevaron al laboratorio para tomar y hacer los ensayos de clasificación de suelos.

Muestreo:

El muestreo es no probabilístico, debido a que la selección es de manera arbitraria de acuerdo a los intereses de la presente investigación. Se verifico los tramos donde predominaba suelo arcilloso, para luego realizar las 2 calicatas de las cuales se obtienen las muestras.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Técnica:

Investigación Documental: Análisis de información bibliográfica (trabajos de investigación y artículos relacionados a las variables del presente tema)

Investigación de Campo: La Observación para la identificación y toma de datos y así verificar el comportamiento y propiedades de lo investigado.

Instrumentos:

Formatos modelos e instrumentos certificados del Laboratorio de Suelos INGEOMAX, así como los formatos de registro de datos de los ensayos a las muestras inalteradas y alteradas para determinar su repercusión en las propiedades mecánicas.

Tabla 4 Cuadro de Ensayos

#	ENSAYO
1	Análisis granulométrico
2	Contenido de humedad
3	Limite liquido
4	Limite plástico
5	Índice de plasticidad
6	Clasificación de suelos SUCS
7	Clasificación de suelos AASHTO
8	Proctor Modificado
9	CBR

Fuente: Elaboración Propia

3.5. PROCEDIMIENTO

De manera concisa se detalló el procedimiento, ello teniendo en cuenta que los procedimientos que los ensayos son normados y estandarizados a nivel nacional de acuerdo a las referencias normativas en manual de ensayos de materiales del MTC, por lo que no se redundó en repetirlos y se hizo hincapié en los resultados, el análisis de ellos y su discusión.

En primera instancia la identificación de la zona de donde se tomaron las muestras, la parte final de la carretera Licapa – Lircay en busca de ubicaciones con las características de suelo arcilloso mediante la observación se reconoció este tipo de material a 1 kilómetro (Calicata C-1) y a 500 metros (Calicata C-2), de la Vía los Libertadores de los cuales se tomaron las coordenadas, dicha ubicación dentro del departamento de Ayacucho.

Tabla 5 Cuadro de coordenadas de Calicatas.

MUESTRA	PROGRESIVA	ESTE	NORTE	COTA	LADO
C-1	65+600	515395	8523665	4219	DERECHO
C-2	66+240	515356	8523510	4224	DERECHO

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1 Ubicación de las Calicatas



Fuente: Google Earth - Elaboración Propia

Las muestras se sometieron a los ensayos que implican la Clasificación de suelos y constatar su composición arcillosa.

Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E 107)

Figura 2 Tamizado Calicata C-1 y PTA



Fuente: Elaboración Propia

Contenido de Humedad

Figura 3 Contenido de Humedad del Suelo Natural



Fuente: Elaboración Propia

Determinación de Límites de Consistencia (MTC E 110, MTC E 111)

Figura 4 Ensayo de Límite Líquido (cuchara de Casagrande) y Límite plástico.



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al plástico reciclado, éste se recolectó de las calles, parques, losas deportivas, etc., luego de lo cual se procedió separar Botellas de Tapas que se picaron y a trituraron mediante la fabricación y adaptación de un esmeril angular, un tarro de metal, un sujetador y un disco a modo de cuchillas que friccionarían y cortarían el plástico, todo ello a modo de molino casero y obtener el tamaño y la textura rugosa que es la que se propuso en esta investigación. Se hizo la prueba con un esmeril angular de 820 W que, si bien trituraba las botellas PET, se trababa con las tapas HDPE, por lo que se optó por adquirir un esmeril angular de mayor potencia, esta vez de 2200 W con el cual no se tuvo problemas para triturar ambos materiales.

Recolección y clasificación de plástico desechado

Figura 5 Recolección y Clasificación de Plástico Desechado



Fuente: Elaboración Propia

Triturado Artesanal de Plástico Reciclado

Figura 6 Herramientas y Máquinas para el Proceso de Triturado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7 Tapas y Botellas de Plástico Triturado Artesanalmente - Textura Rugosa



Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenida la cantidad de plástico triturado se realizó el mezclado de los dos tipos de plástico triturado de Botellas y Tapas (PET y HDPE respectivamente) y posteriormente su tamizado, se usó el pasante de la malla de 3/8" (9.525 mm) y fueron retenidos en los siguientes tamices, posteriormente se hicieron las dosificaciones en proporción de 1%, 2% y 3% de PTA respecto del peso del suelo seco.

Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E 107)

Figura 8 Tamizado Calicata C-1 y PTA



Fuente: Elaboración Propia

Para los ensayos como son el Proctor Modificado en el cual se optó por el método A de la ASTM D 1557 debido a que el porcentaje retenido acumulado en el tamiz N°4 era menor al 20% del total de la muestra y por ende el material que se utilizó para este ensayo es el pasante del tamiz N°4, que se compactó en un molde de 4" de diámetro a 5 capas de 25 golpes/capa y el ensayo de CBR que fue compactado de acuerdo a los resultados del ensayo anteriormente mencionado para obtener la

Máxima Densidad Seca al Optimo Contenido de Humedad a 10, 25 y 56 golpes para cada porcentaje de adición de PTA, luego sumergidos por 4 días en los que se midió su expansión, después de lo cual se sacaron para ser sometidos a los ensayos de Penetración mediante el control con cronometro y deformímetro de penetración y anotando las cargas del equipo manual para ensayos de CBR con indicador de carga digital de los cuales se obtuvo nuevos resultados que se analizaron y discutieron para llegar a las conclusiones.

Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando Energía Modificada - Proctor Modificado (MTC E 115)

Figura 9 *Ensayo en Suelo Natural y con Adición de PTA*



Fuente: Elaboración Propia

CBR de Suelos – Laboratorio (MTC E 132)

Figura 10 *Ensayo en Suelo Natural Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente*



Fuente: Elaboración Propia

3.6. METODO DE ANALISIS DE DATOS

Se realizaron las pruebas a la muestra inalterada para compararla con las demás muestras alteradas con plástico triturado artesanalmente. Para ello nos valimos de los ensayos del laboratorio de suelos INGEOMAX en conjunto con el personal del laboratorio y luego analizar e interpretar los resultados que se vieron reflejados en los cuadros y gráficos para mejor entendimiento de la afectación del plástico triturado sobre el suelo y su mejoramiento.

3.7. ASPECTOS ETICOS

Se usaron los procedimientos de recolección de muestras, pruebas y ensayos según norma NTP CE.010, Manual de ensayo de Materiales, AASHTO, SUCS, etc., respetando la autoría de las referencias u otras fuentes que se citan en cada uno de los párrafos, cuadros u otros, así como los datos recibidos del laboratorio de suelos INGEOMAX que son lícitos y se comprueban mediante su informe y certificados de calibración de equipos e instrumentos utilizados.

IV. RESULTADOS

Los resultados de los ensayos de laboratorio de suelos fueron interpretados y orientados a la razón de este estudio.

Recolección de muestras

Ubicación:

- Departamento : Ayacucho.
- Provincia : Cangallo.
- Distrito : Paras.
- Vía : Corredor Vial N°06-B, Ruta HV-116, Tramo 13 Pampahuasi-Emp. PE-28A (Licapa). Carretera Licapa – Lircay.
- Calicata 01 : Progresiva Km 65+600
- Calicata 02 : Progresiva Km 66+220.

Contenido de Humedad

Tabla 6 Ubicación de Calicatas

PROGRESIVA	LADO	CALICATA	PROFUNDIDAD
65+000	DERECHO	C-1	1.20 m
65+600	DERECHO	C-2	1.20 m

Fuente: Elaboración Propia

Determinación de las Propiedades Físico-Mecánicas del Suelo Natural

Contenido de Humedad

Tabla 7 Resumen Contenido de Humedad

CALICATA	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
C-1	9.7	9.6	9.7
C-2	9.8	9.9	9.9

Fuente: Elaboración Propia

Granulometría del Suelo Natural.

Tabla 8 Resumen de Composición Granulométrica

TAMIZ	ABERTURA	C-1	C-2
-------	----------	-----	-----

	(mm)	% PASANTE	% PASANTE
3/8"	9.525	100	100
1/4"	6.350	98.33	98.42
N° 4	4.760	96.53	96.68
N° 8	2.380	92.05	92.27
N° 10	2.000	91.03	91.31
N° 16	1.190	87.23	87.58
N° 20	0.840	84.24	84.62
N° 30	0.590	81.08	81.36
N° 40	0.426	78.29	78.43
N° 50	0.297	74.68	74.68
N° 60	0.250	73.04	72.94
N° 80	0.177	70.02	70.00
N° 100	0.149	69.21	69.12
N° 200	0.074	68.26	68.21

Fuente: Elaboración Propia

Caracterización del Suelo en Porcentaje

Tabla 9 Resumen de Caracterización del Suelo natural

MATERIAL	C-1	C-2
% GRAVA	3.47	3.32
% ARENA	28.27	28.47
% LIMO Y ARCILLA	68.26	68.21

Fuente: Elaboración Propia

Límites de Consistencia

Tabla 10 Resumen de Resultados de Límites Atterberg de las Muestras

PROGRESIVA	CALICATA	LL	LP	IP
65+000	C-1	37.7	23.9	13.8
65+600	C-2	37.6	23.9	13.7

Fuente: Elaboración Propia

Clasificación AASHTO y SUCS

Tabla 11 Resumen de Clasificación de las Muestras

	CALICATA C-1	CALICATA C-2
CLASIFICACION AASHTO	A-6	A-6

INDICE DE GRUPO	8	8
CLASIFICACION SUCS	CL	CL
DENOMINACION	ARCILLA LIGERA ARENOSA	ARCILLA LIGERA ARENOSA

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Proctor Modificado del Suelo Natural

Tabla 12 Resumen de Resultados del ensayo de Proctor Modificado del Suelo Natural

PROGRESIVA	CALICATA	MDS (gr/cm3)	OCH (%)
65+000	C-1	1.688	14.8
65+600	C-2	1.636	14.6

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de CBR de suelo natural y con Adición de Plástico Triturado Artesanalmente (PTA)

Tabla 13 Resumen de Resultados de CBR en Suelo Natural

PROGRESIVA	CALICATA	0.1"		0.2"	
		100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS
65+600	C-1	4.5%	2.8%	6.9%	4.9%
66+620	C-2	4.3%	2.5%	6.8%	4.5%

Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron los ensayos con referencia a las normas ASTM que se menciona en el manual de ensayo de materiales en el laboratorio de suelos INGEOMAX con los equipos teniendo sus certificados de calibración con los cuales en resumen los resultados fueron para la Calicata C-1: Contenido de Humedad = 9.7%, el pasante del tamiz N°200 o Fondo = 68.26%, Limite Liquido = 37.7, Limite Plástico = 23.9 e Índice de Plasticidad = 13.8, Optimo contenido de Humedad = 14.8% y Máxima Densidad Seca = 1.688 gr/cm³; para la Calicata C-2: Contenido de Humedad = 9.9%, el pasante del tamiz N°200 o Fondo = 68.21%, Limite Liquido = 37.6, Limite Plástico = 23.9 e Índice de Plasticidad = 13.7, Optimo contenido de Humedad = 14.6% y Máxima Densidad Seca = 1.636 gr/cm³; lo que dio como resultado de clasificación de suelos a ambas muestras como Arcilla Ligera Arenosa de baja plasticidad, motivo por el cual su mejoramiento es necesario.

Propiedades Físico-Mecánicas del Plástico Triturado Artesanalmente y su aporte a las propiedades mecánicas del Suelo Natural, incorporado en dosificaciones de 1%, 2% y 3%

Granulometría del Plástico Triturado Artesanalmente (PTA)

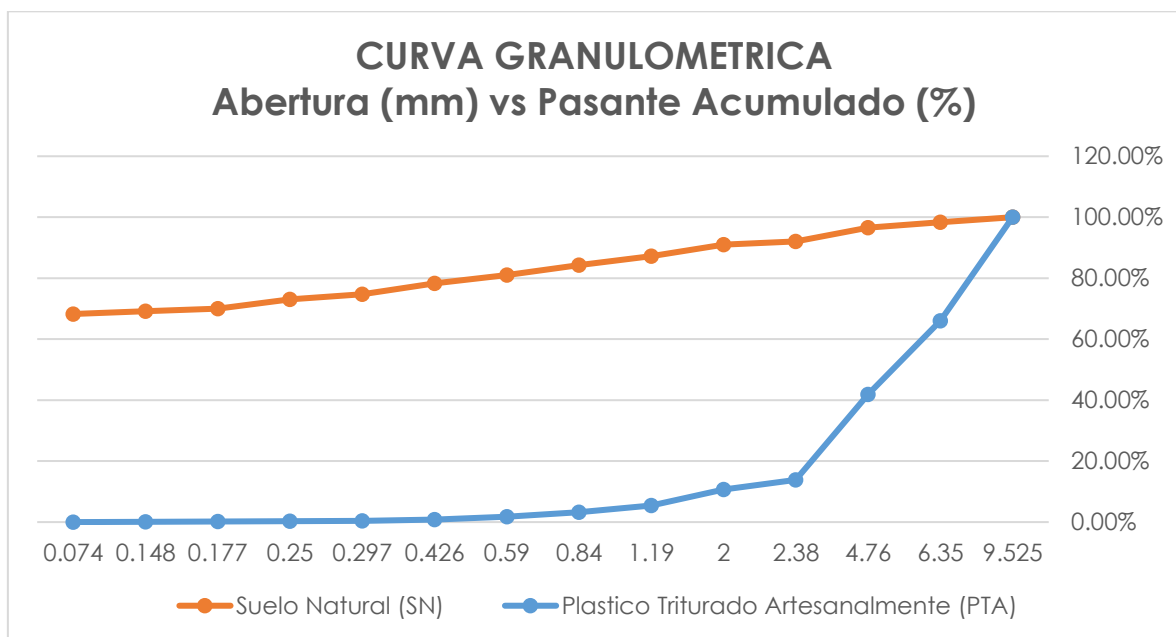
Se usó el Plástico Triturado Artesanalmente pasante del tamiz 3/8"

Tabla 14 Resumen de Composición Granulométrica

TAMIZ	% RETENIDO
1/4"	34.83
N° 4	23.96
N° 8	27.82
N° 10	3.19
N° 16	5.19
N° 20	2.17
N° 30	1.46
N° 40	0.93
N° 50	0.46
N° 60	0.10
N° 80	0.15
N° 100	0.04
N° 200	0.10

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11 Curva Granulométrica SN y PTA (PET+HDPE)



Fuente: Elaboración Propia

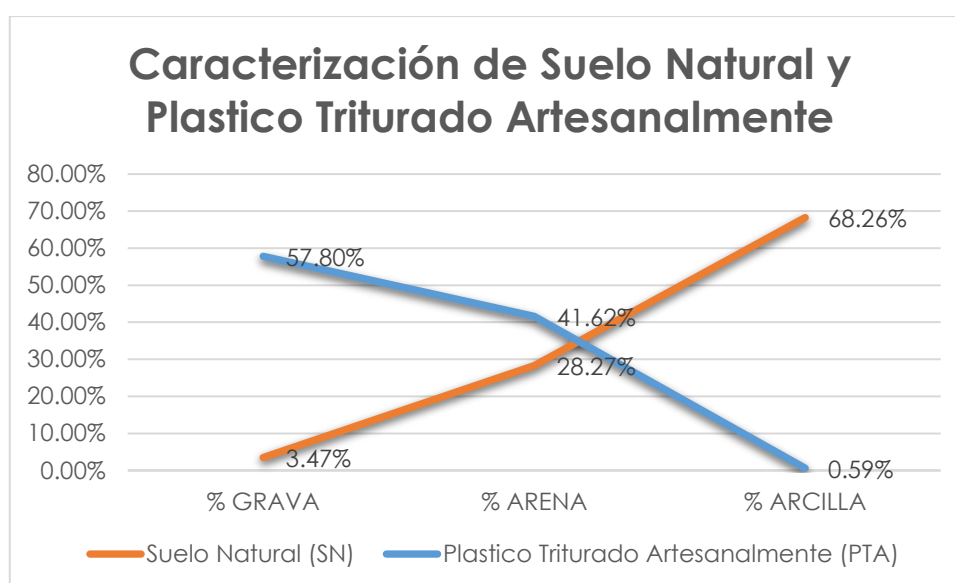
Caracterización del Plástico Triturado Artesanalmente (PTA) en Porcentaje

Tabla 15 Resumen de Caracterización del PTA

MATERIAL	PTA
% GRAVA	57.80
% ARENA	41.62
% LIMO Y ARCILLA	0.59

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12 Caracterización del SN y PTA (PET+HDPE)



Fuente: Elaboración Propia

La composición del Plástico triturado artesanalmente se encuentra en su mayoría, un 87% del total del plástico triturado artesanalmente, entre los tamaños de 9.5mm a 2.5mm, en menor medida, un 12% entre a 2.3mm y 0.6mm, y el resto, un 1%, menores a 0.6mm.

Ensayo de Proctor Modificado Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente (PTA)

Tabla 16 Resumen de Resultados del ensayo de Proctor Modificado del Suelo Natural Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente

CALICATA	SN + %PTA	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
C-1	1%	1.701	13.8
	2%	1.729	14.2

3%	1.683	10.1
----	-------	------

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de CBR Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente (PTA)

Tabla 17 Resumen de Resultados del ensayo de CBR del Suelo Natural (SN) Adicionando Plástico Triturado Artesanalmente (PTA)

CALICATA	%PTA	0.1"		CBR 0.2"	
		100% MDS	95% MDS	100% MDS	95% MDS
C-1	1%	6.4%	3.6%	9.1%	6.0%
	2%	8.2%	4.8%	11.8%	7.9%
	3%	6.4%	4.1%	8.6%	6.3%

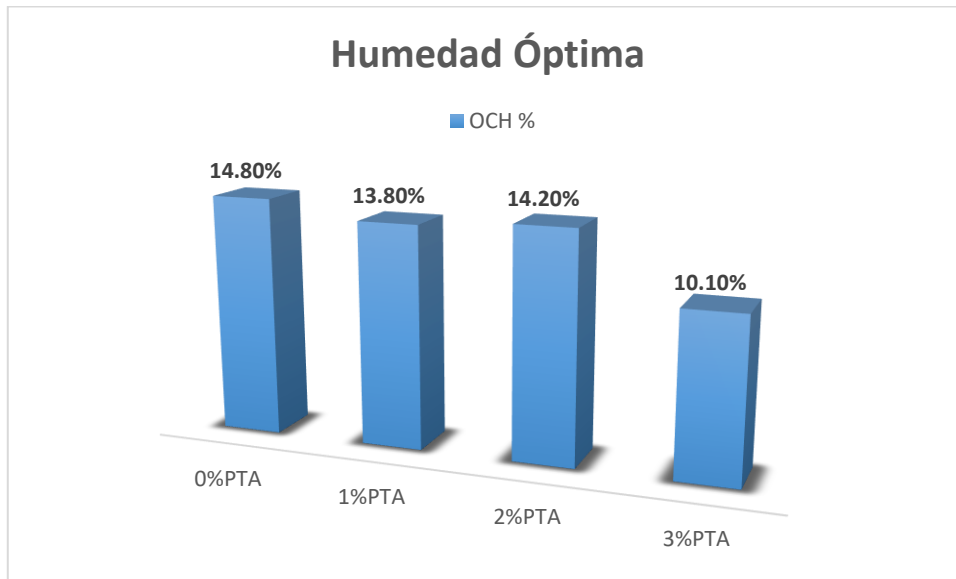
Fuente: Elaboración Propia

Tenemos que los ensayos de Proctor modificado, se nota para el suelo Natural (al 0% de adición de PTA) el OCH es de 14.80% para una MDS de 1.688 gr/cm³; la adición al suelo del 1% de PTA, el OCH es de 13.80% para una MDS de 1.701 gr/cm³; la adición al suelo del 2% de PTA, el OCH es de 14.20% para una MDS de 1.729 gr/cm³; la adición al suelo del 3% de PTA, el OCH es de 10.10% para una MDS de 1.683 gr/cm³.

De los resultados del CBR anteriores podemos decir que, el suelo Natural (al 0% de adición de PTA) cuenta con una resistencia al 95% de 4.90% y al 100% es de 6.90%; la adición al suelo del 1% de PTA, su aporte a la resistencia al 95% es de 6% aumentando con respecto al suelo natural en un 22.45% de la MDS y al 100% es de 9.10% aumentando con respecto al suelo natural en un 31.88% de la MDS; la adición al suelo del 2% de PTA, su aporte a la resistencia al 95% es de 7.90% aumentando con respecto al suelo natural en un 61.22% de la MDS y al 100% es de 11.80% aumentando con respecto al suelo natural en un 71.01% de la MDS; la adición al suelo del 3% de PTA, el aporte a la resistencia al 95% es de 6.30% aumentando con respecto al suelo natural en un 28.57% y al 100% es de 8.60% aumentando con respecto al suelo natural en un 24.64% de la máxima densidad seca.

Definir cuál de las dosificaciones de plástico reciclado triturado al 1%, 2% y 3% es el que tiene mayor influencia en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo.

Figura 13 Humedad Óptima del SN y PTA



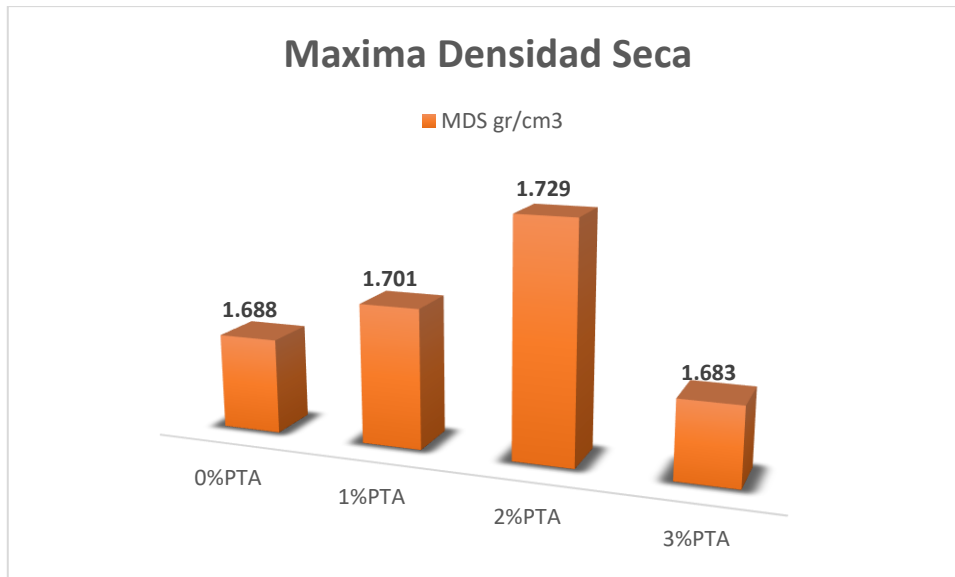
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 Resumen de aumento del ensayo de Proctor Modificado al Optimo Contenido de humedad de la adición de Plástico Triturado Artesanalmente respecto al Suelo Natural.

Suelo Natural + Adición de PTA	OCH (%)	Disminuye
SN + 0%PTA	14.80	-
SN + 1%PTA	13.80	-6.76%
SN + 2%PTA	14.20	-4.05%
SN + 3%PTA	10.10	-31.76%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14 Máxima Densidad seca del SN y PTA



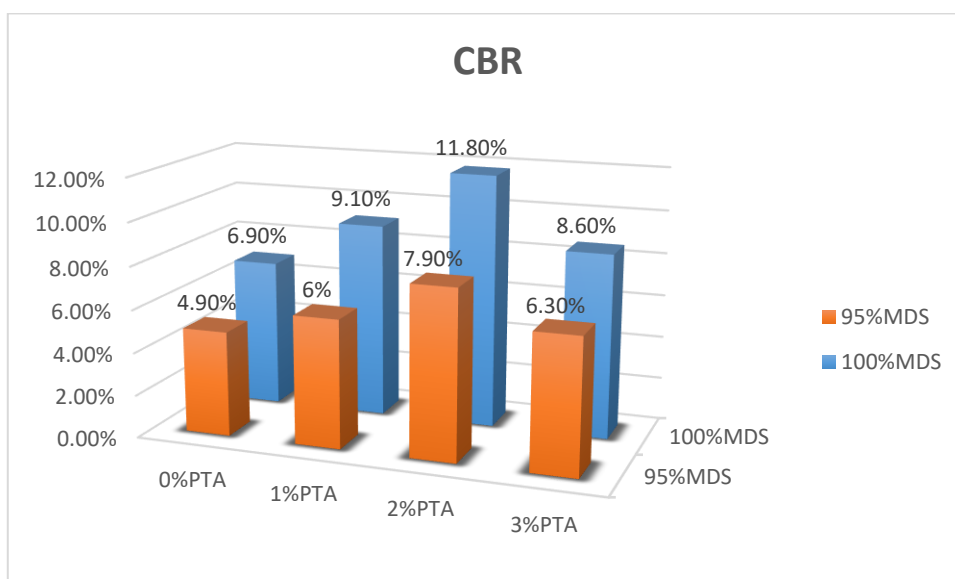
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19 Resumen de aumento del ensayo de Proctor Modificado a la Máxima Densidad Seca de la adición de Plástico Triturado Artesanalmente respecto al Suelo Natural

Suelo Natural + Adición de PTA	MDS (gr/cm3)	Aumenta
SN + 0%PTA	1.688	-
SN + 1%PTA	1.701	0.77%
SN + 2%PTA	1.729	2.43%
SN + 3%PTA	1.683	-0.30%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15 CBR al 95% y 100% del SN y PTA



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 Resumen de aumento del ensayo de CBR a la adición de Plástico Triturado Artesanalmente respecto al Suelo Natural

Suelo Natural + Adición de PTA	CBR al 95%	Aumenta	CBR al 100%	Aumenta
SN + 0%PTA	4.9%	-	6.9%	-
SN + 1%PTA	6.0%	22.45%	9.10%	31.88%
SN + 2%PTA	7.9%	61.22%	11.8%	71.01%
SN + 3%PTA	6.3%	28.57%	8.6%	24.64%

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las gráficas presentadas en esta sección, se puede ver que para un 2% de incorporación de PTA al suelo natural, éste mejora su resistencia y para un 3% la resistencia decae, por lo que se determina de que el óptimo porcentaje de adición al suelo natural es de 2% de PTA que aumenta en un 71.01% del CBR del suelo natural.

V. DISCUSION

Objetivo Especifico 1:

Los resultados obtenidos para el Mejoramiento de suelos arcillosos con plástico triturado artesanalmente en el Laboratorio de Suelos INGEOMAX, se procedió a realizar los ensayos de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC que se basa en normas ASTM, con las muestras extraídas del Corredor vial N°06B, Ruta HV-116, tramo 13 de la carretera Licapa-Lircay que se encuentra en el departamento de Ayacucho, provincia de Cangallo, distrito de paras, en el centro poblado de Ccarhuacc Licapa, de las calicatas C-1 y C-2 en las progresivas 65+600 y 66+220 respectivamente. Ambas muestras de las calicatas con un 68.26% y 68.21% de pasantes del tamiz N°200, limite liquido de 37.7% y 40.0% e índice de plasticidad de 13.8% y 35.4%, de acuerdo a la granulometría y los límites de consistencia presentada en los ensayos, se clasificaron según SUCS como Arcilla Ligera Arenosa de mediana plasticidad y según AASHTO como un suelo arcilloso A-6 con un contenido de humedad óptimo de 14.8% y 14.6% para una máxima densidad seca de 1.688gr/cm³ y 1.636% para cada una y valores de 6.8% y 6.9% de CBR a una penetración de 56 golpes.

Sobre los resultados de las tesis de Ramos y Seminario (2019) y Gutiérrez Yupanqui (2021), vemos similitudes en cuanto a las características físicas y mecánicas, e incluso en el tipo de suelo, es debido a estas características que este tipo de suelos necesita un mejoramiento por lo que ello se propone mediante el uso de plástico triturado artesanalmente, procedente de preferencia del reciclaje de ellos, de envases plásticos, tanto de las botellas (PET) como de las tapas de botellas (HDPE).

Tabla 21 Comparación de las Características Físicas y Mecánicas con Ramos & Seminario (2019) y Gutiérrez Yupanqui (2021)

SUELO NATURAL	Ramos y Seminario	Gutiérrez Yupanqui	Crisóstomo Vásquez
Pasante N°200	62.20%	83.45%	68.26%
Limite Liquido	36.5%	29.9%	37.7%
Índice Plástico	16.7%	11.9%	13.8%
SUCS	CL	CL	CL

	Arcilla de Mediana y Baja Plasticidad	Arcilla Ligera con Arena	Arcilla Ligera Arenosa
AASHTO	A-6 (8)	A-6 (9)	A-6 (8)
OCH	11.59%	15.6%	14.8%
MDS	1.91 gr/cm ³	1.867 gr/cm ³	1.688 gr/cm ³
CBR	2.0%	7.0%	6.9%

Fuente: Elaboración Propia

Objetivo Especifico 2:

Se realizaron los ensayos con adición de plástico triturado artesanalmente (PTA) sobre la muestra C-1, con lo cual se obtuvieron los resultados que aportan a las propiedades mecánicas. Para el ensayo Proctor Modificado, el OCH del suelo natural es de 14.8% y adicionando 1%, 2% y 3% de PTA es de 13.8%, 14.2% y 10.10% respectivamente, la MDS del suelo natural resultó ser de 1.688 gr/cm³ y adicionando 1%, 2% y 3% de PTA es de 1.701 gr/cm³, 1.729 gr/cm³ y 1.683 gr/cm³ para cada uno, además el CBR del suelo patrón es de 6.9% adicionando 1%, 2% y 3% de PTA es de 9.10%, 11.80% y 8.60%

En la tesis de Flores y Zea (2021) "Plástico reciclado en la estabilización de suelos cohesivos para mejorar la subrasante de una vía multicarril, Juliaca 2021", el suelo natural cuenta con OCH de 15.9% y adicionando 1.5%, 3.5% y 5.5% fueron de 14.97%, 15.76% y 15.34%, la MDS del suelo natural resultó ser de 1.773 gr/cm³ y adicionando 1.5%, 3.5% y 5.5% de PTA es de 1.789 gr/cm³, 1.749 gr/cm³ y 1.683 gr/cm³ para cada uno, además el CBR del suelo patrón es de 6.8 y %adicionando 1.5%, 3.5% y 5.5% de PTA es de 11.5%, 8.9% y 5.8%. Por lo que se nota la tendencia similar al agregar un porcentaje entre 1.5% y 2% de plástico triturado respecto al ensayo de CBR, en ambas investigaciones.

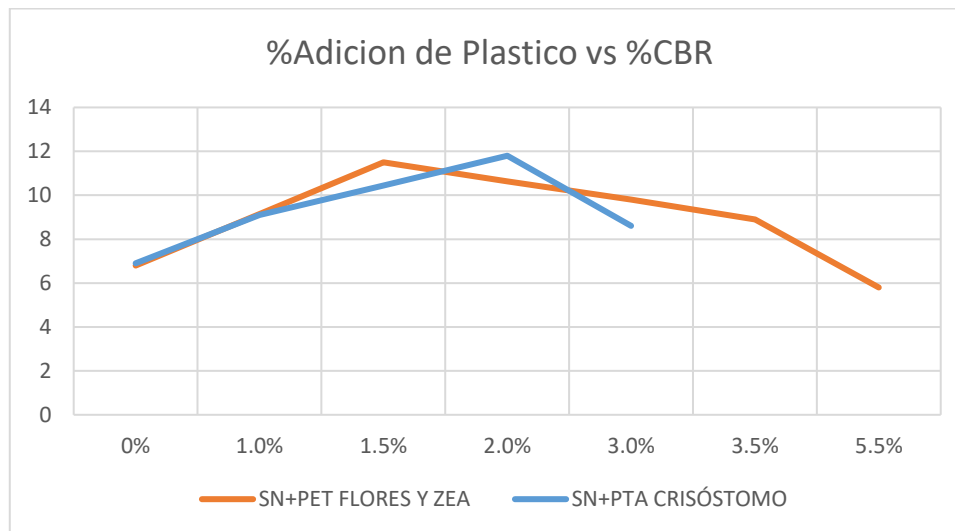
Tabla 22 Comparación de Resultados de Ensayo CBR con Flores & Zea (2021)

SN+PET o SN+PTA	OCH (%)		MDS (gr/cm ³)		CBR (%)	
	F & Z	CV	F & Z	CV	F & Z	CV
0.0%	15.9	14.8	1.773	1.688	6.8	6.9
1.0%	-	13.8	-	1.701	-	9.1
1.5%	14.97	-	1.789	-	11.5	-
2.0%	-	14.2	-	1.729	-	11.8

3.0%	-	10.1	-	1.683	-	8.6
3.5%	15.76	-	1.749	-	8.9	-
5.5%	15.34	-	1.735	-	5.8	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16 Tendencia de %Adición de Material Plástico vs CBR, en comparación con Flores & Zea (2021)



Fuente: Elaboración Propia

Objetivo Especifico 3:

En la tesis “Efecto de la Estabilización de Suelos Finos con Tereftalato de Polietileno como Material de Refuerzo en la Estructura de Pavimentos Flexibles del Distrito de Puno” de Zenteno Enríquez (2018) obtuvo resultados de CBR 50.65%, 20.39%, 19.29%, 18.38% y 17.36% para refuerzo con PET de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% individualmente, siendo el de 2% del peso del suelo seco el óptimo porcentaje de PET para lograr mejora en sus propiedades mecánicas. Esto a su vez indica que, a menor porcentaje de éste material, mejor aportará a las propiedades mecánicas, la diferencia entre su mejoramiento y el nuestro se debe a que son distintos tipos de suelos y su composición también es diferente respecto a nuestro suelo patrón.

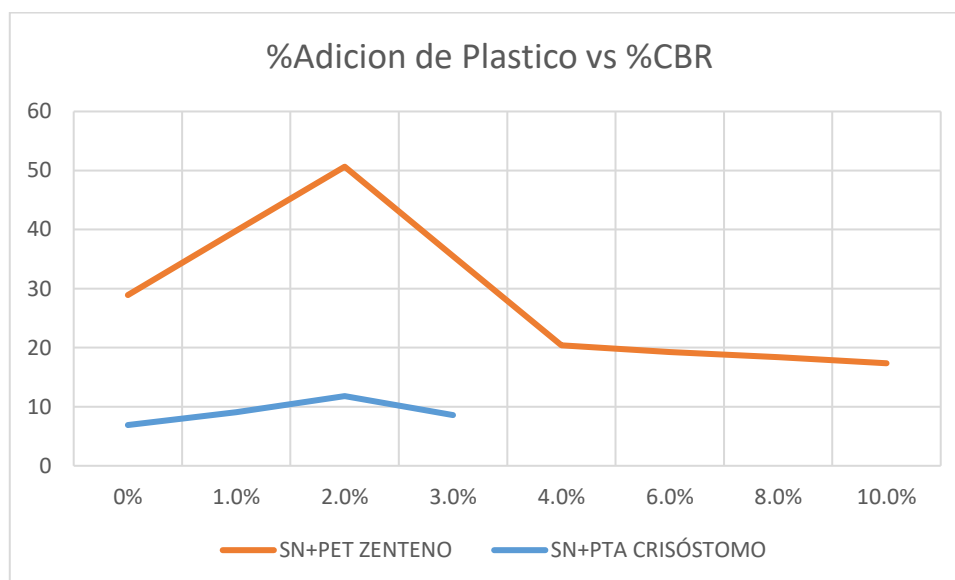
Tabla 23 Comparación de Resultados de Ensayo CBR con Zenteno Enríquez (2018)

SN+PET o	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)	CBR (%)
----------	---------	---------------------------	---------

SN+PTA	ZE	CV	ZE	CV	ZE	CV
0.0%	14.5	14.8	1.844	1.688	28.91	6.9
1.0%	-	13.8	-	1.701	-	9.1
2.0%	15.21	14.2	1.802	1.729	50.65	11.8
3.0%	-	10.10	-	1.683	-	8.6
4.0%	15.38	-	1.778	-	20.39	-
6.0%	15.45	-	1.756	-	19.29	-
8.0%	15.72	-	1.747	-	18.38	-
10.0%	16.10	-	1.739	-	17.36	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17 Tendencia de %Adición de Material Plástico vs CBR, en comparación con Zenteno Enríquez (2018)



Fuente: Elaboración Propia

Según nuestra investigación, se encontró que el 2% de adición de PTA es el mejor, debido a su aporte de 11.8% en comparación a 6.9% del suelo natural, para esta dosificación del 2% de PTA el contenido óptimo de humedad es de 14.2% para una máxima densidad seca de 1.729 gr/cm³

Pinedo Ramírez (2021) en su tesis “Diseño de una sub-rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2021” dosificó de la misma manera en 1%, 2% y 3% de PET, obteniendo para el ensayo de CBR 10.95%, 11.35% y 11.88% respectivamente resultando al 3% de PET la que mejores resultados le dio, a pesar de que la variación de mejoramiento entre las

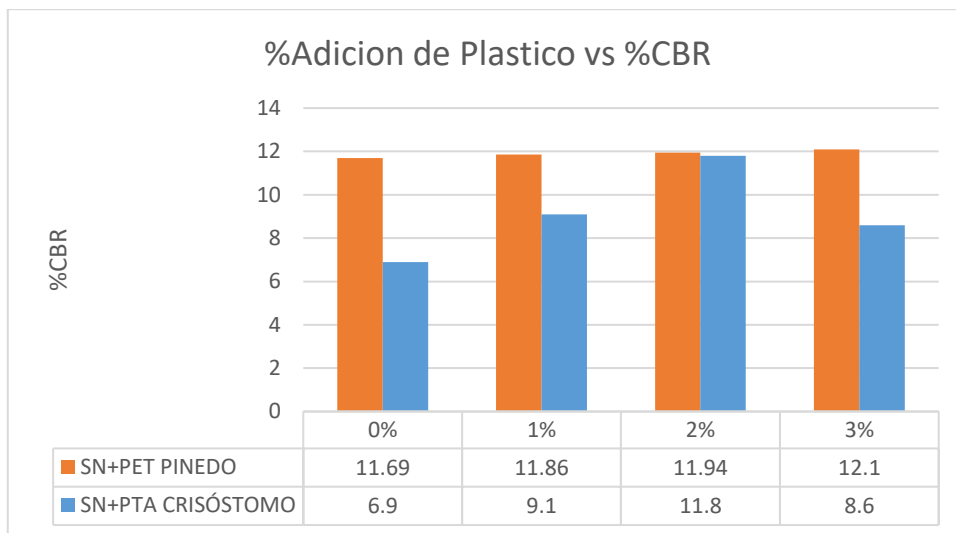
dosificaciones no es notable, a diferencia de nuestra tesis donde es notable que al 2% de PTA hay una mejora considerable, esto puede deberse a la diferencia del material de plástico empleado para el mejoramiento.

Tabla 24 Comparación de Resultados de Ensayo CBR con Pinedo Ramírez (2021)

SN+PET o SN+PTA	OCH (%)		MDS (gr/cm3)		CBR (%)	
	PR	CV	PR	CV	PR	CV
0.0%	13.21	14.8	1.779	1.688	11.69	6.9
1.0%	12.85	13.8	1.784	1.701	11.86	9.1
2.0%	12.30	14.2	1.799	1.729	11.94	11.8
3.0%	11.88	10.1	1.807	1.683	12.1	8.6

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18 Tendencia de %Adición de Material Plástico vs CBR, en comparación con Pinedo Ramírez (2021)



Fuente: Elaboración Propia

VI. CONCLUSIONES

1. El Plástico Triturado Artesanalmente (PTA) mejora los suelos arcillosos para diseño de pavimentos, debido a que influye al añadir 2% de PTA del peso del suelo seco, sobre sus propiedades mecánicas como son la compactación y resistencia de dichos suelos.
2. Se logró identificar las características físicas y mecánicas del suelo natural, mediante los ensayos elaborados bajo normativa vigente del MTC en el laboratorio de suelos INGEOMAX, obteniendo los resultados siguientes: Limite liquido = 37.7%, Limite plástico = 28.0%, Índice de plasticidad = 13.8%, Suelo pasante malla N°200 = 68.26%, con lo que se define la clasificación SUCS = CL Arcilla Ligera Arenosa de mediana plasticidad, y clasificación AASHTO = A-6 (8) también como una arcilla, del ensayo de Proctor Modificado obtuvimos el Optimo Contenido de Humedad (OCH) = 14.8% y la Máxima Densidad Seca (MDS) = 1.688 gr/cm³, y del ensayo de CBR conocimos su resultado = 6.9% para una penetración de 0.2" a 56 golpes.
3. Al adicionar Plástico Triturado Artesanalmente de procedencia reciclada, compuesto por dos tipos de plástico: el plástico reciclado PET (Tereftalato de Polietileno) proveniente del cuerpo de las botellas y el plástico reciclado HDPE (Polietileno de Alta Densidad) que se obtuvo de las tapas de botellas, al suelo arcilloso reflejó un mejoramiento en los resultados para sus propiedades mecánicas, su aporte al 1% de adición de PTA al suelo arcilloso, se obtuvieron: OCH = 13.8%, MDS = 1.701 gr/cm³, por último el incremento en la capacidad de soporte CBR = 9.1%; el aporte al 2% de adición de PTA al suelo arcilloso, se obtuvieron: OCH = 14.2%, MDS = 1.729 gr/cm³, por último el incremento de CBR = 11.8%; el aporte al 3% de adición de PTA al suelo arcilloso, se obtuvieron: OCH = 10.1%, MDS = 1.683 gr/cm³, por último la disminución en la capacidad de soporte CBR = 8.6%; todos los resultados de CBR son a 0.2" de penetración para el ensayo a 56 golpes.

4. De lo anterior se puede concluir que la dosificación que mejor aporta a las características mecánicas es la del 2% de PTA respecto al peso del suelo seco, debido a que mejora la capacidad de soporte, a pesar de que la disminución del OCH y el mayor aumento de la MDS lo tiene el 3% de PET, pero ésta dosificación baja en el resultado del CBR.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar únicamente HDPE proveniente de los distintos tipos de productos desechados para verificar si su aporte en las propiedades mecánicas es mayor que la del PET, dicho material puede ser proveniente de botellas, tapas, etc., en general son botellas que contienen materiales con químicos, ya que este material es resistente a ellos.
2. Realizar otros métodos de triturado de plástico reciclado o mejorar el realizado en esta investigación, ya que, si bien funciona efectivamente para el plástico PET porque les da una textura rugosa, no lo hace igual de bien para el plástico HDPE proveniente de tapas de botellas, ya que es un material más compacto, lo cual demora más el proceso de triturado, además optar por una máquina con más potencia para triturar HDPE. En cuanto a la adaptación de la máquina trituradora, se puede mejorar a modelos más eficientes debido a que se pierde parte de material al momento de triturar el plástico, sobre todo polvillo, mismo que se puede usar para los ensayos físicos como los límites de consistencia y ver su aporte en ellos.
3. Usar dosificaciones entre cercanas a la del 2% si se va a usar la mezcla de estos dos tipos de plástico el PET y el HDPE, y variar su dosificación en la misma, aquí se utilizó 2/3 de plástico PET por 1/3 de plástico HDPE ambos reciclados triturados artesanalmente.
4. Se verificó la falta de una planta procesadora de reciclado de plásticos, en la ciudad de Ayacucho. Por lo que se recomienda emprender en este rubro, que se dediquen a la transformación de plástico desechado.
5. Usar otros materiales reciclables inorgánicos debido a su lenta degradación y para aminorar la contaminación y su impacto ambiental, por ejemplo: PVC, restos de artefactos, vidrios, poliestirenos, etc.

REFERENCIAS

Andrade, A. (2022) *Aplicación del nopal para modificar las propiedades del pavimento rígido en jirón Lima, distrito de Carmen Salcedo, Ayacucho – 2022*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87702>

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),207-219.[fecha de Consulta 20 de Julio de 2022]. ISSN: 0120-6230.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43030033019>

Carvajal, A. & Garzon, R. (2019) *Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET*. Universidad Piloto de Colombia.

<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6482>

Flores, D. & Zea, H. (2021) *Plástico reciclado en la estabilización de suelos cohesivos para mejorar la subrasante de una vía multicarril, Juliaca 2021*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68779>

Gil, E. & Nuñez, H. (2018) *Influencia de la adición de fibras de PET reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes*. Universidad Nacional de Trujillo.

<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11114>

Gutiérrez, L. (2021) *Influencia del Tereftalato de polietileno reciclado en la subrasante de la carretera tramo Pucaloma - Maukallaqta, Ayacucho – 2021*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65834>

López, J. (2013) *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET). Escuela de Ingeniería de Antioquia*.

<https://repository.eia.edu.co/handle/11190/265>

Marquez, D. (2019) *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados pet en el distrito la encantada, provincia de morropon – piura 2019*. Universidad Nacional de Piura.

<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2241>

Ministerio T. y C. (2014) *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf

Ministerio T. y C. (2017) *Manual de ensayo de materiales*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-06-16%20Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010) Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos.

http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf

Ore, C. (2022) *Incorporación de ceniza de rastrojos de quinua en muros portantes de adobe, distrito de Tambillo, Ayacucho – 2022*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88313>

Pinedo, K. (2021) *Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2021*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66749>

Paucar, G. & Córdova, J. (2021) *Estudio experimental del comportamiento mecánico del suelo gravoso arcilloso reforzado con polietileno Tereftalato (PET) reciclado*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654671>

Quispe, E. & Sañac, M. (2019) *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018*. Universidad Tecnológica de los Andes.

<https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/206>

Ramos, Y. & Seminario, W. (2019) *Uso de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado la golondrina entre las progresivas 0+000*

hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33852>

Reyes, O. (2021) *Medios más usados para traducir un abstract del español al inglés.* Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71014>

Sociedad de industrias del plástico (2020) *Sistema de codificación SPI*

<https://www.molidelavallmajor.es/es/produccion-ecologica/el-reciclaje/sistema-de-codificacion-spi>

Zenteno, S. (2018) *Efecto de la estabilización de suelos finos con Tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de puno.* Universidad Nacional del Altiplano.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8150>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Matriz de consistencia

TITULO	ALCANCE	PREGUNTAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS
Mejoramiento de Suelos Arcillosos con Plástico Reciclado Triturado Artesanalmente (PTA)	Correlacional	<p>General:</p> <p>¿Cómo el PTA Mejora a los Suelos Arcillosos?</p> <p>Específicos:</p> <p>- ¿Por qué la Textura Rugosa del PTA Mejora los Suelos Arcillosos?</p> <p>- ¿Cómo el PTA mejora las propiedades Mecánicas de los Suelos Arcillosos?</p> <p>- ¿Cómo la producción de PTA Optimiza su Aplicación en Suelos Arcillosos?</p>	<p>General:</p> <p>Analizar que el PTA Mejora los Suelos Arcillosos</p> <p>Específicos:</p> <p>- Utilizar la Textura Rugosa del PTA Mejora los Suelos Arcillosos.</p> <p>- Identificar que el PTA Mejora las propiedades Mecánicas de los Suelos Arcillosos.</p> <p>- Exponer que la Producción de PTA Optimiza su Aplicación en Suelos Arcillosos.</p>	<p>General:</p> <p>El PTA Mejora los Suelos Arcillosos.</p> <p>Específicos:</p> <p>- La textura Rugosa del PTA Mejora los Suelos Arcillosos.</p> <p>- El PTA Mejora las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arcillosos.</p> <p>- La producción de PTA Optimiza su Aplicación en Suelos Arcillosos.</p>

Anexo 2: Panel Fotográfico



Fotografía 1: Vista Panorámica al Km 66+200 de la carretera Licapa-Lircay



Fotografía 2: Vista Panorámica al Km 65+600 de la carretera Licapa-Lircay



Fotografía 3: Tamizado de Calicata C-1



Fotografía 4: Tamizado de Calicata C-2



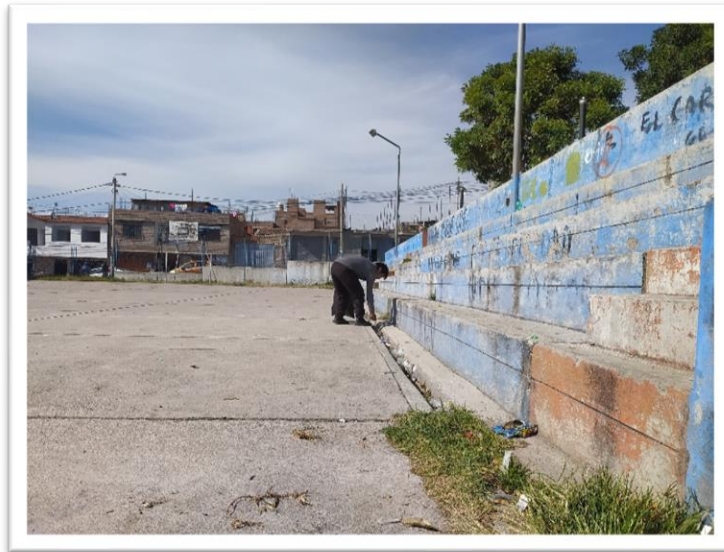
Fotografía 5: Ensayo de Proctor Modificado C-1



Fotografía 6 : Ensayo de Proctor Modificado C-2



Fotografía 7: Ensayo de Penetración para CBR al Suelo Natural (C-1 y C-2)



Fotografía 8: Recolección de Material Plástico



Fotografía 9: Recolección de Material Plástico



Fotografía 10: Clasificación de Material Plástico PET - HDPE



Fotografía 11: Adaptación de maquina amoladora de 820W



Fotografía 12: Adaptación de maquina amoladora de 820W



Fotografía 13: Adaptación de maquina amoladora de 2200W



Fotografía 14: Adaptación de maquina amoladora de 2200W



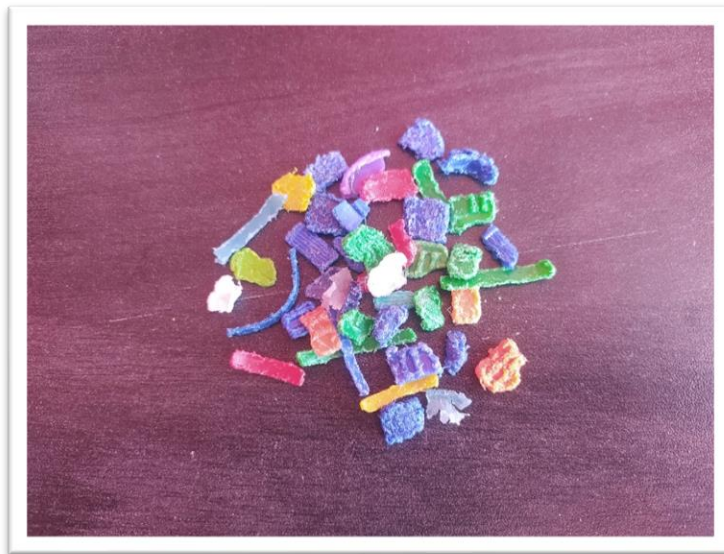
Fotografía 15: Preparación de materiales y herramientas para el triturado



Fotografía 16: Obtención del material triturado



Fotografía 17: Obtención de PET triturado de diámetro menor a 10mm



Fotografía 18: Obtención de HDPE triturado de diámetro menor a 10mm



Fotografía 19: Tamizado de Plástico triturado



Fotografía 20: Granulometría de PET triturado



Fotografía 21: Granulometría de HDPE triturado.



Fotografía 22: Granulometría de Plástico Triturado Artesanalmente (PTA) = PET (2/3PTA) + HDPE (1/3PTA) triturado.



Fotografía 23: Ensayo de Proctor Modificado y adición de 1%PTA.



Fotografía 23: Ensayo de Proctor Modificado y adición de 2%PTA.



Fotografía 23: Ensayo de Proctor Modificado y adición de 3%PTA.



Fotografía 24: Ensayo de CBR con adición de PTA.



Fotografía 25: Ensayo de Penetración con adición de 1%PTA.



Fotografía 26: Ensayo de Penetración con adición de 2%PTA.



Fotografía 26: Ensayo de Penetración con adición de 3%PTA.

Anexo 3: Informe de Laboratorio de Suelos

INFORME N° 226-2022-LABINGEOMAX

IGM-PC-0040-2022

**ANÁLISIS DE ENSAYOS DE
MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO:

**"MEJORAMIENTO DE
SUELOS ARCILLOSOS
CON PLÁSTICO
TRITURADO
ARTESANALMENTE
PARA EL DISEÑO DE
PAVIMENTOS EN LA
CARRETERA LICAPA -
LIRCAY EN AYACUCHO
2022"**

UBICACIÓN:

PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

JULIO DE 2022

SOLICITANTE:

BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO



**INGENIERIA GEOTECNICA AL MÁXIMO SAC
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS**




INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

SUELO NATURAL



INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)		F - SG - 100	
			Revisión:	1
			Fecha:	2022-04-12
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"			
SOLICITANTE	: BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO			
UBICACIÓN	: PARAS / CANGALLO / AYACUCHO			

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV-116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY MUESTRA : C - 01 (KM 65+600) ESTRATO : E - 02 PROFUND. (m) : -	TIPO DE MATERIAL: SUBRASANTE COD. PROYECTO: IGM-PC-0040-2022 COD. MUESTRA: M-00C1-2022 FECHA: Jun-22
--	---

N° DE ENSAYOS		1	2
N° Tara	N°	16	23
Masa Tara + Suelo Humedo	(g)	83.1	90.7
Masa Tara + Suelo Seco	(g)	78.0	85.2
Masa Tara	(g)	25.4	27.9
Masa Agua	(g)	5.1	5.5
Masa Suelo Seco	(g)	52.6	57.3
Contenido de Humedad	(%)	9.7	9.6
Promedio (%)		9.7	

Observaciones:

.....



 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP. 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D4318 , MTC E-110)**

F - SG - 101

Revisión:

1

Fecha:

2022-04-12

PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"
SOLICITANTE	: BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO
UBICACIÓN	: PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

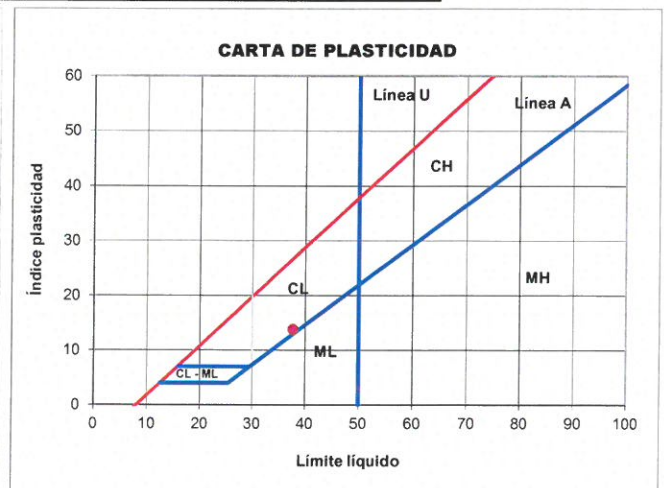
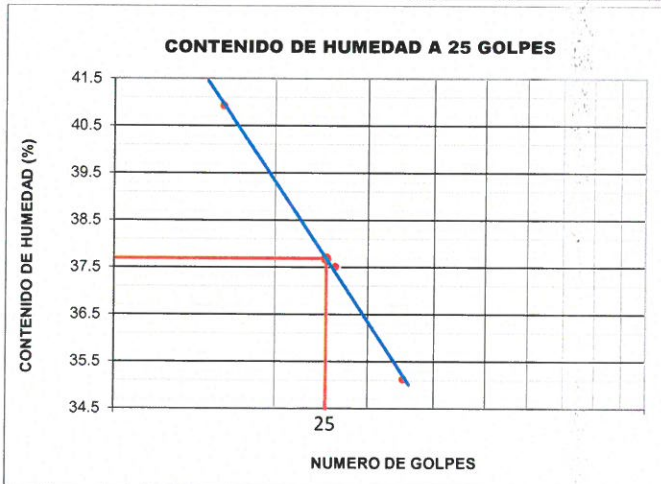
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY
 MUESTRA : C - 01 (KM 65+600)
 ESTRATO : E - 02
 PROFUND. (m) : -

TIPO DE MATERIAL: SUBRASANTE
 COD. PROYECTO: IGM-PC-0040-2022
 COD. MUESTRA: M-00C1-2022
 FECHA: Jun-22

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	N°	66	89	53
MASA TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	72.63	78.63	77.25
MASA TARRO + SUELO SECO	(g)	67.51	72.65	71.08
MASA DE AGUA	(g)	5.12	5.98	6.17
MASA DEL TARRO	(g)	55.00	56.71	53.52
MASA DEL SUELO SECO	(g)	12.51	15.94	17.56
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	40.9	37.5	35.1
NUMERO DE GOLPES		16	26	35

LIMITE PLASTICO			
N° TARRO	N°	9	15
MASA TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	35.35	33.93
MASA TARRO + SUELO SECO	(g)	33.85	32.36
MASA DE AGUA	(g)	1.5	1.6
MASA DEL TARRO	(g)	27.59	25.75
MASA DEL SUELO SECO	(g)	6.3	6.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.0	23.8



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	37.7
LIMITE PLASTICO (%)	23.9
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	13.8

Ing. Maxwil Anthony Morate Arias
 CIP 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Observaciones:

.....



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E 107)**

F - SG - 102

Revisión: 1

Fecha: 2022-04-12

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

I. DATOS GENERALES

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY

TIPO DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA : C - 01 (KM 65+600)

COD. PROYECTO: IGM-PC-0040-2022

ESTRATO : E - 02

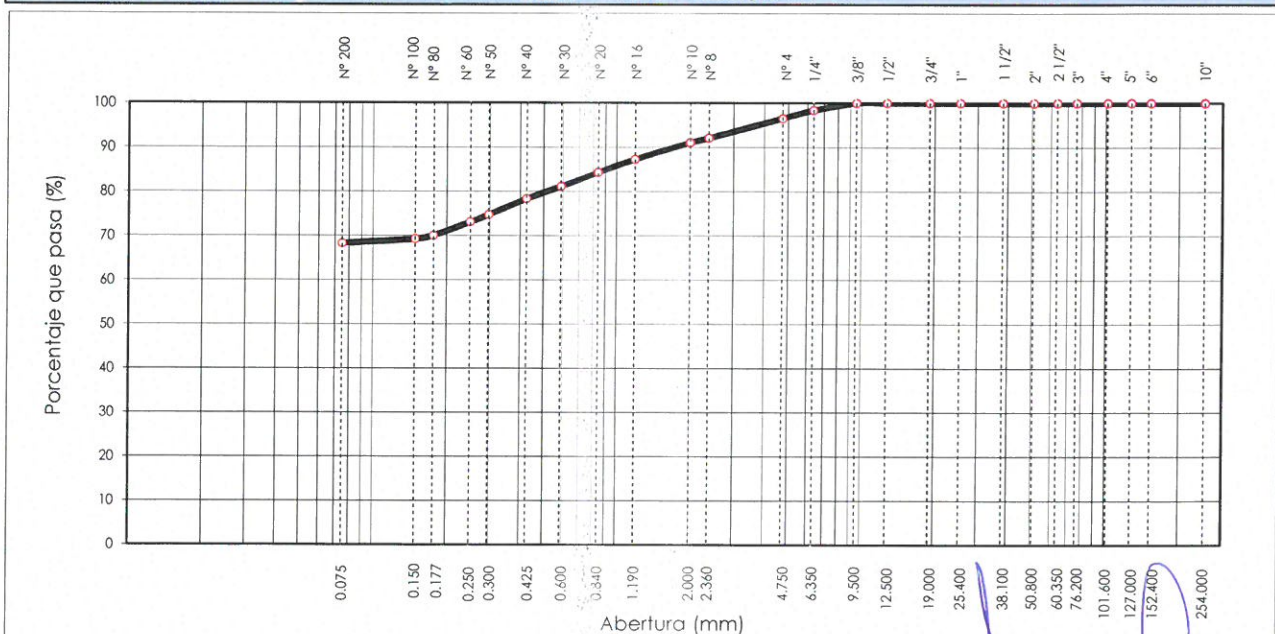
COD. MUESTRA: M-00C1-2022

PROFUND. (m) : -

FECHA: Jun-22


TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
10"	254.000						Masa inicial: 1649.2	
6"	152.400						Masa fracción: 523.5	
5"	127.000						% Grava : 3.47	
4"	101.600						% Arena : 28.27	
3"	76.200						% Finos : 68.26	
2 1/2"	63.500						Coefficientes de uniformidad y curvatura	
2"	50.800						D10 (mm) : 0.011	
1 1/2"	38.100						D30 (mm) : 0.033	
1"	25.400						D60 (mm) : 0.066	
3/4"	19.050						Cu: 6.00	
1/2"	12.700						Cc: 1.500	
3/8"	9.525				100.00		D15 (mm) : 0.016	
1/4"	6.350	27.5	1.67	1.67	98.33		D50 (mm) : 0.055	
Nº 4	4.750	29.8	1.81	3.47	96.53		D85 (mm) : 0.929	
Nº 8	2.380	73.8	4.47	7.95	92.05		Clasificación AASHTO Y SUCS	
Nº 10	2.000	16.9	1.02	8.97	91.03		Clasificación (AASHTO) : A-6	
Nº 16	1.190	62.6	3.80	12.77	87.23		Indice de Grupo (IG) : (8)	
Nº 20	0.840	49.3	2.99	15.76	84.24		Clasificación (SUCS) : CL	
Nº 30	0.590	52.1	3.16	18.92	81.08		ARCILLA LIGERA ARENOSA	
Nº 40	0.426	46.0	2.79	21.71	78.29			
Nº 50	0.297	59.5	3.61	25.32	74.68			
Nº 60	0.250	27.2	1.65	26.96	73.04			
Nº 80	0.177	49.7	3.01	29.98	70.02			
Nº 100	0.149	13.4	0.81	30.79	69.21			
Nº 200	0.075	15.7	0.95	31.74	68.26			
< Nº 200		1125.7	68.26	100.00				
								OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP 132245
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, DISEÑO Y PAVIMENTOS

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	F - SG - 100	
		Revisión:	1
		Fecha:	2022-04-12
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"		
SOLICITANTE	: BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO		
UBICACIÓN	: PARAS / CANGALLO / AYACUCHO		

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV-116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY MUESTRA : C - 02 (KM 66+220) ESTRATO : E - 02 PROFUND. (m) : -	TIPO DE MATERIAL: SUBRASANTE COD. PROYECTO: IGM-PC-0040-2022 COD. MUESTRA: M-00C2-2022 FECHA: Jun-22
--	---

N° DE ENSAYOS		1	2
N° Tara	N°	3	35
Masa Tara + Suelo Humedo	(g)	86.7	89.7
Masa Tara + Suelo Seco	(g)	81.2	84.2
Masa Tara	(g)	25.2	28.9
Masa Agua	(g)	5.5	5.5
Masa Suelo Seco	(g)	56.0	55.3
Contenido de Humedad	(%)	9.8	9.9
Promedio (%)		9.9	

Observaciones:

.....

.....


 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 E. 118 123 2022
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, MATERIALES Y PAVIMENTOS



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D4318, MTC E-110)**

F - SG - 101

Revisión:

1

Fecha:

2022-04-12

PROYECTO

"MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE

: BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

UBICACIÓN

: PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY

TIPO DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA : C - 02 (KM 66+220)

COD. PROYECTO: IGM-PC-0040-2022

ESTRATO : E - 02

COD. MUESTRA: M-00C2-2022

PROFUND. (m) :-

FECHA: Jun-22

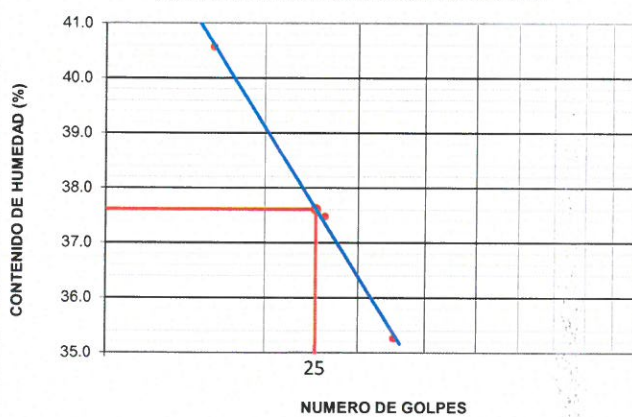
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	N°	58	81	63
MASA TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	73.02	77.50	75.02
MASA TARRO + SUELO SECO	(g)	67.02	71.30	70.64
MASA DE AGUA	(g)	6.00	6.20	4.38
MASA DEL TARRO	(g)	52.23	54.76	58.22
MASA DEL SUELO SECO	(g)	14.79	16.54	12.42
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	40.6	37.5	35.3
NUMERO DE GOLPES		16	26	35

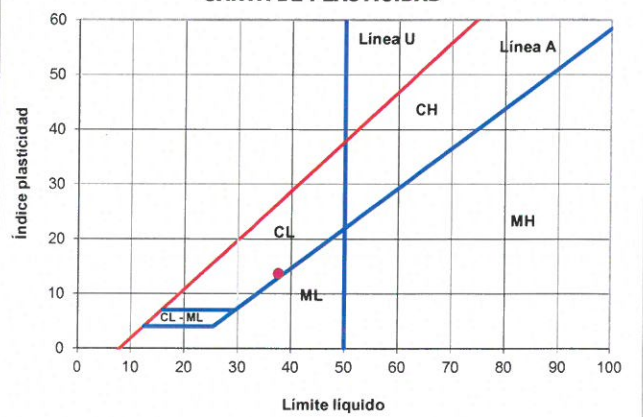
LIMITE PLASTICO

N° TARRO	N°	7	27
MASA TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	28.65	42.54
MASA TARRO + SUELO SECO	(g)	26.37	39.93
MASA DE AGUA	(g)	2.3	2.6
MASA DEL TARRO	(g)	16.90	28.91
MASA DEL SUELO SECO	(g)	9.5	11.0
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.1	23.7

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CARTA DE PLASTICIDAD



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	37.6
LIMITE PLASTICO (%)	23.9
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	13.7

Observaciones:

.....

.....


INGEOMAX
 Ing. Maxwil Anthony Morales Arias
 CIP 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONSULTOR EN PAVIMENTOS



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E 107)**

F - SG - 102

Revisión: 1
Fecha: 2022-04-12

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

I. DATOS GENERALES

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY

TIPO DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA : C - 02 (KM 66+220)

COD. PROYECTO: IGM-PC-0040-2022

ESTRATO : E - 02

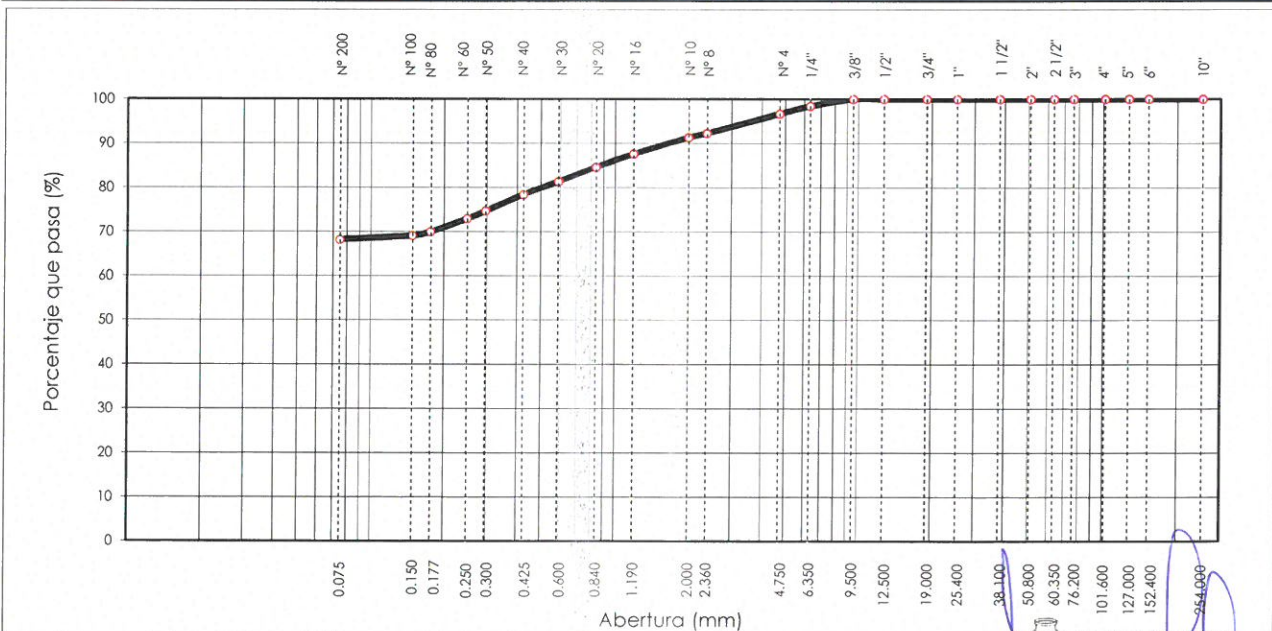
COD. MUESTRA: M-00C2-2022

PROFUND. (m) : -

FECHA: Jun-22

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Masa inicial: 1647.1
6"	152.400						Masa fracción: 523.6
5"	127.000						% Grava : 3.32
4"	101.600						% Arena : 28.47
3"	76.200						% Finos : 68.21
2 1/2"	63.500						Coefficientes de uniformidad y curvatura
2"	50.800						D10 (mm) : 0.011
1 1/2"	38.100						D30 (mm) : 0.033
1"	25.400						D60 (mm) : 0.066
3/4"	19.050						Cu: 6.00
1/2"	12.700						Cc: 1.500
3/8"	9.525				100.00		D15 (mm) : 0.016
1/4"	6.350	26.1	1.58	1.58	98.42		D50 (mm) : 0.055
Nº 4	4.750	28.6	1.74	3.32	96.68		D85 (mm) : 0.885
Nº 8	2.380	72.7	4.41	7.73	92.27		Clasificación AASHTO Y SUCS
Nº 10	2.000	15.7	0.95	8.62	91.31		Clasificación (AASHTO) : A-6
Nº 16	1.190	61.4	3.73	12.42	87.58		Indice de Grupo (IG) : (8)
Nº 20	0.840	48.9	2.97	15.38	84.62		Clasificación (SUCS) : CL
Nº 30	0.590	53.6	3.25	18.64	81.36		ARCILLA LIGERA ARENOSA
Nº 40	0.426	48.2	2.93	21.57	78.43		
Nº 50	0.297	61.9	3.76	25.32	74.68		
Nº 60	0.250	28.6	1.74	27.06	72.94		
Nº 80	0.177	48.5	2.94	30.00	70.00		
Nº 100	0.149	14.5	0.88	30.88	69.12		
Nº 200	0.075	14.9	0.90	31.79	68.21		
< Nº 200		1123.5	68.21	100.00			OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

.....

 Ing. Maxwell Anthony Morúa Arias
 CIP 137494
 ESPECIALISTA EN DISEÑO DE OBRAS DE PAVIMENTOS



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557, MTC-115)**

F - SG - 103

Revisión: 1

Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

REGISTRO N°: M-00C1-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

FECHA: Jun-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY

CLASF. (SUCS) : CL

MUESTRA : C - 01 (KM 65+600)

CLASF. (AASHTO) : A-6 (8)

ESTRADO : E - 02

Tipo de material: Subrasante

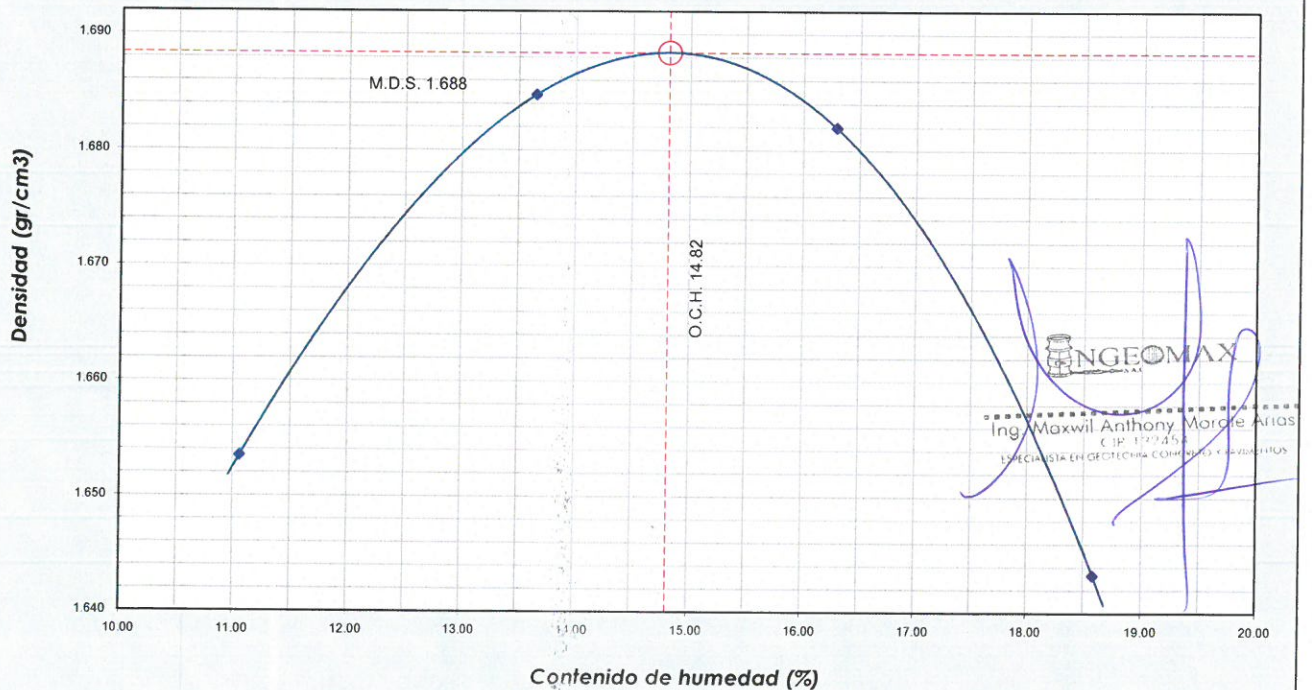
PROFUND. (m) : -

COD. Muestra: M-00C1-2022

DATOS DE LA MUESTRA

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	6274.00	6371.00	6422.00	6413.00
Peso molde	gr	4001.00	4001.00	4001.00	4001.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	2273.00	2370.00	2421.00	2412.00
Volumen del molde	cm ³	1237.73	1237.73	1237.73	1237.73
Peso volumétrico húmedo	gr	1.836	1.915	1.956	1.949
Recipiente N°		112	119	114	108
Peso del suelo húmedo+tara	gr	303.50	235.80	283.30	277.10
Peso del suelo seco + tara	gr	276.70	211.60	248.30	239.10
Tara	gr	34.47	34.37	33.50	34.65
Peso de agua	gr	26.80	24.20	35.00	38.00
Peso del suelo seco	gr	242.23	177.23	214.80	204.45
Contenido de agua	%	11.1	13.7	16.3	18.6
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.653	1.685	1.682	1.643
Densidad máxima (gr/cm³)					1.688
Humedad óptima (%)					14.8

DENSIDAD SECA VS HUMEDAD





RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) - LABORATORIO
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

F - SG - 104

Revisión: 1
Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO
UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

REGISTRO N° : M-00C1-2022
FECHA : Jun-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY
MUESTRA : C - 01 (KM 65+600)
ESTRADO : E - 02
PROFUND. : -

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6 (8)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-00C1-2022

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

	N°	14	29	6
Molde	N°			
Capas	N°		5	
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	11697	12361	11237
Peso molde	gr	7600	8506	7603
Peso suelo húmedo compactado	gr	4097	3855	3634
Volumen del molde	cm ³	2112.7	2126.0	2116.6
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.939	1.813	1.717

HUMEDAD OPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

	N°	17	32	39
Recipiente	N°			
Peso del suelo húmedo + tara	gr	60.10	59.70	57.30
Peso del suelo seco + tara	gr	54.70	55.45	53.17
Peso del recipiente	gr	18.09	27.18	25.19
Peso de agua	gr	5.4	4.3	4.1
Peso del suelo seco	gr	36.6	28.3	28.0
Contenido de agua	%	14.8	15.0	14.8
Contenido de agua promedio			14.8	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.688	1.579	1.495

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE				14
Fecha	Hora	mm	%	
03-Jun-22	10:00	116.00	0.00%	
04-Jun-22	10:00	116.01	0.01%	
05-Jun-22	10:00	116.02	0.02%	
06-Jun-22	10:00	116.03	0.03%	
07-Jun-22	10:00	116.05	0.04%	

EXPANSIÓN MOLDE				29
Fecha	Hora	mm	%	
03-Jun-22	10:00	117.15	0.00%	
04-Jun-22	10:00	117.16	0.01%	
05-Jun-22	10:00	117.17	0.02%	
06-Jun-22	10:00	117.18	0.03%	
07-Jun-22	10:00	117.19	0.03%	

EXPANSIÓN MOLDE				6
Fecha	Hora	mm	%	
03-Jun-22	10:00	117.15	0.00%	
04-Jun-22	10:00	117.16	0.01%	
05-Jun-22	10:00	117.17	0.02%	
06-Jun-22	10:00	117.18	0.03%	
07-Jun-22	10:00	117.19	0.03%	

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		14			29			6		
Penetración (mm)	Carga Estándar (pulg) Lbs/cm ²	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0	
0.635	0.025	30	1		14	1		3	0	
1.270	0.050	40	2		20	1		7	0	
1.905	0.075	120	6		38	2		20	1	
2.540	0.100	154.32	129	6	4.47	90	4	2.33	27	1
3.810	0.150		225	11		120	6		75	4
5.080	0.200	231.49	320	16	6.87	203	10	4.32	135	7
6.350	0.250		390	19		257	13		195	10
7.620	0.300		420	21		290	14		227	11



Ing. Maxwil Anthony Morale Anas
CIP. 132454

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO REGISTRO N° M-00C1-2022

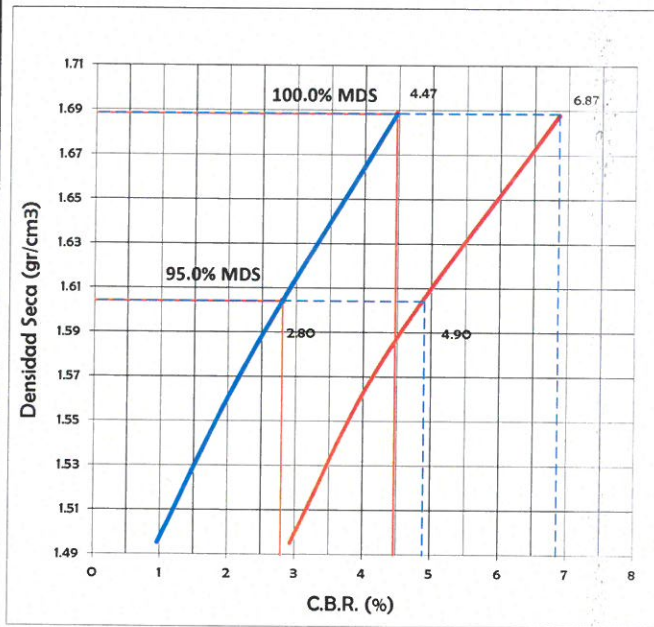
UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO FECHA: Jun-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY
MUESTRA : C - 01 (KM 65+600)
ESTRADO : E - 02
PROFUND. : -

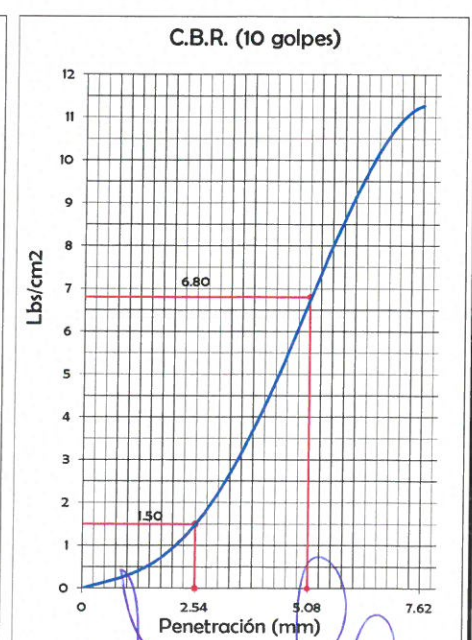
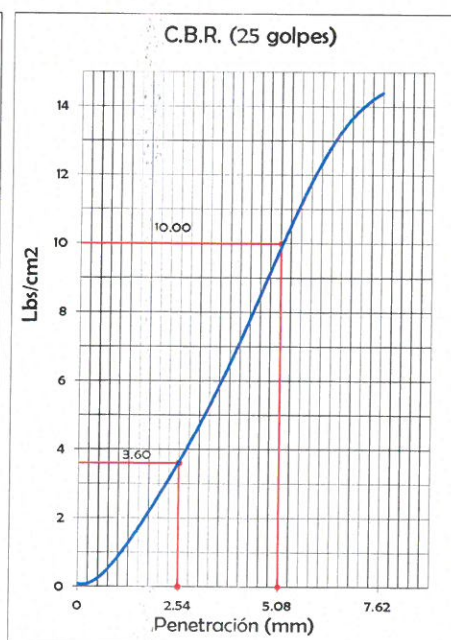
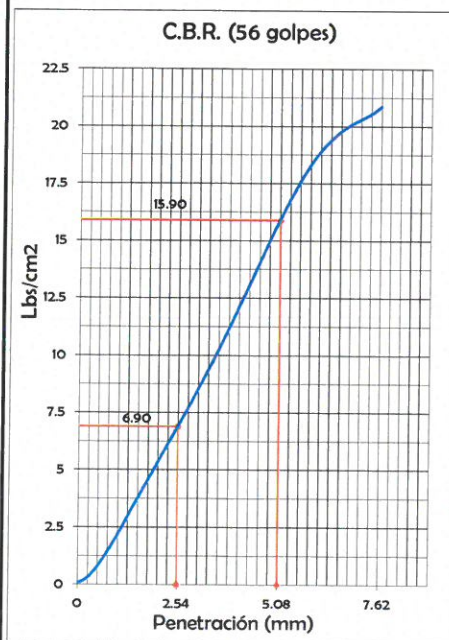
CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6 (8)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-00C1-2022

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.688
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.82
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.604

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	4.5%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	2.8%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	6.9%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	4.9%
Expansion (%)	0.04%





**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(ASTM-D-1557, MTC-115)**

F - SG - 103

Revisión: 1

Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO **REGISTRO N°:** M-00C2-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO **FECHA:** Jun-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY

CLASF. (SUCS) : CL

MUESTRA : C - 02 (KM 66+220)

CLASF. (AASHTO) : A-6 (20)

ESTRADO : E - 02

Tipo de material: Subrasante

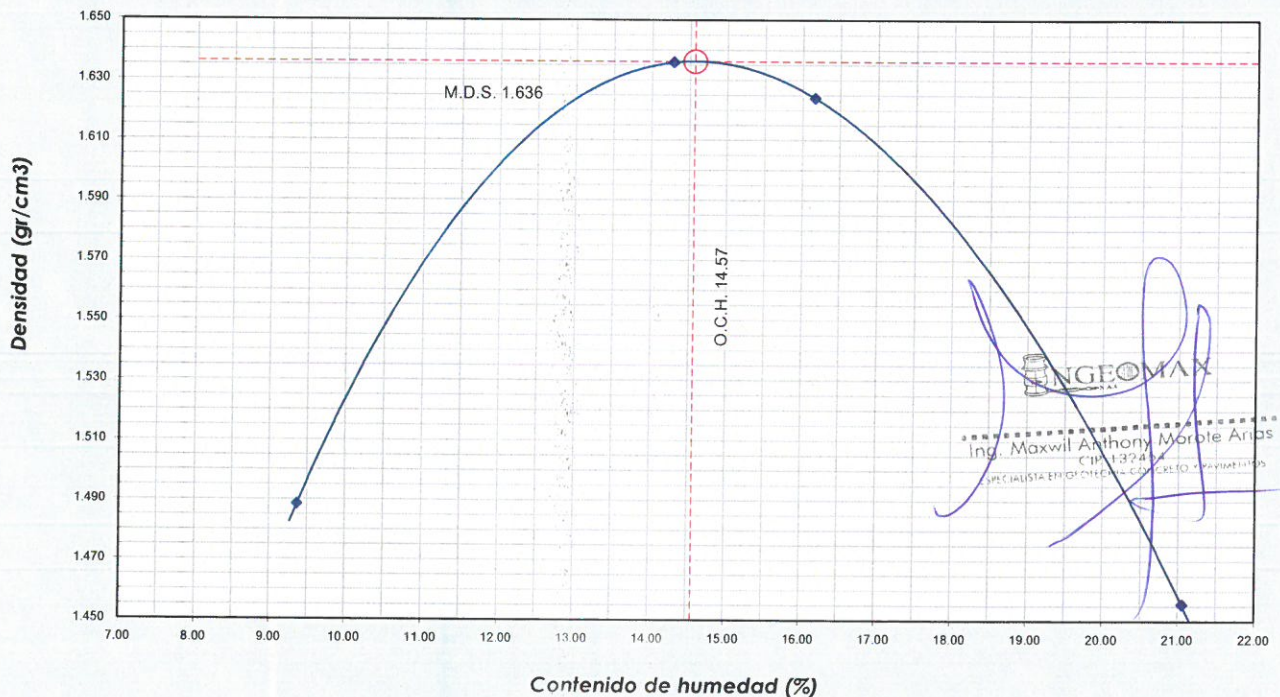
PROFUND. (m) : -

COD. Muestra: M-00C2-2022

DATOS DE LA MUESTRA

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	6016.00	6182.00	6315.00	6336.00
Peso molde	gr	4001.00	4001.00	4001.00	4001.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	2015.00	2181.00	2314.00	2335.00
Volumen del molde	cm ³	1237.73	1237.73	1237.73	1237.73
Peso volumétrico húmedo	gr	1.628	1.762	1.870	1.887
Recipiente N°		81	67	90	84
Peso del suelo húmedo+tara	gr	301.00	239.80	280.20	273.60
Peso del suelo seco + tara	gr	279.90	207.40	252.20	243.60
Tara	gr	54.76	53.53	56.25	58.01
Peso de agua	gr	21.10	32.40	28.00	30.00
Peso del suelo seco	gr	225.14	153.87	195.95	185.59
Contenido de agua	%	9.4	21.1	14.3	16.2
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.488	1.456	1.636	1.624
Densidad máxima (gr/cm³)					1.636
Humedad óptima (%)					14.6

DENSIDAD SECA VS HUMEDAD





RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) - LABORATORIO
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

F - SG - 104

Revisión: 1
Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO
UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

REGISTRO N° : M-00C2-2022
FECHA : Jun-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY
MUESTRA : C - 02 (KM 66+220)
ESTRADO : E - 02
PROFUND. : -

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6 (20)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-00C2-2022

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO			
Molde	N°	5	27
Capas	N°	5	
Golpes / Capa	N°	56	25
Peso suelo + molde	gr	11736	12297
Peso molde	gr	7756	8507
Peso suelo húmedo compactado	gr	3980	3790
Volumen del molde	cm ³	2123.0	2126.0
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.875	1.783
HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO COMPACTADO			
Recipiente	N°	2	18
Peso del suelo húmedo + tara	gr	60.10	59.65
Peso del suelo seco + tara	gr	54.70	55.45
Peso del recipiente	gr	17.68	26.46
Peso de agua	gr	5.4	4.2
Peso del suelo seco	gr	37.0	29.0
Contenido de agua	%	14.6	14.5
Contenido de agua promedio		14.6	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.636	1.556
			1.478

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE				5
Fecha	Hora	mm	%	
02-Jun-22	10:00	116.00	0.00%	
03-Jun-22	10:00	116.01	0.01%	
04-Jun-22	10:00	116.02	0.02%	
05-Jun-22	10:00	116.03	0.03%	
06-Jun-22	10:00	116.05	0.04%	

EXPANSIÓN MOLDE				27
Fecha	Hora	mm	%	
02-Jun-22	10:00	117.15	0.00%	
03-Jun-22	10:00	117.16	0.01%	
04-Jun-22	10:00	117.17	0.02%	
05-Jun-22	10:00	117.18	0.03%	
06-Jun-22	10:00	117.19	0.03%	

EXPANSIÓN MOLDE				10
Fecha	Hora	mm	%	
02-Jun-22	10:00	117.15	0.00%	
03-Jun-22	10:00	117.16	0.01%	
04-Jun-22	10:00	117.17	0.02%	
05-Jun-22	10:00	117.18	0.03%	
06-Jun-22	10:00	117.19	0.03%	

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)										
Molde		5			27			10		
Penetración (mm)	Carga Estándar (pulg) Lbs/cm2	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0	
0.635	0.025	30	1		11	1		6	0	
1.270	0.050	38	2		27	1		8	0	
1.905	0.075	118	6		38	2		14	1	
2.540	0.100	154.32	126	4.28	95	5	2.53	30	1	0.91
3.810	0.150		221	11	135	7		70	3	
5.080	0.200	231.49	315	16	213	11	4.54	120	6	2.59
6.350	0.250		390	19	257	13		160	8	
7.620	0.300		417	21	285	14		180	9	

G



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP: 132404
SUPERINTENDENTE DE GESTIÓN DE OBRAS DE PAVIMENTOS

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

REGISTRO N° : M-00C2-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

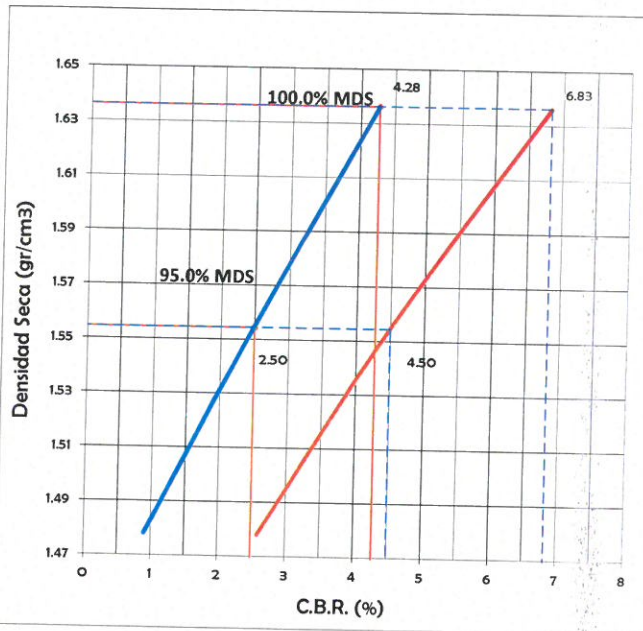
FECHA: Jun-22

I. Datos Generales

PROCEDECENCIA : RUTA HV -116, CARRETERA LICAPA - LIRCAY
MUESTRA : C - 02 (KM 66+220)
ESTRADO : E - 02
PROFUND. : -

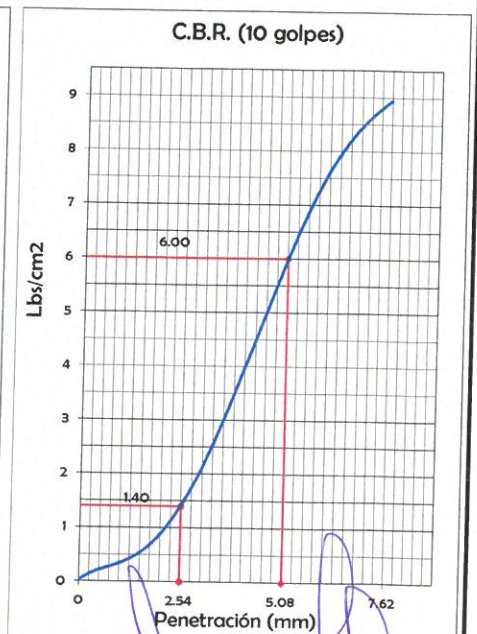
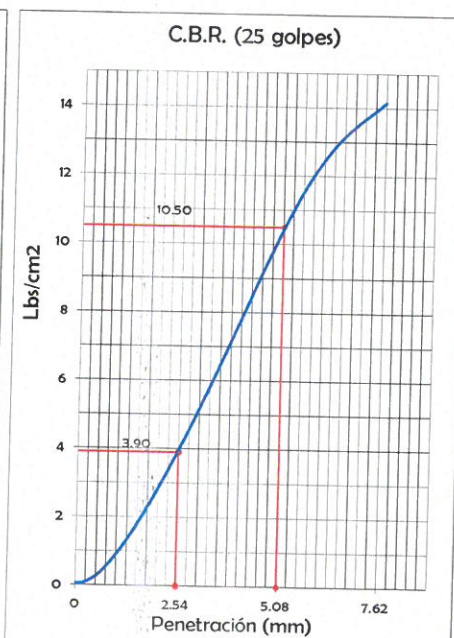
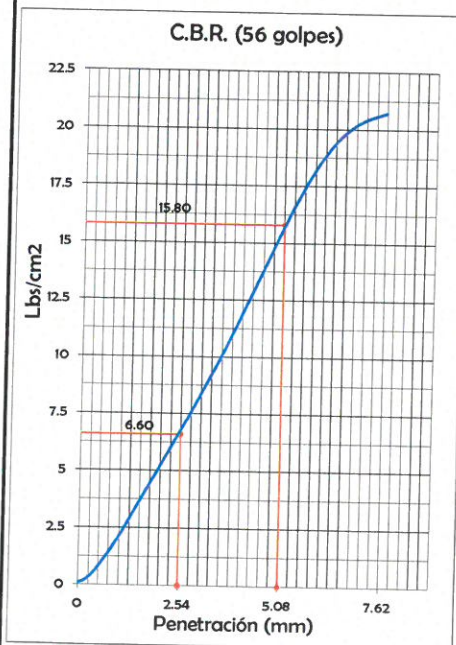
CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6 (20)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-00C2-2022

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.636
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.57
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.554

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	4.3%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	2.5%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	6.8%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	4.5%
Expansion (%)	0.04%





**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E 107)**

F - SG - 102

Revisión: 1
Fecha: 2022-04-12

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

I. DATOS GENERALES

PROCEDENCIA : MATERIAL PLASTICO

TIPO DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA : PLASTICO TRITURADO

COD. PROYECTO: IGM-PC-0040-2022

ESTRATO : -

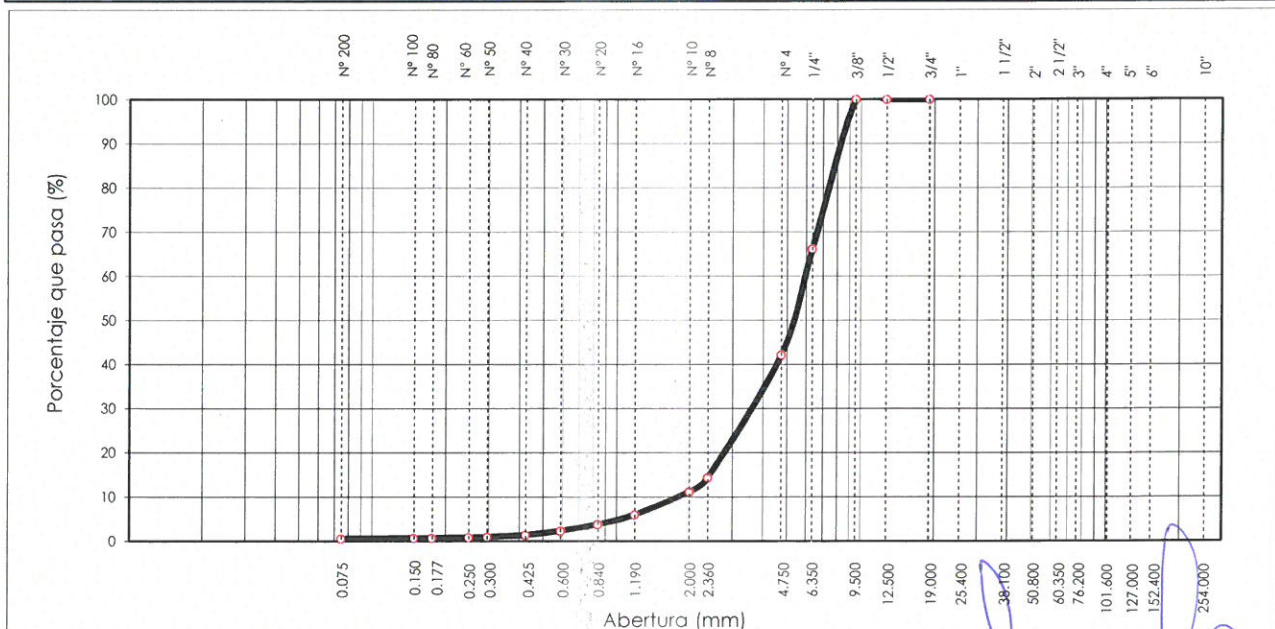
COD. MUESTRA: M-00C1-2022

PROFUND. (m) : -

FECHA: Jun-22

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Masa inicial: 184.6
6"	152.400						Masa fracción: 183.5
5"	127.000						% Grava : 57.80
4"	101.600						% Arena : 41.62
3"	76.200						% Finos : 0.59
2 1/2"	63.500						Coefficientes de uniformidad y curvatura
2"	50.800						D10 (mm) : 1.814
1 1/2"	38.100						D30 (mm) : 3.710
1"	25.400						D60 (mm) : 5.938
3/4"	19.050						Cu: 3.27
1/2"	12.700						Cc: 1.278
3/8"	9.525				100.00		D15 (mm) : 2.432
1/4"	6.350	62.5	33.83	33.83	66.17		D50 (mm) : 5.271
Nº 4	4.750	44.2	23.96	57.80	42.20		D85 (mm) : 8.117
Nº 8	2.380	51.4	27.82	85.62	14.38		Clasificación AASHTO Y SUCS
Nº 10	2.000	5.9	3.19	88.81	11.19		Clasificación (AASHTO) : --
Nº 16	1.190	9.6	5.19	94.00	6.00		Indice de Grupo (IG) : --
Nº 20	0.840	4.0	2.17	96.17	3.83		
Nº 30	0.590	2.7	1.46	97.63	2.37		Clasificación (SUCS) : --
Nº 40	0.426	1.7	0.93	98.56	1.44		
Nº 50	0.297	0.8	0.46	99.02	0.98		
Nº 60	0.250	0.2	0.10	99.12	0.88		
Nº 80	0.177	0.3	0.15	99.27	0.73		
Nº 100	0.149	0.1	0.04	99.31	0.69		
Nº 200	0.075	0.2	0.10	99.41	0.59		OBSERVACIONES :
< Nº 200		1.1	0.59	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

.....

.....



Ing. Maxwil Anthony Morale Aras
P. 132454



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**SUELO NATURAL +
PET TRITURADO**



INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morale Arias
C.I. 122354
ESPECIALISTAS EN GEOTECNICA CONCRETO Y PAVIMENTOS



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557, MTC-115)**

F - SG - 103

Revisión: 1

Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO **REGISTRO N°:** M-SN+PT-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO **FECHA:** Jul-22

I. Datos Generales

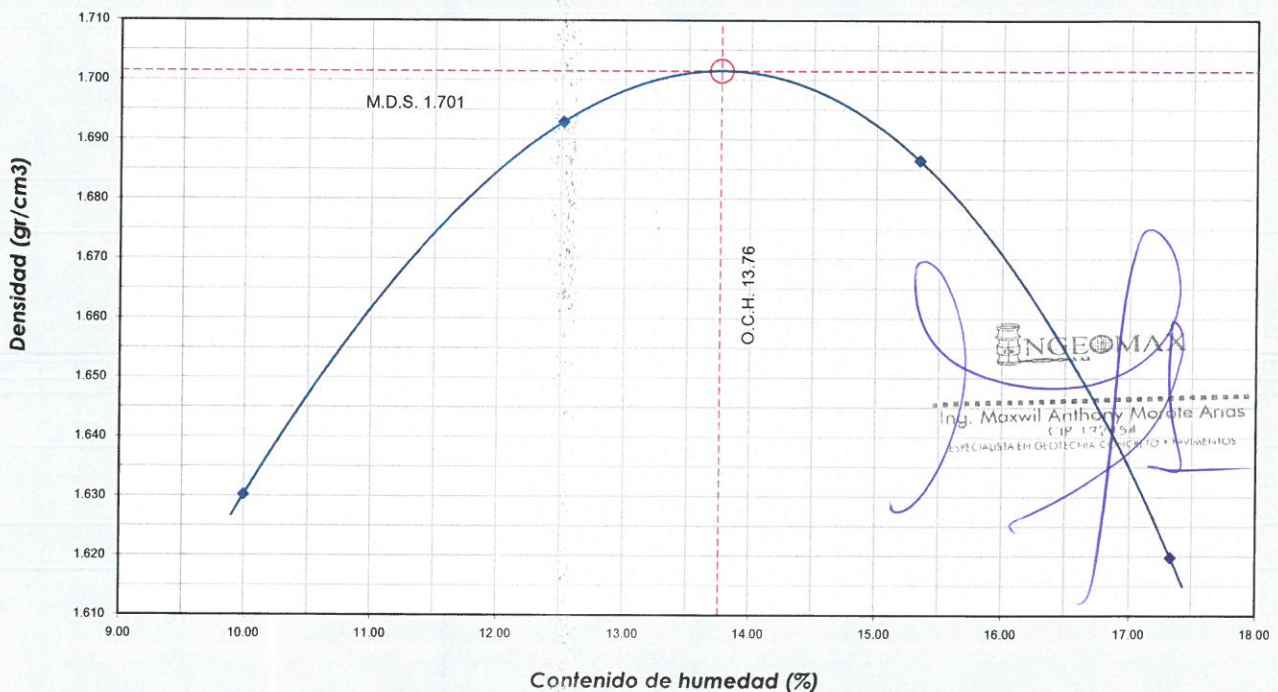
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN
MUESTRA : SN + 1.0% PLASTICO TRITURADO
ESTRATO : SUELO ADICIONADO
PROFUND. (m) : -

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6 (20)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-SN+PT-2022

DATOS DE LA MUESTRA

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	5382.00	5487.00	5525.00	5483.00
Peso molde	gr	3695.00	3695.00	3695.00	3695.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1687.00	1792.00	1830.00	1788.00
Volumen del molde	cm ³	940.79	940.79	940.79	940.79
Peso volumétrico húmedo	gr	1.793	1.905	1.945	1.901
Recipiente N°		115	117	113	114
Peso del suelo húmedo+tara	gr	257.26	253.24	334.33	204.24
Peso del suelo seco + tara	gr	237.09	228.73	294.56	179.02
Tara	gr	35.37	32.90	35.31	33.50
Peso de agua	gr	20.17	24.51	39.77	25.22
Peso del suelo seco	gr	201.72	195.83	259.25	145.52
Contenido de agua	%	10.0	12.5	15.3	17.3
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.630	1.693	1.686	1.620
Densidad máxima (gr/cm³)					1.701
Humedad óptima (%)					13.8

DENSIDAD SECA VS HUMEDAD





RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) - LABORATORIO
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

F - SG - 104

Revisión: 1

Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO REGISTRO N° M-SN+PT-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO FECHA: Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN CLASF. (SUCS) : CL
 MUESTRA : SN + 1.0% PLASTICO TRITURADO CLASF. (AASHTO) : A-6 (20)
 ESTRADO : SUELO ADICIONADO Tipo de material: Subrasante
 PROFUND. : - COD. Muestra: M-SN+PT-2022

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

	N°	11	6	22
Molde	N°			
Capas	N°		5	
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	11673	11450	12052
Peso molde	gr	7578	7603	8441
Peso suelo húmedo compactado	gr	4095	3847	3611
Volumen del molde	cm ³	2116.4	2116.6	2126.9
Peso volumétrico húmedo	gr/cm	1.935	1.818	1.698

HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

	N°	16	19	20
Recipiente	N°			
Peso del suelo húmedo + tara	gr	56.98	57.80	59.20
Peso del suelo seco + tara	gr	53.18	53.00	55.05
Peso del recipiente	gr	25.36	18.11	25.27
Peso de agua	gr	3.8	4.8	4.2
Peso del suelo seco	gr	27.8	34.9	29.8
Contenido de agua	%	13.7	13.8	13.9
Contenido de agua promedio			13.8	
Peso volumétrico seco	gr/cm	1.701	1.598	1.492

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE				11
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	9:00	116.00	0.00%	
Julio-2022	9:00	116.00	0.00%	
Julio-2022	9:00	116.01	0.01%	
Julio-2022	9:00	116.01	0.01%	
Julio-2022	9:00	116.02	0.02%	

EXPANSIÓN MOLDE				6
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	9:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	9:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	9:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	9:00	117.16	0.01%	
Julio-2022	9:00	117.17	0.02%	

EXPANSIÓN MOLDE				22
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	9:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	9:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	9:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	9:00	117.16	0.01%	
Julio-2022	9:00	117.17	0.02%	

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		11			6			22		
Penetración (mm)	Carga Estándar (pulg) Lbs/cm2	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0	
0.635	0.025	24	1		7	0		1	0	
1.270	0.050	70	3		36	2		9	0	
1.905	0.075	153	8		69	3		14	1	
2.540	0.100	154.32	177	6.35	84	4	3.11	32	2	0.97
3.810	0.150		324	16	191	9		81	4	
5.080	0.200	231.49	418	21	246	12	5.40	148	7	3.11
6.350	0.250		486	24	302	15		176	9	
7.620	0.300		505	25	340	17		190	9	



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 C.B.F. 177654
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y OBRAS DE SUELOS

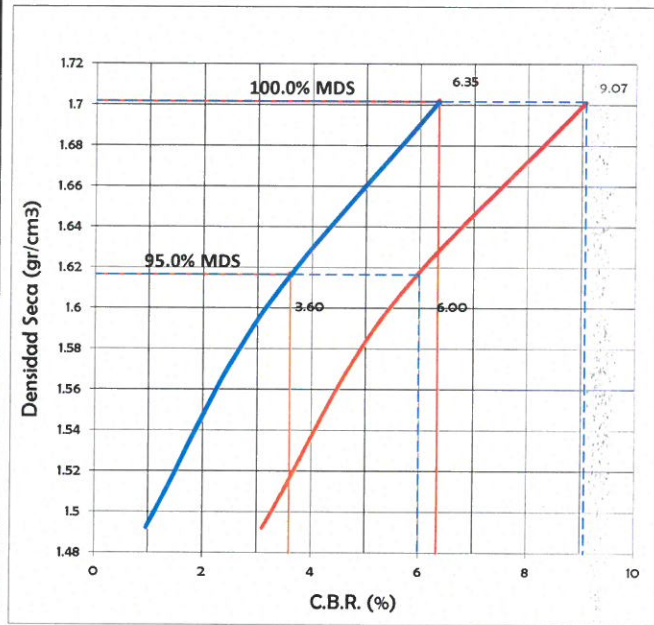
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"	
SOLICITANTE	: BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO	REGISTRO N°: M-SN+PT-2022
UBICACIÓN	: PARAS / CANGALLO / AYACUCHO	FECHA: Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN
 MUESTRA : SN + 1.0% PLASTICO TRITURADO
 ESTRADO : SUELO ADICIONADO
 PROFUND. : -

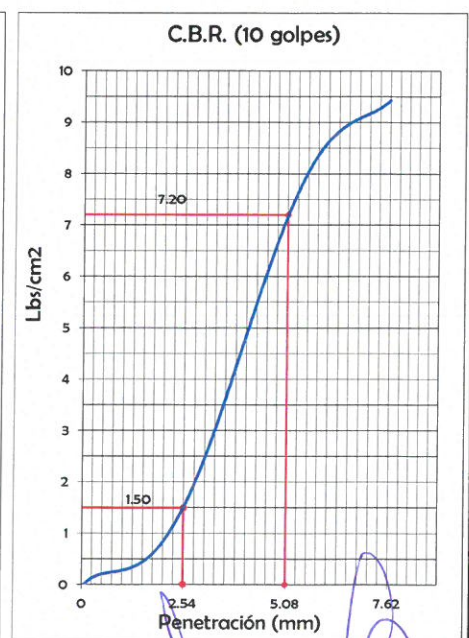
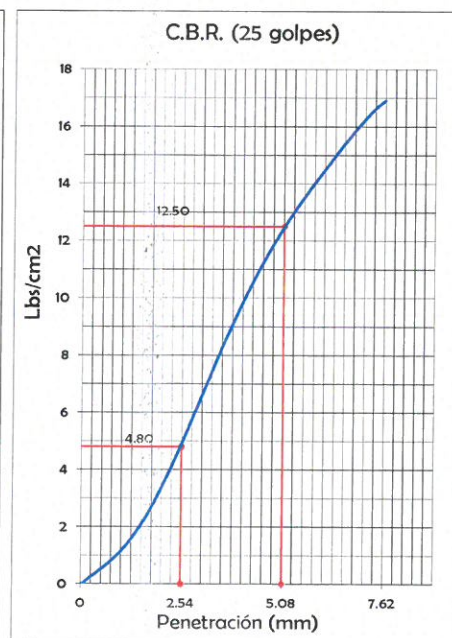
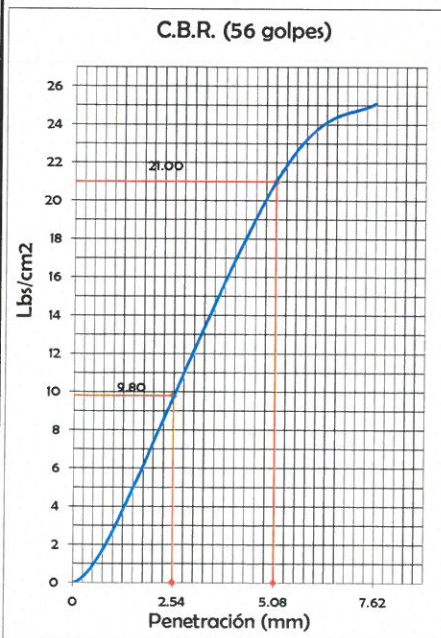
CLASF. (SUCS) : CL
 CLASF. (AASHTO) : A-6 (20)
 Tipo de material: Subrasante
 COD. Muestra: M-SN+PT-2022

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.701
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.616

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	6.4%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	3.6%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	9.1%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	6.0%
Expansion (%)	0.02%





ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(ASTM-D-1557, MTC-115)

F - SG - 103

Revisión: 1

Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRERA LICAPA - LIRCA EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

REGISTRO N°: M-SN+PT-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

FECHA: Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN

CLASF. (SUCS) : CL

MUESTRA : SN + 2.0% PLASTICO TRITURADO

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (11)

ESTRATO : SUELO ADICIONADO

Tipo de material: Subrasante

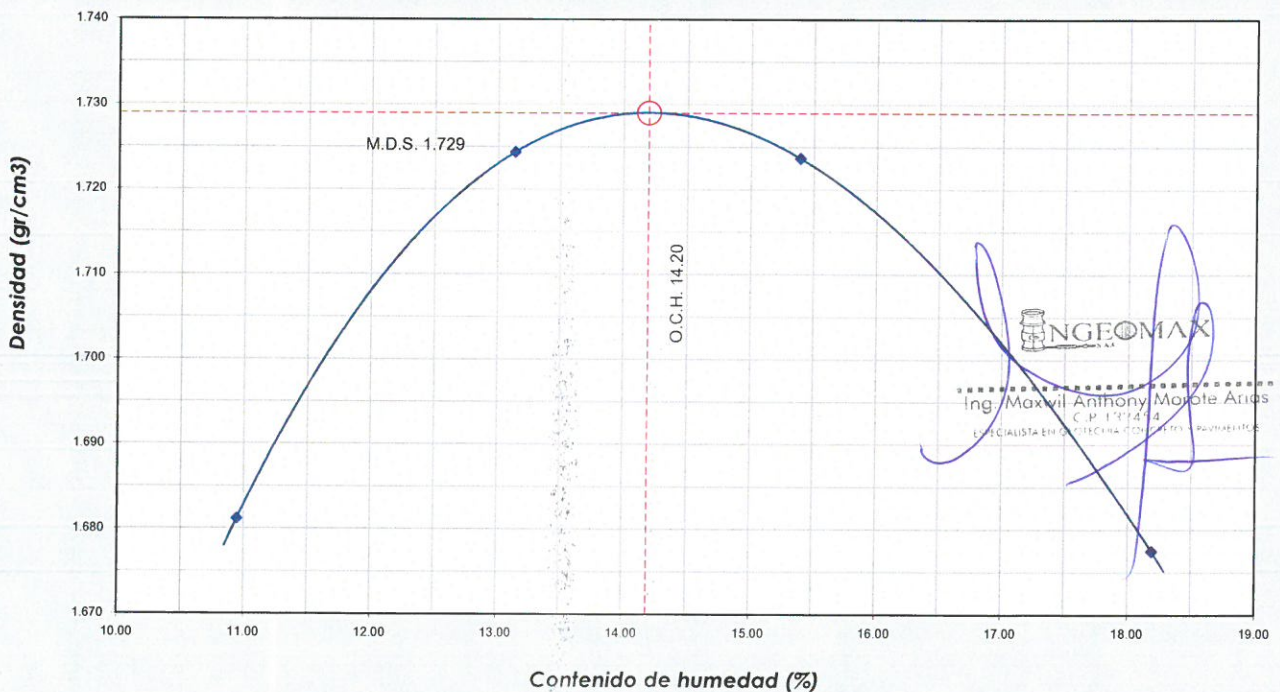
PROFUND. (m) : -

COD. Muestra: M-SN+PT-2022

DATOS DE LA MUESTRA

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	5764.00	5845.00	5881.00	5875.00
Peso molde	gr	4001.00	4001.00	4001.00	4001.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1763.00	1844.00	1880.00	1874.00
Volumen del molde	cm ³	945.21	945.21	945.21	945.21
Peso volumétrico húmedo	gr	1.865	1.951	1.989	1.983
Recipiente N°		121	108	104	103
Peso del suelo húmedo+tara	gr	227.67	230.15	207.78	208.43
Peso del suelo seco + tara	gr	208.46	207.45	184.53	181.52
Tara	gr	32.99	34.65	33.47	33.58
Peso de agua	gr	19.21	22.70	23.25	26.91
Peso del suelo seco	gr	175.47	172.80	151.06	147.94
Contenido de agua	%	10.9	13.1	15.4	18.2
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.681	1.724	1.724	1.677
Densidad máxima (gr/cm³)					1.729
Humedad óptima (%)					14.2

DENSIDAD SECA VS HUMEDAD





RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) - LABORATORIO
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

F - SG - 104

Revisión: 1

Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

REGISTRO N° : M-SN+PT-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

FECHA: Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN
MUESTRA : SN + 2.0% PLASTICO TRITURADO
ESTRADO : SUELO ADICIONADO
PROFUND. : -

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (11)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-SN+PT-2022

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

	N°	19	7	16
Molde	N°	19	7	16
Capas	N°	5		
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	12459	10930	11978
Peso molde	gr	8270	6967	8282
Peso suelo húmedo compactado	gr	4189	3963	3696
Volumen del molde	cm ³	2120.7	2122.9	2126.2
Peso volumétrico húmedo	gr/cm	1.975	1.867	1.738

HUMEDAD OPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

	N°	16	19	25
Recipiente	N°	16	19	25
Peso del suelo húmedo + tara	gr	63.60	62.10	58.40
Peso del suelo seco + tara	gr	58.85	56.60	54.65
Peso del recipiente	gr	25.36	18.11	28.19
Peso de agua	gr	4.8	5.5	3.8
Peso del suelo seco	gr	33.5	38.5	26.5
Contenido de agua	%	14.2	14.3	14.2
Contenido de agua promedio		14.2		
Peso volumétrico seco	gr/cm	1.729	1.635	1.522

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE				19
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	11:00	116.00	0.00%	
Julio-2022	11:00	116.00	0.00%	
Julio-2022	11:00	116.01	0.01%	
Julio-2022	11:00	116.01	0.01%	
Julio-2022	11:00	116.02	0.02%	

EXPANSIÓN MOLDE				7
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	11:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	11:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	11:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	11:00	117.16	0.01%	
Julio-2022	11:00	117.17	0.02%	

EXPANSIÓN MOLDE				16
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	11:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	11:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	11:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	11:00	117.16	0.01%	
Julio-2022	11:00	117.17	0.02%	

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		19			7			16		
Penetración (mm)	Carga Estándar (pulg) Lbs/cm2	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm2)	CBR corregido (%)
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0	
0.635	0.025	60	3		26	1		7	0	
1.270	0.050	124	6		67	3		12	1	
1.905	0.075	208	10		117	6		26	1	
2.540	0.100	231.49	11	8.16	120	6	4.67	60	3	1.94
3.810	0.150	415	21		267	13		135	7	
5.080	0.200	539	27	11.75	346	17	7.65	201	10	4.41
6.350	0.250	630	31		434	22		247	12	
7.620	0.300	653	32		476	24		271	13	



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
C.P. 111434
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

REGISTRO N° : M-SN+PT-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

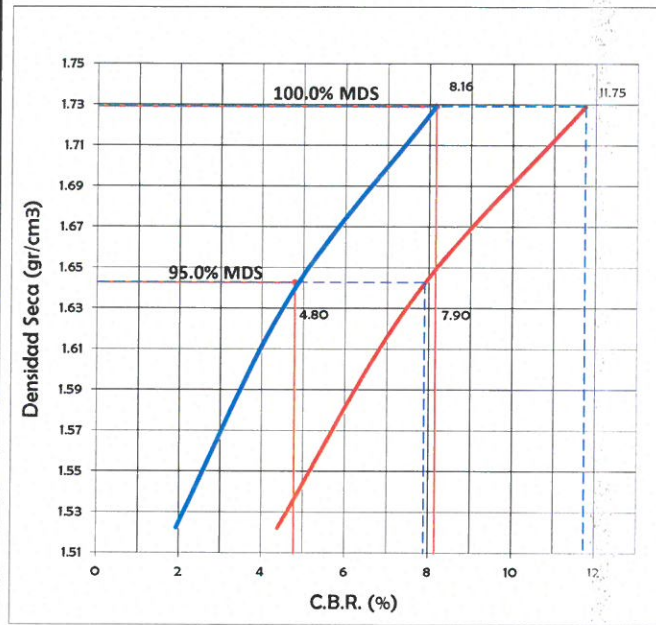
FECHA : Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN
MUESTRA : SN + 2.0% PLASTICO TRITURADO
ESTRADO : SUELO ADICIONADO
PROFUND. : -

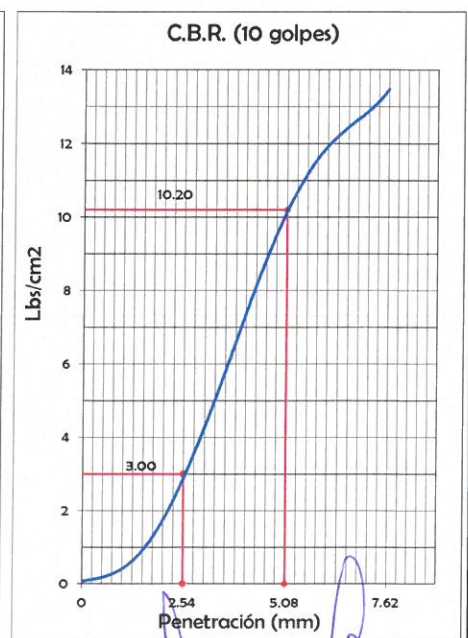
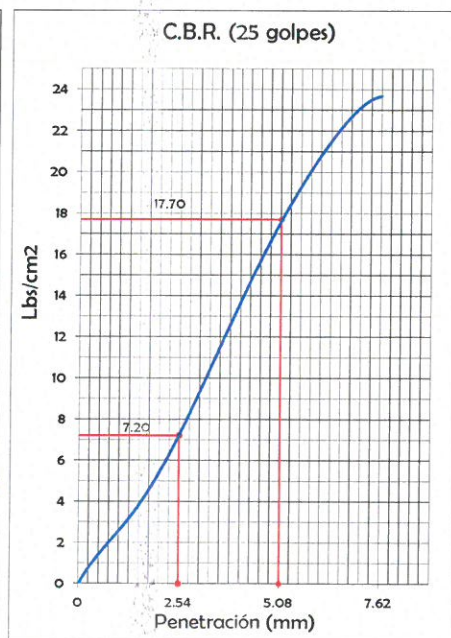
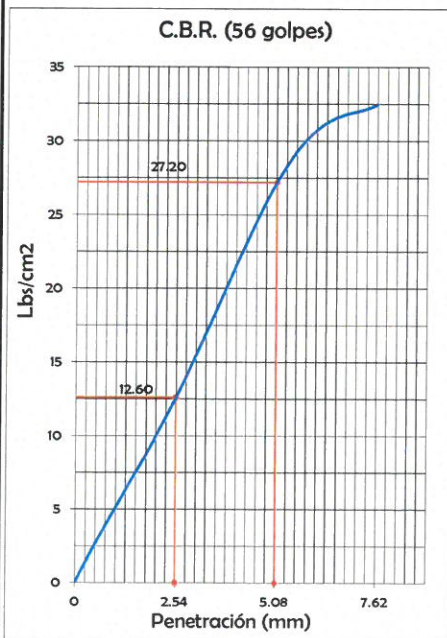
CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (11)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-SN+PT-2022

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.729
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.643

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	8.2%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	4.8%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	11.8%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	7.9%
Expansion (%)	0.02%





**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557, MTC-115)**

F - SG - 103

Revisión:

1

Fecha:

2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

REGISTRO N°:

M-SN+PT-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

FECHA:

Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN

CLASF. (SUCS) : CL

MUESTRA : SN + 3.0% PLASTICO TRITURADO

CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (11)

ESTRATO : SUELO ADICIONADO

Tipo de material: Subrasante

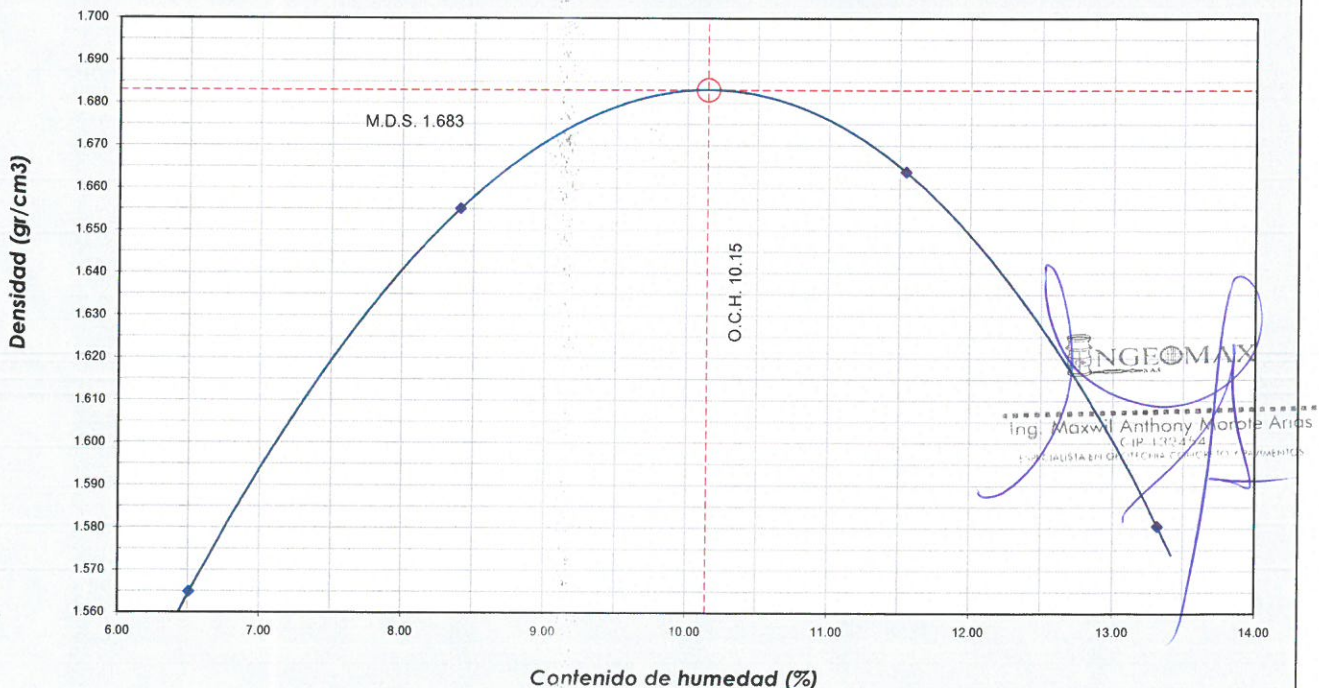
PROFUND. (m) : -

COD. Muestra: M-SN+PT-2022

DAOS DE LA MUESTRA

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	5263.00	5383.00	5441.00	5380.00
Peso molde	gr	3695.00	3695.00	3695.00	3695.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1568.00	1688.00	1746.00	1685.00
Volumen del molde	cm ³	940.79	940.79	940.79	940.79
Peso volumétrico húmedo	gr	1.667	1.794	1.856	1.791
Recipiente N°		120	110	106	118
Peso del suelo húmedo+tara	gr	213.90	230.59	224.46	220.53
Peso del suelo seco + tara	gr	202.97	215.42	204.65	198.73
Tara	gr	35.06	35.05	33.05	35.04
Peso de agua	gr	10.93	15.17	19.81	21.80
Peso del suelo seco	gr	167.91	180.37	171.60	163.69
Contenido de agua	%	6.5	8.4	11.5	13.3
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.565	1.655	1.664	1.581
Densidad máxima (gr/cm³)					1.683
Humedad óptima (%)					10.1

DENSIDAD SECA VS HUMEDAD





RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) - LABORATORIO
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

F - SG - 104

Revisión: 1

Fecha: 2022-02-03

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

REGISTRO N° M-SN+PT-2022

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

FECHA: Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN
MUESTRA : SN + 3.0% PLASTICO TRITURADO
ESTRADO : SUELO ADICIONADO
PROFUND. : -

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (11)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-SN+PT-2022

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

	N°	23	25	2
Molde	N°	23	25	2
Capas	N°		5	
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	12448	12120	10429
Peso molde	gr	8521	8469	6998
Peso suelo húmedo compactado	gr	3927	3651	3431
Volumen del molde	cm ³	2119.8	2126.0	2117.1
Peso volumétrico húmedo	gr/cm	1.853	1.717	1.621

HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

	N°	43	50	27
Recipiente	N°	43	50	27
Peso del suelo húmedo + tara	gr	68.50	67.90	69.50
Peso del suelo seco + tara	gr	64.05	66.50	65.75
Peso del recipiente	gr	19.68	52.73	28.91
Peso de agua	gr	4.5	1.4	3.8
Peso del suelo seco	gr	44.4	13.8	36.8
Contenido de agua	%	10.0	10.2	10.2
Contenido de agua promedio			10.1	
Peso volumétrico seco	gr/cm	1.683	1.559	1.472

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE				23
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	15:00	116.00	0.00%	
Julio-2022	15:00	116.00	0.00%	
Julio-2022	15:00	116.01	0.01%	
Julio-2022	15:00	116.01	0.01%	
Julio-2022	15:00	116.02	0.02%	

EXPANSIÓN MOLDE				25
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	15:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	15:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	15:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	15:00	117.16	0.01%	
Julio-2022	15:00	117.17	0.02%	

EXPANSIÓN MOLDE				2
Fecha	Hora	mm	%	
Julio-2022	15:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	15:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	15:00	117.15	0.00%	
Julio-2022	15:00	117.16	0.01%	
Julio-2022	15:00	117.17	0.02%	

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		23			25			2			
Penetración (mm)	Carga Estándar (pulg) Lbs/cm ²	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0		
0.635	0.025	49	2		21	1		8	0		
1.270	0.050	93	5		41	2		11	1		
1.905	0.075	145	7		68	3		26	1		
2.540	0.100	154.32	196	10	6.42	97	5	3.18	60	3	1.62
3.810	0.150		305	15		179	9		95	5	
5.080	0.200	231.49	399	20	8.64	243	12	5.27	168	8	3.46
6.350	0.250		460	23		285	14		190	9	
7.620	0.300		487	24		305	15		209	10	



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP 137454

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS CON PLÁSTICO TRITURADO ARTESANALMENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN LA CARRETERA LICAPA - LIRCAY EN AYACUCHO 2022"

SOLICITANTE : BACH. CRISÓSTOMO VÁSQUEZ, DANIEL DARÍO

UBICACIÓN : PARAS / CANGALLO / AYACUCHO

REGISTRO N° M-SN+PT-2022

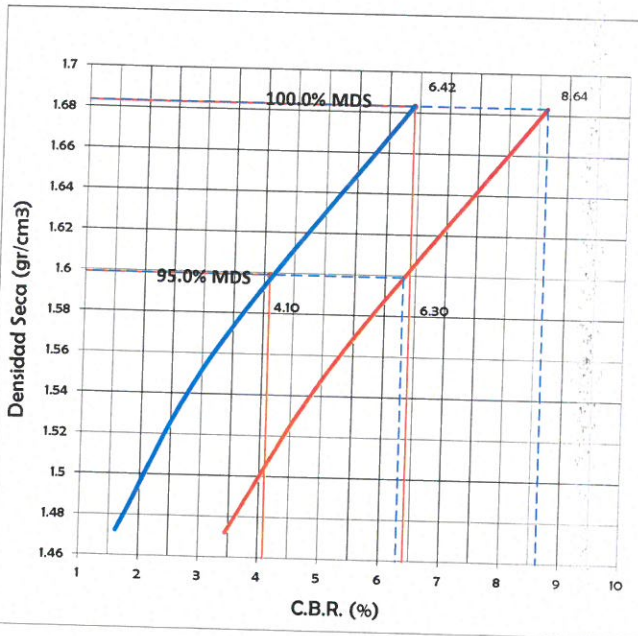
FECHA: Jul-22

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL + ADICIÓN
MUESTRA : SN + 3.0% PLASTICO TRITURADO
ESTRADO : SUELO ADICIONADO
PROFUND. : -

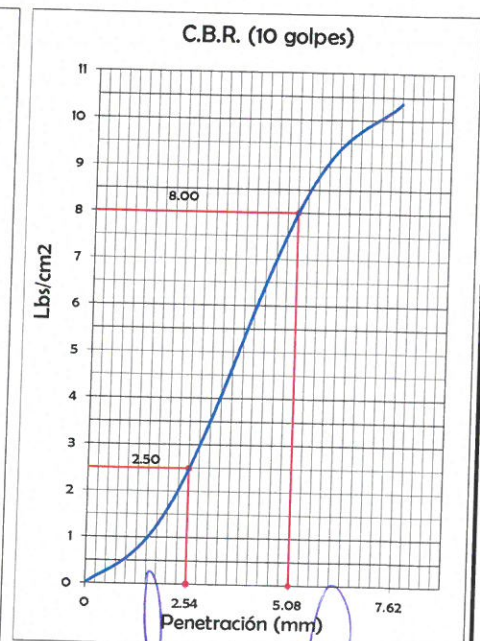
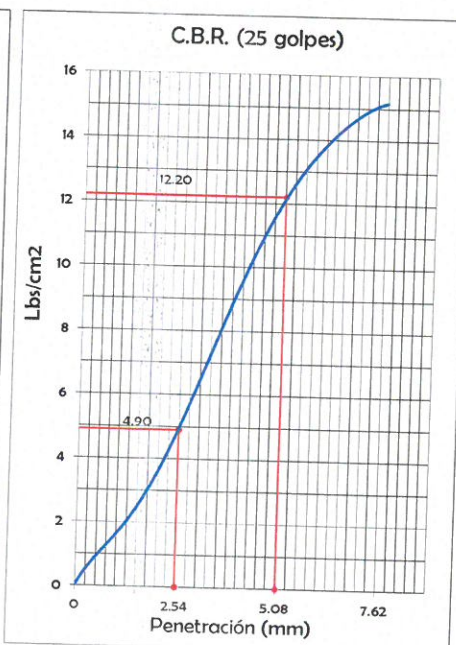
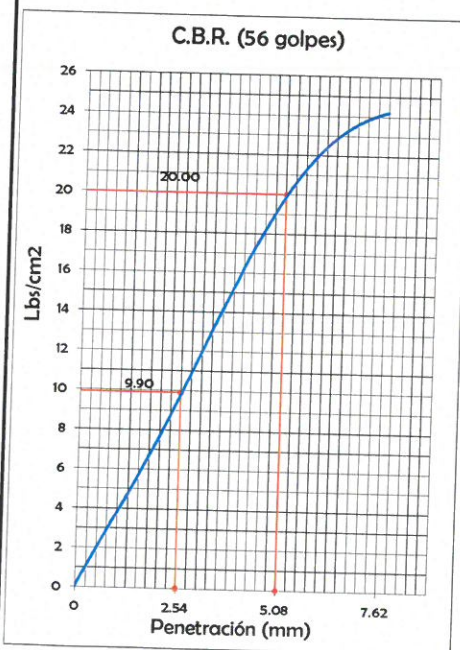
CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (11)
Tipo de material: Subrasante
COD. Muestra: M-SN+PT-2022

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.683
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.599

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	6.4%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	4.1%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	8.6%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	6.3%
Expansion (%)	0.02%



INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
C.E. 132404



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ANEXO
PANEL
FOTOGRAFICO**


.....
Ing. Maxwil Anthony Morale Arias
CIP 1322454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

VISTAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO



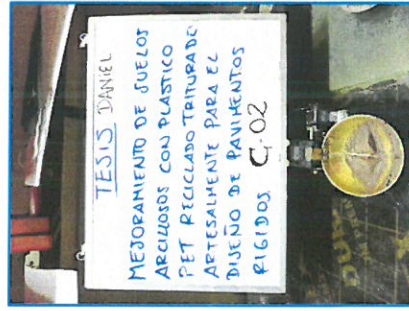
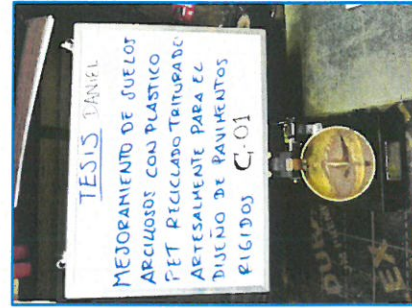
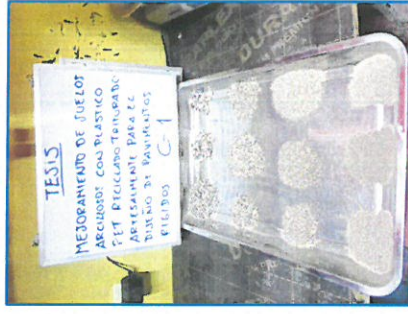
Panel N°01- Reducción de muestra representativa por cuarteo.



Panel N°02- Ensayo granulométrico por tamizado.



Panel N°03- Determinación del Límite Líquido mediante la cucharita de Casa Grande.



VISTAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO



Panel N°06- Ensayos de Proctor Modificado (M.D.S. y O.C.H.),
Suelo Natural: Dosificación 1.0%, 2.0% y 3.0% lt/m³ PET triturado.



Panel N°07- Ensayo de CBR en laboratorio (Soporte de california),
Suelo Natural: Dosificación 1.0%, 2.0% y 3.0% lt/m³ PET triturado.

VISTAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO



Panel N°08- Ensayo granulométrico del PET triturado.



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ANEXO
LABORATORIO**


.....
Ing. Maxwil Anthony Marote Arias
E. U. 130204
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento de Suelos Arcillosos con Plástico Triturado Artesanalmente para Diseño de Pavimentos en la Carretera Licapa – Lircay en Ayacucho 2022", cuyo autor es CRISOSTOMO VASQUEZ DANIEL DARIO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y 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 Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO DNI: 42203191 ORCID 0000-0001-8850-8463	Firmado digitalmente por: RSIGUENZA el 03-08- 2022 09:26:11

Código documento Trilce: TRI - 0356980