

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL****TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL****INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECICLADO PET
EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE
DEL JR. AREQUIPA PUERTO
MALDONADO - 2022.****PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL****PRESENTADO POR:****Bach. PATRICIO FERNANDEZ MONTES****ASESOR****Mg. NESTOR ALEJANDRO CRUZ CALAPUJA****ORCID****0000-0002-0327-3579****LIMA PERU****2022**

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre ya que ella me enseñó que el trabajo duro y la perseverancia siempre rinden frutos.

A los docentes que me dictaron el curso de suficiencia profesional – UAP, en especial a mi asesor por su apoyo constante.

AGRADECIMIENTO

Estar en la universidad fue una de las mejores experiencias que tuve y por eso estoy agradecido con mis padres por darme la oportunidad de poder estudiar en ella , también con los docentes de mi facultad que me dieron catedra de cómo se un buen profesional tanto técnicamente como moralmente, asimismo con los docentes del curso de suficiencia profesional que me guiaron en la realización de este trabajo y por último y no menos importante a la Universidad Alas Peruanas por todo el conocimiento durante mi estancia en ella.

RESUMEN

En el presente trabajo, se realiza el mejoramiento de una característica primordial del suelo, que identifica la calidad de este mismo con la incorporación de 4%,6% y 8% de plástico PET a las muestras de suelo arcilloso.

Al añadir el plástico PET se demuestra que su influencia en el suelo arcilloso es notable, esto se debe que su adición permite la mejora de la calidad del suelo, también es de conocimiento que el contenido de grava de un suelo arcilloso es de 0%, siendo esta la razón para mejorarlo. El MTC brinda variados métodos de estabilización para suelos con CBR<6%, sin embargo, este trabajo busca optar por una nueva técnica al incorporar un producto reciclable mejorando el material de construcción y cuidando el medio ambiente.

Este trabajo comprende cinco capítulos en los cuales se plantea la realidad problemática del Jr. Arequipa en la ciudad de Puerto Maldonado y su presencia de suelos arcillosos en la zona , también se realiza una recopilación de antecedentes tanto internacionales como nacionales del tema elegido para este trabajo, seguidamente se plantean las hipótesis acerca del tema de investigación, posteriormente se define el diseño metodológico de la investigación finalmente se obtienen el resultado de la investigación el cual es que el plástico reciclado PET estabiliza significativamente la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado.

Palabras clave: suelo arcilloso, plástico PET, CBR.

ABSTRACT

In the present work, the improvement of a fundamental characteristic of the soil is carried out, which identifies its quality with the incorporation of 4%, 6% and 8% of PET plastic to the clay soil samples.

By adding PET plastic, it is shown that its influence on clay soil is remarkable, this is because its addition allows the improvement of soil quality, it is also known that the gravel content of a clay soil is 0%, this being the reason to improve it. The MTC provides various stabilization methods for soils with CBR <6%, however, this work seeks to opt for a new technique by incorporating a recyclable product, improving the construction material and caring for the environment.

This work includes five chapters in which the problematic reality of Jr. Arequipa in the city of Puerto Maldonado and its presence of clay soils in the area is presented, as well as a compilation of both international and national antecedents of the theme chosen for this work, then the hypotheses about the research topic are raised, then the methodological design of the research is defined, finally the result of the research is obtained, which is that the PET recycled plastic significantly stabilizes the subgrade of Jr. Arequipa in the city of Puerto Maldonado.

Keywords: clay soil, PET plastic, CBR.

INTRODUCCION

La escasez de materiales de construcción tradicionales ha motivado a los investigadores a explorar alternativas y, además de vidrio triturado, pavimento de asfalto recuperado y llantas de desecho, por nombrar algunos, los desechos plásticos (objetos plásticos no deseados o inutilizables) también han ganado atención en los últimos años. Los desechos plásticos se reutilizan o reciclan tradicionalmente, pero a menudo terminan como basura en las aceras, en los vertederos o en nuestros mares y océanos. La cantidad sustancial de desechos producidos año a año a lo largo del mundo y sus repercusiones ambientales son la razón fundamental para explorar alternativas para reciclar los desechos plásticos en materiales de construcción. Esta exploración también puede beneficiar a muchas industrias y ayudaría a minimizar los impactos ambientales adversos asociados con el vertido de toneladas de desechos plásticos en vertederos. El uso de plástico sintético reciclado para reforzar la subrasante ha demostrado unas cuantas mejoras en el ámbito de la resistencia del material. No obstante, este potencial no ha sido evaluado para los diversos tipos y formas de plástico sintético reciclado con suelo de subrasante natural en las construcciones viales.

La estabilización del suelo mejora las propiedades de ingeniería de los suelos débiles mediante la compactación controlada o la adición de estabilizadores como cemento, cal, etc., pero estos aditivos también se han vuelto costosos en los últimos años.

La intención de esta investigación es: Establecer en qué forma el plástico reciclado PET estabilizará la sub-rasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCION	6
CAPITULO I.....	10
REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	10
1.2. Formulación del Problema	12
1.2.1. <i>Problema General</i>	12
1.2.2. <i>Problema Específico</i>	12
1.3. Objetivos de la Investigación	13
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	13
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	13
1.4. Justificación, Importancia y Viabilidad de la Investigación	13
1.4.1. <i>Justificación de la Investigación</i>	13
1.4.2. <i>Importancia de la Investigación</i>	14
1.4.3. <i>Viabilidad de la Investigación</i>	15
1.5. Limitantes del Estudio.....	15
CAPITULO II.....	16
MARCO TEORICO	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.1.1. <i>A Nivel Nacional</i>	16
2.1.2. <i>A Nivel Internacional</i>	20
2.2. Bases Teóricas	23
2.2.1. <i>Plástico PET</i>	23
2.2.2. <i>Estabilización del Suelo</i>	25
2.2.3. <i>Subrasante</i>	26
2.3. Definición Términos Básicos	28
CAPITULO III.....	30
HIPOTESIS Y VARIABLES	30
3.1. Formulación de Hipótesis.....	30
3.1.1. <i>Hipótesis General</i>	30

3.1.2	<i>Hipótesis Específicas</i>	30
3.2.	Variables e Indicadores.	30
3.3.	Operacionalización de Variables.	31
CAPITULO IV		32
DISEÑO METODOLÓGICO		32
4.1.	Tipo y Nivel de Investigación.	32
4.1.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	32
4.1.2.	<i>Nivel de Investigación</i>	32
4.2.	Método y Diseño de la investigación.....	32
4.2.1.	<i>Método de la investigación</i>	32
4.2.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	32
4.3.	Población y Muestreo de la Investigación	33
4.3.1.	<i>Población</i>	33
4.3.2.	<i>Muestra</i>	33
4.4.	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	33
4.4.1.	<i>Técnicas</i>	33
4.4.2.	<i>Instrumentos</i>	34
4.5.	Análisis y Procesamiento de Datos	34
CAPITULO V		35
PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		35
5.1.	Análisis de tablas y gráficos.....	35
5.2.	Discusión.....	47
5.3	Conclusiones.....	48
5.4	Recomendaciones.....	49
CAPÍTULO VI		50
REFERENCIAS		50
CAPÍTULO VI		54
ANEXOS		54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Limite plástico ASTM D 4318 - suelo natural.....	36
Tabla 2. Limite liquido ASTM D 4318 - suelo natural.....	36
Tabla 3. Compactación y humedad del suelo natural.....	37
Tabla 4. Prueba CBR al suelo natural.....	38
Tabla 5. Compactación y humedad del suelo modificado con 4% de PET.....	39
Tabla 6. Prueba CBR al suelo modificado con 4% de PET.....	40
Tabla 7. Compactación y humedad del suelo modificado con 6% de PET.....	41
Tabla 8. Prueba CBR al suelo modificado con 6% de PET.....	42
Tabla 9. Compactación y humedad del suelo modificado con 8% de PET.....	43
Tabla 10. Prueba CBR al suelo modificado con 8% de PET.....	44
Tabla 11. Tabla comparativa de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.....	45

CAPITULO I

REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El rendimiento a largo plazo de los pavimentos depende de la estabilidad del suelo subyacente. Existen varios métodos para estabilizar el suelo de la sub-rasante que son costosos y requieren mucha mano de obra. Sin embargo, en base a la revisión de antecedentes respecto al tema, se halló que el uso de desechos de concreto molido y perlas de polímero de plástico reciclado para optimizar las propiedades del suelo débil y hacerlo adecuado para fines de ingeniería puede ser una alternativa económica y efectiva para la estabilización del suelo.

El proceso de estabilización de suelos implica hacer ajustes a las características únicas de cada suelo, aumentando la resistencia del suelo o disminuyendo su índice plástico para que estos suelos puedan ser utilizados satisfactoriamente y así obtener una capa estabilizada y que dure el mayor tiempo posible. (Valle 2010) Para optimizar la aptitud del suelo y hacerlo más útil para el uso previsto, debe estabilizarse. Esto implica reducir la permeabilidad, erosionabilidad, compresibilidad, plasticidad del suelo, vigilar su expansión y aumentar su resistencia. (Suárez 2014) Por tal motivo, el empleo del plástico reciclado PET va permitir el perfeccionamiento de algunas características físicas y mecánicas del suelo ya presente en la vía. Esta adición también posibilita el uso de plásticos, los cuales se degradan y contribuyen así a la contaminación ambiental. Además, evitará movimientos de tierra a gran escala que resulten en la contaminación por explotación de canteras e incluso en el aumento del uso de combustible de maquinaria pesada. Las sub-rasantes en cualquier región que exhiben contenidos significativos de arcilla generalmente tienen una capacidad

portante deficiente. En base a esto se llega a la conclusión de que el estudio más adecuado en esta investigación es el ensayo de CBR, con este ensayo se demostrará claramente que es necesario estabilizar los especímenes extraídos. Cabe señalar que también influyen otras características de un suelo arcilloso, como su granulometría, que es discontinua y uniforme, contiene una proporción mayor de arena fina que de grava, y necesita la composición de grava porque cada material tiene un propósito específico. En particular, la grava permite que el suelo tenga una mejor resistencia al corte, por lo que se está agregando plástico PET.

En Irak, (2020) en el estudio *Solución geoambiental de gestión de residuos sólidos plásticos mediante proceso de estabilización*, se concluyó que mezclar ciertas cantidades de tiras de bolsas de plástico con las muestras de arcilla podría mejorar las propiedades geotécnicas a un nivel en el que la mezcla podría usarse como una capa de sub-rasante al tiempo que brinda una opción de reutilización útil que potencialmente reduciría la acumulación de plástico en el medio ambiente.

Así mismo en India, Mishra B. y Gupta M. (2018) en el estudio *Uso de fibra de tereftalato de polietileno (PET) orientada aleatoriamente en combinación con cenizas volantes en subrasante de pavimento flexible*, demostraron que existió un mejoramiento en la resistencia al corte, porcentaje CBR y un aminoramiento del índice plástico. Se encontró que la cantidad óptima fue fibra de PET reciclada al 1.2% con 15% de cenizas volantes por el peso del suelo, que demostró un incremento en sus características de resistencia de la sub-rasante del suelo.

De igual manera, Shah A., y Modha H. (2020) en el estudio: *Mejoramiento de la subrasante del suelo con refuerzo de desechos plásticos: un estudio experimental*, en Australia, demuestra que el uso de residuos plásticos es una buena opción para

incrementar la resistencia del suelo de la sub-rasante. El uso de desechos plásticos puede ser una solución práctica y rentable para la construcción de pavimentos. El resultado demuestra que el uso de geomallas y geoceldas tuvo éxito a una profundidad específica en mejorar la resistencia del suelo. Este estudio demuestra que el uso de residuos plásticos es una buena opción para aumentar la resistencia del adhesivo del subsuelo. El uso de desechos plásticos puede ser una solución práctica y rentable para la construcción de pavimentos.

El Jirón Arequipa es una vía cercana a la ciudad de Puerto Maldonado que presenta terreno arcilloso y limoso con plasticidad media a alta, pendiente suave , capacidad portante regular, amplitud sísmica moderada y riesgo sísmico mínimo. Estos terrenos son susceptibles a inundaciones por lluvias intensas con niveles de escarcha que pueden ser superficiales o apenas debajo de la superficie en estas áreas urbanas vulnerables. Terrenos con influencia débil por actividad de cárcavas, erosión y deslizamiento.

Es una vía que va en paralelo al borde del acantilado fluvial de los ríos Madre de Dios y Tambopata. También se ubica en un área de inundación del lado izquierdo del río Tambopata antes de su unión con el río Madre de Dios (Pueblo Viejo y alrededores de Puerto de Capitanía).

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿En qué medida el plástico reciclado PET estabilizará la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022?

1.2.2. Problema Específico

PE.1. ¿Como el plástico reciclado PET mejorará la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022?

PE.2. ¿ Como el plástico reciclado PET mejorará los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022?

PE.3. ¿Como el plástico reciclado PET mejorará el CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar en qué medida el plástico reciclado PET estabilizará la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

OE.1. Evaluar como el plástico reciclado PET mejorará la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022

OE.2. Evaluar como el plástico reciclado PET mejorará los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022

OE.3. Evaluar como el plástico reciclado PET mejorará el CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022

1.4. Justificación, Importancia y Viabilidad de la Investigación

1.4.1. Justificación de la Investigación

El objetivo de la presente investigación es analizar los beneficios asociados a la aplicación de esta sustancia sobre superficies arcillosas para estabilizarlas y potenciar unas cuantas características físicas y mecánicas. Este estudio ofrece un sustento técnico porque demuestra que la adición de plástico PET a los suelos arcillosos mejora su calidad, convirtiéndolos en un método estabilizador.

El plástico es quizás la chatarra y el contaminante más peligroso que se ha convertido en un villano para la sociedad. Para el mejoramiento de nuestro planeta, debemos utilizar y reciclar el plástico de manera fructífera. Durante el proceso de reciclaje debido a la fusión del plástico, se liberan gases tóxicos. Una de las formas efectivas de gestionar los residuos plásticos es utilizarlos para estabilizar el suelo.

Los plásticos son sustancias de uso común que desempeñan un rol preponderante en la mayoría de los aspectos de nuestra vida cotidiana. La generación generalizada de residuos plásticos requiere una gestión adecuada al final de su vida útil. La mayor cantidad de plásticos se encuentra en envases y embalajes (botellas, envases, vasos), pero también se encuentran en bienes de larga vida útil (por ejemplo, neumáticos, materiales de construcción, muebles) y artículos desechables (por ejemplo, dispositivos médicos). La diversidad de aplicaciones de los plásticos está relacionada con sus propiedades específicas: densidad baja, de procesamiento sencillo, propiedades mecánicas idóneas, resistencia química idónea, buenas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico y de costo bajo (respecto a otros materiales).

1.4.2. Importancia de la Investigación

El principal problema de los residuos plásticos en la eliminación se debe a su naturaleza no biodegradable que afecta al medio ambiente a largo plazo. El reciclaje de plásticos es la mejor práctica para reducir los efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. Las opciones para el reciclaje se convierten en materia prima para la industria, producción de combustible y utilización como material de construcción. La utilización de plásticos reciclados en el sector de la construcción proporciona beneficios ecológicos y económicos, debido a la creciente demanda de materiales de construcción.

Además, el uso de residuos de PET en materiales de construcción reduce el uso de nuevos materiales poliméricos, lo que tiene un efecto significativo en la contaminación ambiental (por ejemplo, emisión de dióxido de carbono, problemas de eliminación de desechos).

1.4.3. Viabilidad de la Investigación.

La investigación es viable pues contamos con los recursos humanos, recursos materiales, equipo, disponibilidad de tiempo y el estudio es autofinanciado.

1.5. Limitantes del Estudio.

Como limitación se presenta el acceso a las instituciones por el protocolo COVID.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes.

2.1.1. A Nivel Nacional.

Quispe J., & Herrera P. (2021). *Evaluación comparativa de un suelo estabilizado con tereftalato de polietileno, respecto a uno estabilizado según la norma del MTC para la estabilización de la subrasante en la carretera Maras-Moray, provincia de Urubamba.*

Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Andina del Cusco. Con el propósito de estabilizar la subrasante de la vía de Maras-Moray en la provincia de Urubamba del departamento del Cusco, se buscó comparar las diferencias entre un suelo mejorado con polietileno y uno con cal, con el fin de obtener un suelo adecuado. El estudio se realizó en dos tramos vulnerables y críticos de la vía donde se realizaron cuatro calicatas. Los dos tramos de la vía tienen un suelo donde predomina la arcilla, este suelo tiene un espesor muy delgado con una deficiente capacidad portante y un CBR por debajo al 6%, lo que deja dos posibilidades: hacer un mejoramiento al suelo o cortarlo y poner otro material bien graduado de cantera. Para esta investigación se optó por la primera posibilidad. Solo uno de los ocho tipos de estabilizadores sugeridos es apropiado para mejorar las características del suelo, asumiendo la estabilización del suelo-cal. Para determinar la proporción adecuada del tereftalato de polietileno, llevamos a cabo una investigación centrada en ensayos de CBR en el laboratorio dentro de la universidad. En esta investigación se realizaron cuadros, los cuales posibilitaron el análisis de los hallazgos del estudio. Al utilizar tereftalato de polietileno como estabilizador se determina que podrían ser usados en sub-rasante para perfeccionar las propiedades físicas y mecánicas, con una cuantía de 1.5% con

respecto al peso del suelo y además las geometrías rectangulares dimensionados entre cinco y diez milímetros. Con respecto al CBR, un suelo de baja capacidad de carga que contiene polietileno aumenta progresivamente en un porcentaje de 26,5% y la cal un 350,0%, mientras que la expansión de tereftalato decrece en un porcentaje de 52,8% y la cal en un 80%.

Fustamante N. (2021). *Evaluación de la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la sub rasante de la Calle Camino Real, progresiva Km 0+ 000-Km 0+ 750, Chota*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota - Cajamarca. Su objetivo fue evaluar la capacidad de soporte del suelo mediante el añadido de plástico reciclado (PET) en la subrasante entre el km 0+000 y el km 0+750 de la vía urbana Camino Real, Chota. Metodología: En la sub-rasante de la vía urbana Camino Real de la ciudad de Chota, se obtuvieron tres calicatas. En las instrucciones para el análisis se añadieron la recolecta de botellas plásticas, lavado, secado, corte y tamizado a 3/8", 4.75 mm y 2.00 mm; además, se llevaron a cabo ensayos de granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR sobre suelo natural, estos ensayos también se realizaron sobre muestras de PET que se encontraban al 5%, 10%, 15% y 25% del peso del suelo con ausencia total de agua. El suelo es clasificado como "arcilla de alta plasticidad" por SUCS y perteneciente al grupo "A-7-6" por AASHTO, con porcentajes promedios de CBR entre 95% y 100% de la M.D.S. de 4,767% y 5,433%, respectivamente. La capacidad de soporte del suelo también se incrementa, llegando a porcentajes de CBR al 95% de la M.D.S. del 5,60 %, 7,90 %, 8,40 % y 7,10 %, respectivamente, mediante la adición de partículas de PET reciclado de 2,00 mm al 5 %, 10 %, 15 % y 25 % del suelo, respectivamente. Se ha determinado que el 15% de

PET molido a un TMN de 2.00 mm mejorará la capacidad de soporte del suelo en la subrasante de la calle Camino Real.

Márquez K. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón–Piura 2019*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Piura. Su objetivo fue perfeccionar las propiedades de los suelos arcillosos con PET en el distrito de La Encantada de la provincia de Morropón, Piura. Técnicas: Todas las calicatas que se extrajeron del área de estudio, en el distrito de La Encantada en la provincia de Morropón en Piura, se tomaron como sujetos de investigación y se evaluaron en ambientes de laboratorio agregándole o no plástico PET. Resultados: Según SUCS, está clasificado como un material CL (arena light y tipo grava con arena) y según AASHTO A-6 (12), arcilla de compresibilidad baja, con un análisis granulométrico de 0% gravas, 12,80% de arenas. , y 87,20% de material que pasa por la malla N° 200. Respecto a su humedad se obtuvo 4.0% de humedad, una densidad máxima seca de 1.278 y una humedad ideal de 12.1%. Por el contrario, los porcentajes de CBR obtenidos para la muestra M-1, que es la única muestra a la que no se le agregó plástico PET, muestran porcentajes de CBR inferiores al 6%, lo que demuestra de que es necesario la estabilización este tipo de suelos para mejorar la calidad de los mismos. el material en cuestión. En este caso, el nuevo material utilizado para la estabilización fue el plástico PET. Conclusiones: El distrito de La Encantada de la provincia de Morropón en Piura presenta suelos arcillosos en la muestra tomada de la zona M-1, incorporando 6% de plástico PET a la muestra M-2, el cual solo mejora la capacidad portante (CBR), sin otras propiedades o características que muestren algún cambio. Esto produce resultados similares en términos de granulometría, contenido de humedad, límites y compacidad

del suelo. Finalmente, después de agregar un 6 % de plástico PET, se observó un CBR más alto en general.

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*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil] Puno: Universidad Nacional del Altiplano. El objetivo fue determinar el impacto de estabilizar suelo suelto con poli tereftalato de etileno incorporando agentes estabilizantes cuyos pesos fueron 2, 4, 6, 8 y 10% en relación al peso del suelo de estudio con ausencia de agua . Esto se hizo con el fin de diseñar la estructuración de un pavimento flexible acorde con las normas peruanas vigentes en ese momento. Para el comienzo de esta investigación primero se obtuvo el espécimen (suelo fino) de la cantera Salcedo en el Distrito , Provincia y Región de Puno. Seguidamente, el suelo fue analizado utilizando estándares peruanos en los laboratorios de suelos de la Universidad Nacional del Altiplano. El estudio se orienta en un solo tipo de suelo y los cambios en las propiedades mecánicas que ocurren después de usar el mencionado aditivo a través de ensayos Proctor Modificado y California Bearing Ratio. Finalizando la investigación se determinó que la capacidad de soporte del suelo (CBR) en su estado natural, es decir, sin la adición de un estabilizador, fue de 28.91%. Se obtuvieron los siguientes valores de CBR referidos al 100% de la densidad seca máxima después de incluir el estabilizador en las proporciones de 2, 4, 6, 8 y 10%: 50.65, 20.39, 19.29, 18.38 y 17.36%, respectivamente. Esto nos lleva a la conclusión de que la adición de un 2% de PET al suelo de estudio incrementa de manera significativa su capacidad de soporte (CBR), convirtiéndolo en adecuado para su uso en las capas de subbase y subbase de pavimento flexible, todo de acuerdo con las normas peruanas (EG 2013).

2.1.2. A Nivel Internacional.

Abukhettala M. y Fall M. (2021). *Caracterización geotécnica de residuos plásticos en aplicaciones de subrasante de pavimentos*. Artículo científico publicado en la Revista Geotecnia del Transporte, Canadá. En este documento, las formas molidas, escamosas y granuladas de 4 tipos de desechos plásticos clasificados de un centro de comercio de reciclaje se combinaron con grava limosa o arcillosa y suelo arenoso del tipo A-2-7 AASHTO. Estos tipos de plástico son: resinas de polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), tereftalato de polietileno (PETE) y polipropileno (PP). Sus diversas propiedades geotécnicas se han evaluado minuciosamente. El proceso de investigación implica evaluar la compactación, la correspondencia de carga de California (CBR), la resistencia, el módulo de resiliencia, y propiedades de permeabilidad ya sea para el suelo de sub-grado natural o para el suelo de sub-grado modificado con los tipos de desechos plásticos antes mencionados. Las resultas halladas demuestran que al agregar residuos plásticos disminuye las densidades máximas secas de los suelos de la subrasante debido a la menor densidad relativa del material plástico en comparación con las partículas del suelo. Conclusión: Los resultados de esta investigación proponen que el reemplazo de una parte del material del suelo de la sub-rasante con desechos plásticos puede que resulten útiles en las aplicaciones de sub-rasante de vías.

Sahoo K., Gupta M., Sahu R., Mudgal K. y Shankar Y. (2019). *Investigación experimental para las aplicaciones factibles de residuos plásticos reciclables procesados en el sector de la construcción*. Artículo científico publicado en la Revista Avances en la Gestión de Residuos, Singapur. El presente trabajo investiga las aplicaciones factibles para la utilización de materiales plásticos de desecho reciclables procesados en la división de edificaciones. Se procesaron materiales

como el agregado grueso plástico (PCA) y el agregado fino plástico (PFA) a partir de las botellas plásticas generadas en el campus universitario. Se ha estudiado la aplicación de estos materiales en áreas como producción de hormigón, fabricación de bloques, construcción de pavimentos y estabilización de suelos. Los resultados se compararon con el agregado fino natural (NFA) y el agregado grueso natural (NCA). Los resultados experimentales del PCA sugieren que las propiedades físicas y mecánicas demostraron estar en conformidad con el NCA convencional, para aplicaciones como la producción de hormigón y la construcción de pavimentos. Las propiedades del PFA para el reemplazo del agregado fino natural en la construcción de pavimentos y la estabilización del suelo se han estudiado mediante la prueba de estabilidad Marshall (como reemplazo del 100% al NFA) y el valor CBR (como 10, 20, y 30% de reemplazo de NFA). Los resultados de las propiedades de los agregados indicaron la conformidad de PFA con arena natural. Los resultados de la prueba CBR indican que el PFA ha demostrado mejorar el valor CBR del algodón negro hasta un 20% de reemplazo. Los bloques fabricados con PFA (como reemplazo al 100% de NFA) han mostrado mejores propiedades para su aplicación en estructuras enmarcadas. Los resultados de la prueba de estabilidad Marshall indicaron que la presencia de PFA ha mejorado la resistencia a la carga de la muestra, los resultados de los huecos de aire, los huecos llenos de betún y los valores de flujo indican que la adición de PFA mejora la durabilidad, la resistencia al corte y la resistencia a la fatiga mejorando la vida útil. de pavimento.

Peddaiah S., Burman A., y Sreedeeep S. (2018). *Estudio experimental sobre el efecto de los residuos de tiras de botellas de plástico en la mejora del suelo*. Artículo científico publicado en la Revista Ingeniería geotécnica y geológica, India. La investigación experimental sobre los resultados del suelo de plástico reforzado mostró

que el plástico se puede utilizar como un estabilizador eficaz para enfrentar problemas de eliminación de desechos, así como una solución económica para estabilizar suelos débiles. El suelo reforzado con plástico se comporta como un suelo reforzado con fibras. Este estudio involucra la investigación del efecto de las tiras de botellas de plástico sobre arena limosa para lo cual se han realizado una serie de ensayos de compactación, cizallamiento directo y relación de carga de California (CBR) con diferentes porcentajes de tiras de plástico y también con diferentes relaciones de aspecto en términos de Talla. Los resultados reflejan que hay un incremento significativo en el peso unitario seco máximo, los parámetros de resistencia al corte y el valor de CBR con refuerzo plástico en el suelo. La cantidad de mejora en las propiedades del suelo depende del tipo de suelo, el contenido de plástico y el tamaño de la tira. Se observa en el estudio que el incremento en las propiedades de ingeniería de la arena limosa se obtiene con una cantidad de plástico que es del 0,4% con un tamaño de tira de (15 mm x 15 mm).

Mohammed M., Mohammed A., & Elgady I. (2018). Evaluación del efecto de los residuos de botellas de plástico (PET) sobre la estabilización de arcilla. Artículo científico publicado en la Revista Internacional de Ciencias de Ingeniería y Tecnología de Investigación, Sudan. Tuvo como propósito, evaluar el efecto de los residuos plásticos en el mejoramiento de suelos arcillosos para mejorar la resistencia a la compresión del suelo. Se llevó a cabo un programa experimental para investigar el efecto de los residuos de botellas de plástico (PET) y evaluar la eficiencia en suelos arcillosos como estabilizadores. Se llevaron a cabo una serie de pruebas de laboratorio de compactación y triaxiales. Como refuerzo se utilizaron residuos de botellas de plástico (PET) con una longitud (5 - 10 mm). Las muestras de suelo se compactaron a máxima densidad seca con diferente porcentaje de refuerzo de botella

plástica 0.5, 1.5, 3, 6, 12 y 15% en peso de suelo arcilloso). Los resultados indican que un aumento del contenido de la botella de plástico disminuye la densidad seca máxima y aumenta la OMC. El mayor aumento en el valor de resistencia se logró cuando el suelo se reforzó con un 1,5% de botella de plástico.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Plástico PET

El plástico PET está compuesto por crudo de petróleo (64%), aire (13%) y derivados del gas natural (el 20% restante). El petróleo crudo constituye la mayor parte del plástico por peso. (MINAM, 2018)

La mayoría de estos se utilizan para la manufactura de envases, plásticos de ingeniería, fibras, entre otros materiales. Se le conoce como una sustancia termoplástica ya que puede soportar altas y bajas temperaturas sin dejar de ser trabajable.

2.2.1.1. Tipos de Plástico.

✓ PET o PETE (Tereftalato de Polietileno): El tipo de plástico PET, Polietileno Tereftalato, tiene las características siguientes, entre ellas alta resistencia a la corrosión y degradación, excelente resistencia química y térmica, y aprobación para su empleo en productos que contienen diversos tipos de alimentos. Como resultado, se usa con frecuencia en envases de bebidas y textiles.

✓ HDPE (Polietileno de Alta Densidad): El HDPE, o polietileno de alta densidad, tiene las siguientes características además de ser opaco: poca flexibilidad, resistencia química, facilidad de coloración, fabricación y manipulación.

✓ PVC (Vinílicos o Cloruro de Polivinilo): PVC, El vinilo policloruro es un polímero duro y duradero que puede soportar temperaturas de hasta 80 °C y utilizarse con disolventes. Es un plástico elástico, transparente y flexible.

✓ LDPE (Polietileno de Baja Densidad): LDPE, El polietileno de baja densidad es una sustancia flexible y resistente al calor que puede aguantar temperaturas comprendidas hasta los 70 °C. También parece ser un plástico delicado debido a su facilidad de grabado con rayo láser.

✓ PP (Polipropileno): PP, Polipropileno si bien es flexible, este tipo de plástico es de trabajabilidad baja. Resiste temperaturas de hasta 140°C, solventes y es un material versátil y pegajoso.

✓ PS (Poliestireno): PS, Es un tipo de plástico de consistencia rígida, transparente y oscuro que puede romperse fácilmente cuando se calienta a 95 grados centígrados. Puede ser afectado por disolventes o como también las grasas.

✓ PS-E (Poliestireno Expandido): PS-E, Además de ser un material flexible, el poliéster expandido tiene una característica fundamental que le permite mantener la temperatura: absorbe energía.

✓ OTHER (Otros): Estas resinas y materiales, cuyas propiedades dependen de combinar los distintos tipos de plásticos ya mencionados, se incluyen en esta categoría de plásticos.

2.2.1.2. Propiedades del PET.

- ✓ Cristalinidad y traslucido.
- ✓ Eficaz resistencia al desgaste y corrosión.
- ✓ Buen coeficiente de deslizamiento.
- ✓ Resistencia química y térmica.
- ✓ Ejerce como barrera de CO₂, admisibles como barrera al O₂.

✓ Es reciclable.

2.2.2. Estabilización del Suelo

Yépez (2014) indica, El proceso de estabilización del suelo consiste en mejorar un suelo ya existente mediante la adición de una sustancia, como cal o cemento. Los siguientes, entre otros beneficios, son algunos de los beneficios inmediatos que adquirimos: aprovechar los suelos pobres evitando su sustracción y transporte a los vértices; reducir la sensibilidad del suelo al agua al tiempo que aumenta su resistencia a la erosión, la congelación y otros agentes relacionados con el clima; acceder a la circulación del terreno intransitable y adquirir una sólida plataforma de apoyo colabore estructuralmente con las edificaciones.

2.2.2.1. Tipos de Estabilización de Suelos.

Hay dos variantes diferentes de estabilización para perfeccionar los atributos de un suelo; estas son:

Estabilización granulométrica, mecánica o natural: este tiene por objeto juntar dos o más tipos de suelos que tienen granulometrías complementarias y diferentes. (Pérez, 2014)

Estabilización química: En este tipo de estabilización se utiliza un químico industrial o un lubricante, y se añade a la superficie para mejorarla dándole adherencia o disminuyendo el nivel de plasticidad ya presente. Los químicos que se pueden utilizar son:

- ✓ Cal: usualmente usadas para suelos arcillosos aminorando la plasticidad.
- ✓ Cemento Portland: generalmente usado cuando existe arena o grava fina incrementando la resistencia.
- ✓ Productos asfálticos: usualmente usado en suelos sin adherencia.

- ✓ Cloruro de sodio y cloruro de calcio: usados para suelos arcillosos y limosos, provocando que este sea impermeable.
- ✓ Escorias de fundición, etc.

2.2.3. Subrasante

La superficie de un camino a nivel de movimiento de tierra (corte y relleno) se conoce como subrasante o área de cimentación, y soporta el paquete de soporte estructural del pavimento o afirmado. (Ramos & Seminario, 2019)

El propósito de la subrasante es proporcionar una cantidad razonablemente uniforme de apoyo, lo que permite que la estructura de un camino sea estable. Subrasante también se considera el soporte natural adecuado cuando se puede realizar la pavimentación.

Las propiedades físicas más importantes para el análisis del sustrato son la granulometría, el Índice de Plasticidad de Atterberg, la densidad y la humedad natural; las propiedades de rigidez son: módulo resiliente, módulo elástico, CBR.

2.2.3.1. Granulometría.

Según el Ministro de Transportes y Comunicaciones (2013b). La granulometría de un suelo tiene como objetivo identificar las diversas cantidades de los elementos constituyentes que componen el suelo, separándolos según el tamaño de sus partículas constituyentes, que se pueden estimar una tabla normada. Una correcta distribución granulométrica indica que el suelo se comportará muy bien ante los efectos de las cargas. El suelo debe contener una cantidad cuantiosa de grava, una porción de arena, que llenará los espacios entre la grava, y una porción de plástico fino, que cohesionará el material del suelo. Estos componentes son necesarios para que el suelo soporte adecuadamente el peso de los vehículos.

2.2.3.2. Índice de Plasticidad (Límites de Atterberg).

Debido a la estabilidad que puedan tener los suelos hasta cierto nivel de humedad, esta propiedad está en manos de los elementos duros y quebradizos que tiene el suelo. Es necesario determinar los Límites de Atterberg porque la granulometría hace imposible observar estas características. Estos demuestran cómo se comporta el suelo en relación a la cantidad de humedad que contiene, teniendo en consideración los tres estados de consistencia que provoca la humedad, y al hacerlo, pueden presentar un suelo líquido, plástico y sólido.

Los límites de Atterberg los cuales determinan la cohesión de un suelo son:

Límite líquido (LL): el suelo pasa de un estado semilíquido a plástico donde se puede moldear.

Límite Plástico (LP): el suelo pasa de un estado plástico a semisólido y tiende a romperse.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de Plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

2.2.3.3. Ensayos de CBR.

Este estudio permite hallar la cantidad de soporte o capacidad de carga que posee el suelo. La capacidad portante está determinada por la fuerza que puede soportar las cargas sin causar molestias en las mismas. Una vez clasificados los suelos, se desarrolla un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo. A partir de este perfil

se determinan los suelos que controlarán el diseño, y el programa de estudios y correlaciones para el CBR (valor de soporte del suelo), que se define como el 95% de la densidad seca máxima (MDS) a un peso se establece una penetración de 2,54 mm. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008b).

2.3. Definición Términos Básicos

Arcilla: Material que es poroso y tiene partículas diminutas de menos de 0,005 mm que exhibe un comportamiento plástico cuando se aplican ciertas cantidades de agua.

Límite Líquido: Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico, es posible su moldeo. (EG, 2013)

Límite Plástico: Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe. (EG, 2013)

Material Fino: Este tipo de material se puede dividir en dos tipos: limo y arcillo, los cuales tienen los siguientes tamaños: 0,075 mm a 0,005 mm y menor o igual a 0,005 mm, respectivamente. (EG, 2013)

PET: La sustancia termoplástica conocida como poliésteres, también conocida como etileno tereftalato o polietileno tereftalato, es uno de los materiales más fáciles de manejar para reciclar y reutilizar.

Subrasante: Se le conoce como la base, , para todos los componentes estructurales de un pavimento ya sea flexible o rígida. La calidad de este determina el espesor del pavimento. La capacidad de soportar o resistir la deformación causada por ejercer una fuerza excesiva mientras se transportan cargas de tráfico se utiliza como criterio para medir la calidad del mismo.

Suelo: Es el estrato más superficial de la corteza, y está en permanente cambio, determinando las dinámicas e interacciones de la atmósfera, la geosfera, la biosfera y la hidrosfera, porque contiene elementos de todas ellas.

CAPITULO III

HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Formulación de Hipótesis.

3.1.1. *Hipótesis General*

El Plástico reciclado PET estabiliza de manera significativa la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022

3.1.2 *Hipótesis Específicas*

HE.1. El plástico reciclado PET mejora la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022

HE.2. El plástico reciclado PET mejora los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022

HE.3. El plástico reciclado PET mejora la CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022

3.2. Variables e Indicadores.

Variable Independiente: Residuos de plástico PET.

Dimensiones: Dosificación

Variable Dependiente: Estabilización de la subrasante.

Dimensiones:

- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- CBR.

3.3. Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Residuos de plástico PET El reciclado de plástico es el proceso de recuperación de desechos de plásticos	Dosificación	%
Variable dependiente Estabilización de la subrasante. Tratamiento del suelo, que servirá como base para toda la estructura de un pavimento.	Granulometría.	% retenido. % no retenido.
	Límites de consistencia.	Límite líquido. Límite plástico.
	Ensayo CBR.	1.4.1. CBR al 95%. 1.4.2. CBR al 100%.

CAPITULO IV**DISEÑO METODOLÓGICO****4.1. Tipo y Nivel de Investigación.****4.1.1. Tipo de Investigación**

La investigación también se clasifica como básica y experimental, dado que se obtendrán nuevos conocimientos sobre las propiedades del concreto permeable y su preparación, de modo que se pueda generar la mejor mezcla.

4.1.2. Nivel de Investigación

En cuanto se considera este estudio como descriptivo, puesto que se detallarán las características de la zona en los diseños de mezcla para lograr una mejor efectividad del uso de residuos de plástico PET para el mejoramiento del suelo.

4.2. Método y Diseño de la investigación**4.2.1. Método de la investigación**

Método deductivo. Este es el tipo de razonamiento utilizado para aplicar reglas o teorías en casos individuales. En el estudio se obtuvieron variables en sus dimensiones y dimensiones en sus indicadores. Además, es un método utilizado en ciencias formales como la lógica y las matemáticas porque se requiere un razonamiento deductivo para aplicar leyes a algunos de los fenómenos que se estudian en la ciencia.

4.2.2. Diseño de la investigación

La investigación se centró en el diseño experimental y transversal, ya que el estudio se llevó a cabo con la manipulación de los residuos de plástico PET (variable independiente), se recolectaron muestras y datos relevantes para un período específico.

Además, el proyecto es experimental en el cual el investigador manipula la variable experimental, verificada bajo condiciones estrictamente controladas. El objetivo es describir cómo y por qué ocurre o puede ocurrir el fenómeno.

Del mismo modo, el estudio es transversal, puesto que tiene como meta determinar de qué manera mejorará el suelo el uso de Plástico reciclado PET en el Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

M: O1 -----> X -----> O2

Dónde:

M: Calicatas.

O₁: Primera observación (suelo natural)

X: plástico reciclado PET

O₂: Segunda observación (suelo estabilizado).

4.3. Población y Muestreo de la Investigación

4.3.1. Población

En la investigación no corresponde identificar la población de estudio, puesto que, se analizará el proceso de mejoramiento del suelo usando Plástico reciclado PET en el Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

4.3.2. Muestra

Una calicata proveniente del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado.

- Calicata 1 (C1) [Prof. 1.50 m; E= 480255; N=8606950; Z=194]

4.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

4.4.1. Técnicas

Por el tipo y nivel de investigación, la técnica empleada para la recolección de datos será la observación.

4.4.2. Instrumentos

- Formatos de observación
- Formatos normados por ensayo
- Ensayos normalizados de laboratorio: son para el análisis de las calicatas de suelos

4.5. Análisis y Procesamiento de Datos

El análisis y procesamiento de datos se hicieron con formatos de hojas Excel proporcionadas por el laboratorio donde se hicieron los ensayos.

Dichos formatos de hojas Excel se hicieron en base al Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

CAPITULO V

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de tablas y gráficos.



Gráfico 1. Ubicación del proyecto.

Fuente: GOOGLE EARTH.

- Departamento: Madre De Dios
- Provincia: Tambopata
- Distrito: Tambopata
- Localidades: Ciudad de Puerto Maldonado.
- Región Natural: Selva
- Altitud Promedio: 239.00 m.s.n.m
- Longitud: 2.50 km
- Altitud: 255 m s. n. m.

Tabla 1. Limite plástico ASTM D 4318 - suelo natural.

Muestra	1	2
Numero de capsula	23	15
Peso de la Capsula (g)	11.41	11.39
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	21.2	23.2
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	19.55	21.03
Peso del Suelo Seco (g)	8.14	9.64
Contenido de Humedad (w)	20.2	22.5
LP (%)	21.4	

Tabla 2. Limite liquido ASTM D 4318 - suelo natural.

Muestra	A	B	C
Numero de capsula	197	230	134
Peso de la Capsula (g)	37.6	37.6	38.9
Peso de la Capsula + Suelo Húmedo (g)	63.5	62.3	61.3
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	56.8	55.4	54.9
Peso del Suelo Seco (g)	38	25	15
Contenido de Humedad (w)	19.2	17.8	16.0
LL (%)	37.8		

Interpretación:

Según la tabla 1 y 2, los límites de atterberg del suelo natural del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado muestra los siguientes resultados: Limite Plástico (LP) es de 21.4%, Limite Líquido (LL) es de 37.8%.

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 37.8\% - 21.4\% = 16.5\%$$

Por lo tanto, el Índice de Plasticidad del suelo natural es 16.5%.

Tabla 3. Compactación y humedad del suelo natural.

Compactación molde: P1	Código de		Método: A molde de 4"	
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	5965	6188	6230	6132
Peso del molde (g)	4444	4444	4444	4444
Peso del suelo húmedo compactado (g)	1521	1744	1786	1688
Volumen del molde (cm ³)	940.45	940.5	940.5	940.5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.617	1.854	1.899	1.795
Humedad				
N° de tara	188	284	166	256
Tara + Suelo Húmedo (g)	500.20	500.20	512.20	511.20
Tara + Suelo Seco (g)	469.89	458.92	461.32	453.00
Peso de la tara	37.58	37.65	37.65	37.59
Peso del agua	30.31	41.28	50.88	58.20
Peso de suelo seco (g)	432.31	421.27	423.67	415.41
Humedad (%)	7.01	9.80	12.01	14.01
Densidad Seca (g/cm ³)	1.511	1.689	1.695	1.574
Máxima Densidad Seca (g/cm ³): 1.708		Optimo Contenido de Humedad (%):10.86		

Interpretación:

Según la tabla 3, en relación Densidad húmeda (g/cm³), los valores determinados en el suelo natural son: muestra 1 fue de 1.511; la muestra 2 fue de 1.689; la muestra 3 fue de 1.695 y la muestra 4 fue de 1.574; por otro lado, en relación a la Densidad Seca (g/cm³) para la tara 188 fue de 1.511; para la tara 284 fue de 1.689; para la tara 166 fue de 1.695 y para la tara 256 fue de 1.574. Existiendo una Máxima Densidad Seca (g/cm³) de 1.708, y un Optimo Contenido de Humedad (%):10.86.

Tabla 4. Prueba CBR al suelo natural.

C.B.R.			
	N° DE CAPAS: 5		
N° DE MOLDE	A	B	C
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2175	2179	2172
Peso del Molde + Suelo Húmedo (g)	11495	11088	10940
Peso del Molde (g)	7358	7135	7259
Peso del Suelo Húmedo (g)	4137	3953	3681
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Húmedo (g)	300.3	298.5	321.2
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	276.0	274.6	294.7
Peso del Agua (g)	24.3	23.9	26.5
Peso de Tarro (g)	52.2	53.2	51.2
Peso del Suelo Seco (g)	223.8	221.4	243.5
Contenido de Humedad (g)	10.86	10.80	10.90
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.902	1.814	1.695
Densidad Seca (g/cm ³)	1.716	1.638	1.528

Interpretación:

Según la tabla 4, en relación Densidad húmeda (g/cm³) del suelo natural la muestra A presenta una Densidad Húmeda de 1.902; la muestra B presenta una Densidad Húmeda de 1.814; la muestra C presenta una Densidad Húmeda de 1.695. Por otro lado, en la relación a la Densidad Seca (g/cm³), la muestra A presenta una Densidad Seca de 1.716; la muestra B presenta una Densidad Seca de 1.638 y la muestra C presenta una Densidad Seca de 1.528.

Tabla 5. Compactación y humedad del suelo modificado con 4% de PET.

Compactación molde: P1	Código de		Método: A molde de 4"	
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	5900	6140	6189	6130
Peso del molde (g)	4376	4376	4376	4376
Peso del suelo húmedo compactado (g)	1524	1764	1813	1754
Volumen del molde (cm ³)	947.87	947.9	947.9	947.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.608	1.861	1.913	1.850
Humedad				
N° de tara	165	235	217	97
Tara + Suelo Húmedo (g)	511.20	512.20	531.20	521.20
Tara + Suelo Seco (g)	479.64	469.84	481.49	464.75
Peso de la tara	37.64	37.61	37.63	37.11
Peso del agua	31.56	42.36	49.71	56.45
Peso de suelo seco (g)	442.00	432.23	443.86	427.64
Humedad (%)	7.14	9.80	11.20	13.20
Densidad Seca (g/cm ³)	1.501	1.695	1.720	1.635
Máxima Densidad Seca (g/cm ³): 1.717		Optimo Contenido de Humedad (%):10.90		

Interpretación:

Según la tabla 5, en relación Densidad húmeda (g/cm³), los valores determinados en el suelo modificado con 4% de PET son: muestra 1 fue de 1.608; la muestra 2 fue de 1.861; la muestra 3 fue de 1.913 y la muestra 4 fue de 1.850; por otro lado, en relación a la Densidad Seca (g/cm³) para la tara 165 fue de 1.501; para la tara 235 fue de 1.695; para la tara 217 fue de 1.720 y para la tara 97 fue de 1.635. Existiendo una Máxima Densidad Seca (g/cm³) de 1.717, y un Optimo Contenido de Humedad (%) de 10.90.

Tabla 6. Prueba CBR al suelo modificado con 4% de PET.

C.B.R.			
	N° DE CAPAS: 5		
N° DE MOLDE	G	H	I
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2105	2122	2026
Peso del Molde + Suelo Húmedo (g)	11599	12088	10915
Peso del Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Húmedo (g)	4051	3892	3456
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Húmedo (g)	312.2	300.4	285.5
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	286.7	276.2	262.9
Peso del Agua (g)	25.5	24.2	22.6
Peso de Tarro (g)	53.2	54.2	55.2
Peso del Suelo Seco (g)	233.5	222.0	207.7
Contenido de Humedad (g)	10.90	10.89	10.90
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.924	1.834	1.706
Densidad Seca (g/cm ³)	1.735	1.654	1.538

Interpretación:

Según la tabla 6, en relación Densidad húmeda (g/cm³), el suelo modificado con 4% de PET, la muestra G presenta una Densidad Húmeda de 1.924; la muestra H presenta una Densidad Húmeda de 1.834; la muestra I presenta una Densidad Húmeda de 1.706. Por otro lado, en la relación a la Densidad Seca (g/cm³), la muestra A presenta una Densidad Seca de 1.735; la muestra B presenta una Densidad Seca de 1.654 y la muestra C presenta una Densidad Seca de 1.528.

Tabla 7. Compactación y humedad del suelo modificado con 6% de PET.

Compactación molde: P1	Código de			
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	6088	6188	6260	6199
Peso del molde (g)	4444	4444	4444	4444
Peso del suelo húmedo compactado (g)	1644	1744	1816	1755
Volumen del molde (cm ³)	940.45	940.5	940.5	940.5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.748	1.854	1.931	1.866
Humedad				
N° de tara	417	340	256	166
Tara + Suelo Húmedo (g)	498.50	502.20	511.40	499.60
Tara + Suelo Seco (g)	464.84	463.45	464.06	446.53
Peso de la tara	37.62	37.60	37.59	37.65
Peso del agua	33.66	38.75	47.34	53.07
Peso de suelo seco (g)	427.22	425.85	426.47	408.88
Humedad (%)	7.88	9.10	11.10	12.98
Densidad Seca (g/cm ³)	1.620	1.700	1.738	1.652
Máxima Densidad Seca (g/cm ³): 1.740			Optimo Contenido de Humedad (%): 10.64	

Interpretación:

Según la tabla 7, en relación Densidad húmeda (g/cm³), los valores determinados en el suelo modificado con 6% de PET son: muestra 1 fue de 1.748; la muestra 2 fue de 1.854; la muestra 3 fue de 1.931 y la muestra 4 fue de 1.866; por otro lado, en relación a la Densidad Seca (g/cm³) para la tara 417 fue de 1.620; para la tara 340 fue de 1.700; para la tara 256 fue de 1.738 y para la tara 166 fue de 1.652. Existiendo una Máxima Densidad Seca (g/cm³) de 1.740 y un Optimo Contenido de Humedad (%) de 10.64

Tabla 8. Prueba CBR al suelo modificado con 6% de PET.

C.B.R.			
	N° DE CAPAS: 5		
N° DE MOLDE	A	B	C
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2175	2179	2172
Peso del Molde + Suelo Húmedo (g)	11560	11120	10985
Peso del Molde (g)	7358	7135	7259
Peso del Suelo Húmedo (g)	4202	3985	3726
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Húmedo (g)	289.2	298.6	300.2
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	266.0	274.8	276.3
Peso del Agua (g)	23.2	23.8	23.9
Peso de Tarro (g)	48.5	51.2	50.0
Peso del Suelo Seco (g)	217.5	223.6	226.3
Contenido de Humedad (g)	10.66	10.64	10.58
Densidad Húmeda (g/cm³)	1.932	1.829	1.716
Densidad Seca (g/cm³)	1.746	1.653	1.551

Interpretación:

Según la tabla 8, en relación Densidad húmeda (g/cm³), el suelo modificado con 6% de PET, la muestra A presenta una Densidad Húmeda de 1.932; la muestra B presenta una Densidad Húmeda de 1.829; la muestra C presenta una Densidad Húmeda de 1.716. Por otro lado, en la relación a la Densidad Seca (g/cm³), la muestra A presenta una Densidad Seca de 1.746; la muestra B presenta una Densidad Seca de 1.653 y la muestra C presenta una Densidad Seca de 1.551.

Tabla 9. Compactación y humedad del suelo modificado con 8% de PET.

Compactación molde: P1	Código de		Método: A molde de 4"	
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	5898	6100	6188	6102
Peso del molde (g)	4376	4376	4376	4376
Peso del suelo húmedo compactado (g)	1522	1724	1812	1726
Volumen del molde (cm ³)	947.87	947.9	947.9	947.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.606	1.819	1.912	1.821
Humedad				
N° de tara	163	233	134	270
Tara + Suelo Húmedo (g)	4885.00	500.20	412.20	432.20
Tara + Suelo Seco (g)	4559.43	461.42	373.40	384.81
Peso de la tara	37.60	37.60	38.91	37.62
Peso del agua	325.57	38.78	38.80	47.39
Peso de suelo seco (g)	4521.83	423.82	334.49	347.19
Humedad (%)	7.20	9.15	11.60	13.65
Densidad Seca (g/cm ³)	1.498	1.666	1.713	1.602
Máxima Densidad Seca (g/cm ³): 1.718		Optimo Contenido de Humedad (%):10.94		

Interpretación:

Según la tabla 9, en relación Densidad húmeda (g/cm³), los valores determinados en el suelo modificado con 8% de PET son: muestra 1 fue de 1.606; la muestra 2 fue de 1.819; la muestra 3 fue de 1.912 y la muestra 4 fue de 1.821; por otro lado, en relación a la Densidad Seca (g/cm³) para la tara 163 fue de 1.498; para la tara 233 fue de 1.666; para la tara 134 fue de 1.713 y para la tara 270 fue de 1.602. existiendo una Máxima Densidad Seca (g/cm³) de 1.718 y un Optimo Contenido de Humedad (%) de 10.94

Tabla 10. Prueba CBR al suelo modificado con 8% de PET.

C.B.R.			
	N° DE CAPAS: 5		
N° DE MOLDE	G	H	I
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2105	2122	2026
Peso del Molde + Suelo Húmedo (g)	11580	12035	10910
Peso del Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Húmedo (g)	4032	3839	3451
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Húmedo (g)	298.6	288.6	302.2
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	274.4	265.6	277.8
Peso del Agua (g)	24.2	23.0	24.4
Peso de Tarro (g)	53.2	54.2	55.2
Peso del Suelo Seco (g)	221.2	211.4	222.6
Contenido de Humedad (g)	10.94	10.89	10.96
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1.915	1.809	1.703
Densidad Seca (g/cm ³)	1.727	1.631	1.535

Interpretación:

Según la tabla 10, en relación Densidad húmeda (g/cm³), el suelo modificado con 8% de PET, la muestra G presenta una Densidad Húmeda de 1.915; la muestra H presenta una Densidad Húmeda de 1.809; la muestra I presenta una Densidad Húmeda de 1.703. Por otro lado, en la relación a la Densidad Seca (g/cm³), la muestra G presenta una Densidad Seca de 1.727; la muestra H presenta una Densidad Seca de 1.631 y la muestra I presenta una Densidad Seca de 1.535.

RESULTADOS INFERENCIALES

Tabla 11. Tabla comparativa de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

CAL.	CONDICION	PROF. CALICATA (m)	PROF. NF(m)	HUM. (%)	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION		LIM. DE CONSISTENCIA			PROCTOR MODIFICADO		CBR		ABSORCION DE AGUA PARA MOLDES (%)			EXPANSION PARA MOLDES (%)		
					% GRAVA	% ARENA	% FINOS	SUCS	AASHTO	LL	LP	IP	MDS g/cm ³	OCH (%)	AL 95% MDS (%)	AL 100% MDS (%)	G	H	I	G	H	I
					C-1	TERRENO NATURAL	1,50	-	12,27	0,0	26,0	74,0	CL	A-6 (15)	37,8	21,4	16,5	1,707977	10,86	7,8	9,500	1,206
C-1	TERRENO NATURAL + 4% PET	1,50	-	12,27	0,0	26,0	74,0	CL	A-6 (15)	37,8	21,4	16,5	1,7172697	10,90	8,6	11,600	0,986	1,596	3,081	0,200	0,300	0,360
C-1	TERRENO NATURAL + 6% PET	1,50	-	12,27	0,0	26,0	74,0	CL	A-6 (15)	37,8	21,4	16,5	1,7397007	10,64	9,1	11,400	1,106	2,221	3,413	0,200	0,240	0,280
C-1	TERRENO NATURAL + 8% PET	1,50	-	12,27	0,0	26,0	74,0	CL	A-6 (15)	37,8	21,4	16,5	1,7182657	10,94	8,0	11,000	0,495	1,011	2,444	0,260	0,300	0,340

Proceso de prueba de hipótesis general

H_0 : El Plástico reciclado PET no estabiliza de manera significativa la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

H_1 : El Plástico reciclado PET estabiliza de manera significativa la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Decisión:

Analizando la tabla 11, los resultados reflejan que el Plástico reciclado PET estabiliza la subrasante del suelo, puesto que el ensayo de CBR hecho a las muestras de suelo natural con PET muestran una clara mejora respecto a la muestra natural sin PET, por lo que se rechaza la primera hipótesis específica nula; es decir, el plástico reciclado PET estabiliza de manera significativa la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Proceso de prueba de hipótesis específica 1:

H_0 : El plástico reciclado PET no mejora la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

H₁: El plástico reciclado PET mejora la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Decisión:

Analizando la tabla 11, no existe mejora de la granulometría del suelo modificado con PET, puesto que la resulta de los ensayos hechas a las muestras de suelo con PET y sin PET son los mismos ; por lo que se rechaza la segunda hipótesis específica prima; es decir, el plástico reciclado PET no mejora la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Proceso de prueba de hipótesis específica 2:

H₀: El plástico reciclado PET no mejora los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

H₁: El plástico reciclado PET mejora los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Decisión:

Analizando la tabla 11, no existe mejora de los límites de atterberg con la aplicación del PET, puesto que las resultas de los ensayos hechas a las muestras de suelo con PET y sin PET son los mismos ; por lo que se rechaza la segunda hipótesis específica prima; es decir, el plástico reciclado PET no mejora los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Proceso de prueba de hipótesis específica 3:

H₀: El plástico reciclado PET no mejora el CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

H₁: El plástico reciclado PET mejora el CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Decisión:

Analizando la tabla 11, existe mejora en los resultados de CBR del suelo con PET con relación al suelo natural, puesto que los ensayos mostrados en la tabla lo demuestran; por lo que se rechaza la primera hipótesis específica nula; es decir, el plástico reciclado PET mejora la CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

5.2. Discusión.

El objeto de la investigación fue, determinar en qué medida el plástico reciclado PET molido estabilizará la subrasante de la prolongación del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Según los resultados de la investigación confirman que la incorporación de plástico reciclado PET estabiliza de manera significativa la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022. De la misma manera Abukhattala M. y Fall M. (2021) propusieron que el cambio parcial del material de la sub-rasante del suelo por desechos plásticos podría tener un efecto útil en las aplicaciones de subrasante de vías. Estudios similares como el Peddaiah S., Burman A., y Sreedeeep S. (2018) observaron que el mejoramiento en los atributos de ingeniería de la arena limosa se obtiene con un contenido de plástico del 0,4% con un tamaño de tira de (15 mm × 15 mm).

Con relación hipótesis específica primera los resultados reflejan que no existe mejora de la granulometría del suelo modificado con PET, es decir, el plástico reciclado PET no mejora la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022, resultados similares obtuvo Márquez K. (2019) demostrando la presencia de suelos arcillosos en la muestra M-1, agregando 6% de plástico PET a la muestra M-2, mejorando solo su capacidad de carga (CBR) sin cambiar otras propiedades o

características. Esto produjo resultados comparables en términos de granulometría, contenido de humedad, límites y compactación del suelo.

Con relación a la segunda hipótesis específica no existe mejora de los límites de atterberg con la aplicación del PET, es decir, el plástico reciclado PET no mejora los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

Con relación a la tercera hipótesis específica existe mejora en los resultados de CBR del suelo con PET con relación al suelo natural, es decir, el plástico reciclado PET mejora la CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022, en la misma línea Márquez K. (2019) presencio en general un CBR superior a 6% posterior a la agregación de un 6% de plástico PET. Resultados similares obtuvo Zenteno S. (2018), al adicionar de 2% de PET al suelo en estudio mejora su capacidad para soportar un esfuerzo de corte (CBR), haciéndolo apto para su uso en las capas Sub rasante y Sub base de pavimento flexible, todo de acuerdo con las normas peruanas (EG 2013). Así mismo Sahoo K., Gupta M., Sahu R., Mudgal K. y Shankar Y. (2019) demostraron que los resultados de la prueba CBR indican que el agregado fino plástico (PFA) demostró aumentar los porcentajes de CBR del hormigón en la construcción hasta un 20% de reemplazo. De igual manera, Fustamante N. (2021) en un estudio en Chota-Perú, concluyo que la proporción apropiada de PET que aumenta la capacidad de soporte del suelo en la sub-rasante de la vía urbana Camino Real es de 15% de PET molido a un TMN de 2.00 mm

5.3 Conclusiones

- El Plástico reciclado PET estabiliza de manera significativa la subrasante del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

- El plástico reciclado PET no mejora la granulometría del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.
- El plástico reciclado PET no mejora los límites de consistencia del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.
- El plástico reciclado PET mejora la CBR del Jr. Arequipa de la ciudad de Puerto Maldonado – 2022.

5.4 Recomendaciones

- Mejorar los estudios mediante el uso de materiales reciclables adicionales que sumen resistencia necesaria para mejorar la eficacia de una superficie de suelo ya sea en las características físicas como mecánicas.
- Realizar investigaciones futuras en esta misma área de estudio aumentando más parámetros para valorar los atributos y la modificación de esos atributos antes de realizar adiciones que mejoren el estudio original.
- En próximas investigaciones sobre la mejora de superficies arcillosas con la adición de PET, se evaluarán todas sus propiedades con varias cantidades del mismo material a utilizar, con el fin de determinar la cantidad óptima.
- Se recomienda que se muestre interés en estudios que tengan como objetivo mejorar los estándares de los procedimientos de construcción y disminuir sus efectos perjudiciales sobre el medio ambiente.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Abukhettala M. y Fall M. (2021). *Caracterización geotécnica de residuos plásticos en aplicaciones de subrasante de pavimentos*. [Internet] Geotecnia del Transporte, 27, 100472. Canadá. [citado: 2021, julio 16]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100472>
- Dasgupta R., Khan S., Devekar S., Hodekar A., y Patel N. (2019). *Estabilización de suelos de subrasante mediante el uso de residuos de hormigón demolido y polímeros plásticos reciclados*. <http://ir.aiktclibrary.org:8080/xmlui/handle/123456789/3257>
- Fustamante N. (2021). *Evaluación de la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la sub rasante de la Calle Camino Real, progresiva Km 0+ 000-Km 0+ 750, Chota*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil] Cajamarca: Universidad Nacional Autónoma de Chota [citado: 2021, agosto 20]. Disponible en: <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/UNACH/182>
- Iravanian A., Ahmed I. *Solución geoambiental de gestión de residuos sólidos plásticos mediante proceso de estabilización*. Environ Earth Sci 80, 118 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09429-5>
- Márquez K. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón–Piura 2019*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil] Piura: Universidad Nacional de Piura [citado: 2020, agosto 20]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2241>

- MINAM M. d. (2018). *¿Qué es Polietileno-Tereftalato?* México: Gobierno del Estado de México. Obtenido de http://sma.edomex.gob.mx/que_es_polietilenotereftalato
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Dirección general de Caminos y Ferrocarriles. 2013b. *Manual de pavimentos: suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: s.n., 2013b.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2008b. *Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima: s.n., 2008b.
- Mishra B. y Gupta M. (2018). *Uso de fibra de tereftalato de polietileno (PET) orientada aleatoriamente en combinación con cenizas volantes en subrasante de pavimento flexible*. *Materiales de construcción y construcción*, 190, 95-107. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.074>
- Mohammed M., Mohammed A., & Elgady I. (2018) *Evaluación del efecto de los residuos de botellas de plástico (PET) sobre la estabilización de arcilla*. [Internet] *Revista Internacional de Ciencias de Ingeniería y Tecnología de Investigación*, Sudan. DOI: 10.5281/zenodo.1336700
- MTC M. d. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. MTC. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- Peddaiah S., Burman A., y Sreedeeep S. (2018). *Estudio experimental sobre el efecto de los residuos de tiras de botellas de plástico en la mejora del suelo*. [Internet] *Ingeniería geotécnica y geológica*, 36 (5), 2907-2920. India. [citado: 2020, julio 16]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10706-018-0512-0>
- Pérez E. 2014. *Tipos de estabilización*. 2014.

- Quispe J., & Herrera P. (2021). *Evaluación comparativa de un suelo estabilizado con tereftalato de polietileno, respecto a uno estabilizado según la norma del MTC para la estabilización de la subrasante en la carretera Maras-Moray, provincia de Urubamba*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil] Cusco: Universidad Andina del Cusco [Citado: 2021, agosto 20]. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/4183>
- 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*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil] Lima: Universidad Cesar Vallejo [Citado: 2021, agosto 20]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3246465>
- Sahoo K., Gupta M., Sahu R., Mudgal K., y Shankar Y. (2019). *Investigación experimental para las aplicaciones factibles de residuos plásticos reciclables procesados en el sector de la construcción*. [Internet] En Avances en la Gestión de Residuos (pp. 155-169). Springer, Singapur. [citado: 2020, julio 16]. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-0215-2_11
- Shah A., y Modha H. (2020). *Mejoramiento de la subrasante del suelo con refuerzo de desechos plásticos: un estudio experimental*. En Avances en materiales de construcción sostenibles e ingeniería geotécnica (págs. 153-161). Springer, Singapur. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-7480-7_13
- 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*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil] Puno:



EN LA UAP
**TÚ ERES PARTE
DEL CAMBIO**

Universidad Nacional del Altiplano [Citado: 2020, agosto 20]. Disponible en:

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

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BOMBAJE PARA ACUÍFEROS Y DIMENSIONES PROFUNDAS - RENDIDO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO - JR. CUSCO 181 - TAMBOPATA - CUSCO URB. BELLA VISTA A-9 - CUSCO - 08027807 - 080-874744 - 080-1-200011981

MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 200 (ASTM C117)

Datos del proyecto

Proyecto :	<u>INFLUENCIA DEL PLÁSTICO REICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. AREQUIPA PUERTO MALDONADO - 2022.</u>
Lugar :	<u>MADRE DE DIOS</u>
Dist/Prov. :	<u>TAMBOPATA - TAMBOPATA</u>
Solicitante :	<u>BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES</u>
Hecho por :	<u>ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ</u>
Fecha :	<u>-</u>

Datos de la Muestra

Datos del Equipo Calibrado

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		Equipo :	
Calicata :	<u>C-1</u>	<u>TAMIZ GRANULOMETRICO</u>	
Profundid. :	<u>1.50 m.</u>	Fabricado :	
condicion :	<u>Alterada</u>	<u>SEGÚN NORMA ASTM E-11</u>	

Datos y resultados de ensayo

<u>DATOS</u>			
A	Peso de la muestra seca	1019.1	g
B	Peso de la muestra seca despues de lavado	264.9	g
<div style="border: 1px solid black; width: 30%; margin: auto; padding: 5px; display: inline-block;"> % QUE PASA LA Nº 200 (0.074 mm) 74.0% </div>			

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
 "CONFIANZA EN LA CALIDAD"

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUÍFEROS Y OBTENCIONES PROFUNDAS - ENSAYOS DE PILOTES - PROFESION GEOTECNIA
DIRECCIÓN: MAURICIO J. C. CUSCO 128 - TAMBOPATA - CUSCO URB. BELLA VISTA S/N - CUSCO - PERÚ TEL: 052 271997 - 052 2714078 FAX: 052 271997 191

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318, NTP 339.129)

Datos del proyecto

Proyecto : INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECIKLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. AREQUIPA PUERTO MAULONADO - 2022.
Lugar : MADE DE DIOS.
Dist/Prov. : TAMBOPATA - TAMBOPATA.
Solicitante : BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES.
Hecho por : ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
Fecha : _____

Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Calicata : C-1
Profundidad : 1.50 m.
condición : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : CAZUELA DE CASAGRANDE.
Certificado de Calibración N° : LL-510-2022 del 03/07/2022.

Datos y resultados de ensayo

LIMITE PLÁSTICO - ASTM D 4318

LP (%) = 21.4

Muestra	1	2
Numero de capsula	23	15
Peso de la Capsula (g)	11.41	11.39
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	21.2	21.2
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	19.55	21.03
Peso del Suelo Seco (g)	8.14	9.64
Contenido de Humedad (w)	20.2	22.5

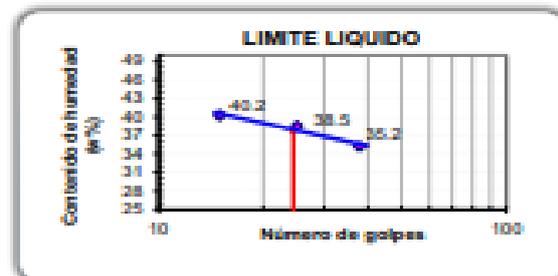
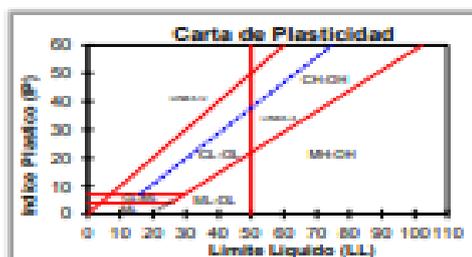
IP (%)

LIMITE LIQUIDO - ASTM D 4318

LL (%) = 37.8

18.8

Muestra	A	B	C
Numero de capsula	197	230	134
Peso de la Capsula (g)	37.6	37.6	38.9
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	61.5	62.3	61.3
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	54.8	55.4	54.9
Numero de golpes	38	25	15
Peso del Suelo Seco (g)	19.2	17.8	18.0
Contenido de Humedad (w)	35.2	38.5	40.2



GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
"DAMIÁN" ALVARO CARRASCO
CALLE DE BELLA VISTA S/N
CUSCO - PERÚ

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA V CUSCO URD. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737667 ☎ 982-974754 RUC : 2048931961

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 339.142)

Datos del proyecto

Proyecto	INFLUENCIA DEL PLÁSTICO REICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. AREQUIPA PUERTO MALDONADO - 2022.		
Lugar	MADRE DE DIOS	Dist/Prov.	TAMBOPATA - TAMBOPATA
Solicitante	BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES	Hecho por	ING. DEMI JOSUE CABAZAS MUÑOZ

Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	Fecha	:
Calicata	C-1	
Profundidad	1.50 m.	
Condición	Alterada	

Datos del Equipo Calibrado

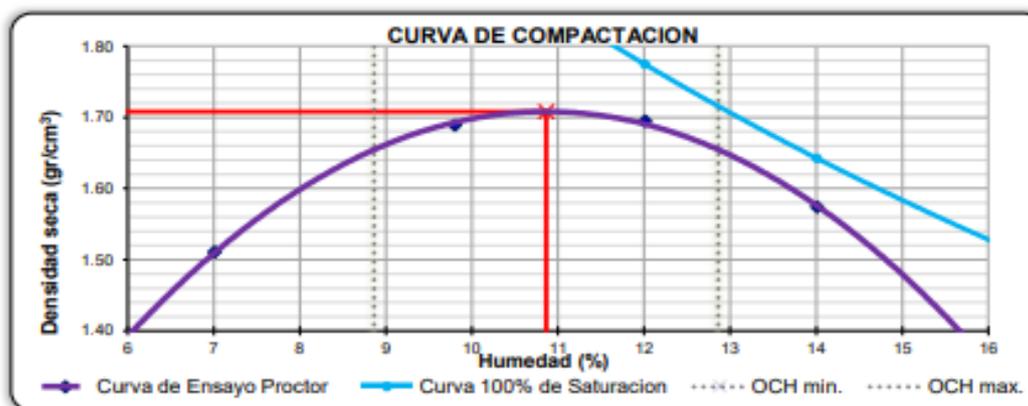
Equipo	PISÓN MANUAL DE PROCTOR MOD.
Certificado de Calibración N°	LL-S14-2022 del 07-02-2022

Datos y resultados de ensayo

Compaction	Codigo de molde : P1		Metodo : A molde de 4"	
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	5965	6188	6230	6132
Peso del molde (g)	4444	4444	4444	4444
Peso del suelo humedo compactado (g)	1521	1744	1786	1688
Volumen del molde (cm ³)	940.45	940.5	940.5	940.5
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.617	1.854	1.899	1.795
Humedad				
N° de tara	188	284	166	256
Tara + Suelo Humedo (g)	500.20	500.20	512.20	511.20
Tara + Suelo Seco (g)	469.89	458.92	461.32	453.00
Peso de la tara	37.58	37.65	37.65	37.59
Peso del agua	30.31	41.28	50.88	58.20
Peso de suelo seco (g)	432.31	421.27	423.67	415.41
Humedad (%)	7.01	9.80	12.01	14.01
Densidad Seca (g/cm ³)	1.511	1.689	1.695	1.574

Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.708

Optimo Contenido de Humedad (%): 10.86



* De la granulometria el %Ret. Acumula. 3/4"= 0% NO requiere correccion por sobre tamaño según ASTM D-4718

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
 LABORATORIO DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
 CONSULTORIA ESPECIALIZADA
 CUSCO - TAMBOPATA
 AREA DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BOMBAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINGADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737867 📠 082-574754 RUC : 2648631961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECIKLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. AREQUIPA PUERTO MALDONADO - 2022.
Lugar : MADRE DE DIOS
Dist/Prov. : TAMBOPATA - TAMBOPATA
Solicitante : BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES
Hecho por : ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
Fecha : -

Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Calicata : C-1
Profundidad : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo :
PRENSA CBR
Certificado de Calibración N° :
IQP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

C.B.R.			
N° DE MOLDE	N° DE CAPAS : 5		
	A	B	C
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2175	2179	2172
Peso del Molde + Suelo Humedo (g)	11495	11088	10940
Peso del Molde (g)	7358	7135	7259
Peso del Suelo Humedo (g)	4137	3953	3681
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Humedo (g)	300.3	298.5	321.2
Pesp Tarro + Suelo Seco (g)	276.0	274.6	294.7
Peso del Agua (g)	24.3	23.9	26.5
Peso de Tarro (g)	52.2	53.2	51.2
Peso del Suelo Seco (g)	223.8	221.4	243.5
Contenido de Humedad (g)	10.86	10.80	10.90
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.902	1.814	1.695
Densidad Seca (g/cm ³)	1.716	1.638	1.528

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		A		B		C	
PENETR. (pu/g)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)
0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.63	30.0	30.0	18.0	18.0	21.0	21.0
0.05	1.27	60.0	60.0	58.0	58.0	40.0	40.0
0.075	1.9	98.0	98.0	89.0	89.0	65.0	65.0
0.1	2.54	124.0	124.0	120.0	120.0	89.0	89.0
0.125	3.81	201.0	201.0	154.0	154.0	118.0	118.0
0.2	5.08	260.0	260.0	221.0	221.0	140.0	140.0
0.3	7.62	250.0	250.0	270.0	270.0	198.0	198.0
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	A	B	C
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	11540	11160	11030
Peso del Plato + Molde (g)	7358	7135	7259
Peso del Suelo Humedo Embebido (g)	4182	4025	3771
Peso del Suelo Humedo Sin Embeber (g)	4137	3953	3681
Peso del Agua Absorbida (g)	45	72	90
Peso del Suelo Seco (g)	3732	3568	3319
Absorcion de Agua (%)	1.2	2.0	2.7

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTUR A DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTUR A
		0.000"	0.000"	0.000"	1
		0.002"	0.001"	0.002"	2
		0.002"	0.002"	0.008"	3
		0.008"	0.008"	0.010"	4
		0.015"	0.016"	0.017"	5
% EXPANSIÓN		0.30	0.32	0.34	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
AREA DE GEOTECNIA

Ensayos al suelo natural con 4% plástico PET

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORÍA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SOBRESAJE PARA ACUÍFEROS Y OBIENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO - JR. CAJON 103 - TAMBOPATÁ - CUMICO VRS. BRUNO FERNANDEZ S.R. - CUMICO - BERTTINIET - OMBAYTES - BUC - TAMBOPATÁ

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 339.142)

Datos del proyecto

Proyecto :	INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. AREQUIPA, PUERTO MALDONADO - 2022		
Lugar :	MADRE DE DIOS	Dist/Prov.	TAMBOPATÁ - TAMBOPATÁ
Solicitante :	BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES	Hecho por	ING. DIEGO JOSUE CARRERA MURILLO

Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	Fecha	-
Calicote :	C-1 + 4% PET	
Profundidad :	1.50 m.	
condicion :	Alterada	

Datos del Equipo Calibrado

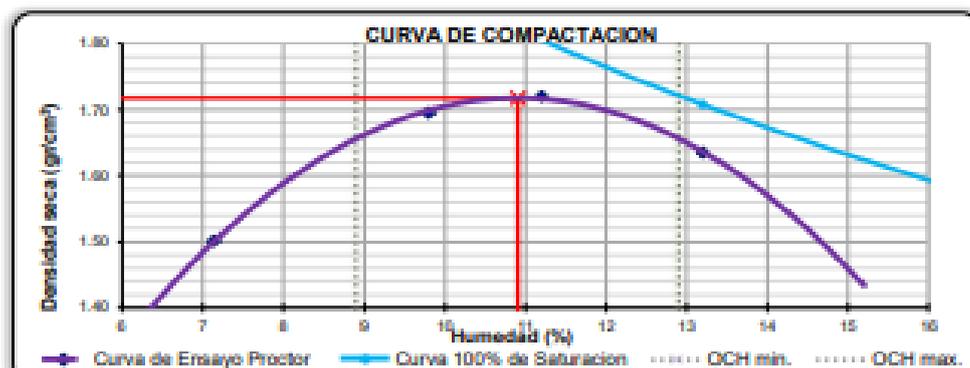
Equipo :	PRÓN MANUAL DE PROCTOR MOD.
Certificado de Calibración N° :	IL-514-2022 del 07-03-2022

Datos y resultados de ensayo

Compaction	Codigo de molde : P2		Metodo : A molde de 4"	
Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (g)	5900	6140	6180	6130
Peso del molde (g)	4376	4376	4376	4376
Peso del suelo humedo compactado (g)	1524	1764	1813	1754
Volumen del molde (cm ³)	947.87	947.9	947.9	947.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.608	1.861	1.913	1.850
Humedad				
N° de tara	165	235	217	97
Tara + Suelo Humedo (g)	511.20	512.20	531.20	521.20
Tara + Suelo Seco (g)	479.64	469.84	481.49	484.75
Peso de la tara	37.64	37.61	37.63	37.11
Peso del agua	31.56	42.36	49.71	56.45
Peso de suelo seco (g)	442.00	432.23	443.86	427.64
Humedad (%)	7.14	9.80	11.20	13.20
Densidad Seca (g/cm ³)	1.501	1.695	1.720	1.635

Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.717

Óptimo Contenido de Humedad (%): 10.90



* De la granulometría el %Ret. Acum. 3/4"= 0 % NO requiere corrección por sobre tamaño según ASTM D-4716

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
 "INGENIERIA Y CONSULTORIA ESPECIALIZADA"
 AV. LOS ANDES 1000
 PUERTO MALDONADO

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BONDALJE PARA ANCLAJES Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - RINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO - JR. CURCO 184 - TAMBOPATA - CHUBUT - UBA. MZA RERDONA A-9 - CURCO - 982737967 - 982-574754 - BAFI : 2048801991

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del Proyecto

Proyecto : INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECIPIADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBSTRANTE DEL IS. ASOCUAPA CURTO MALDONADO - 2022.
Lugar : MADRE DE DIOS
Dist/Prov. : TAMBOPATA - TAMBOPATA
Solicitante : BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES
Hecho por : ING. DOMINIQUE CARABAS MURDO
Fecha : -

Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE
Colocato : C-1 + 4% PET
Profundidad : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRINCE CBR
Certificado de Calibración N° : UPP-108-2022 del 07/03/2022

Datos y resultados de ensayo

C.B.R.L.			
	N° DE CAPAS : 5		
N° DE MOLDE	G	H	I
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2305	2122	2026
Peso del Molde + Suelo Humedo (g)	11599	12088	10915
Peso del Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Humedo (g)	4051	3892	3456
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Humedo (g)	212.2	200.4	205.5
Pesp Tarro + Suelo Seco (g)	286.7	276.2	262.9
Peso del Agua (g)	25.5	24.2	22.6
Peso de Tarro (g)	53.2	54.2	55.2
Peso del Suelo Seco (g)	223.5	222.0	207.7
Contenido de Humedad (g)	10.90	10.89	10.90
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.924	1.834	1.706
Densidad Seca (g/cm ³)	1.715	1.654	1.538

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		G		H		I	
PENETR. (µm/g)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)
0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.63	38.0	38.0	40.0	40.0	30.0	30.0
0.05	1.27	76.0	76.0	78.0	78.0	68.0	68.0
0.075	1.9	110.0	110.0	110.0	110.0	70.0	70.0
0.1	2.54	170.0	170.0	130.0	110.0	85.0	85.0
0.125	3.18	200.0	200.0	187.0	187.0	114.0	114.0
0.2	5.08	286.0	286.0	230.0	230.0	170.0	170.0
0.3	7.62	370.0	370.0	330.0	330.0	214.0	214.0
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	G	H	I
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	11625	12144	11011
Peso del Plato + Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Humedo Embebido (g)	4087	3948	3552
Peso del Suelo Humedo Sin Embeber (g)	4051	3892	3456
Peso del Agua Absorbida (g)	36	56	96
Peso del Suelo Seco (g)	3653	3510	3116
Absorción de Agua (%)	1.0	1.6	3.1

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTUR A DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTOR A
		0.00"	0.00"	0.000"	1
		0.00"	0.00"	0.002"	2
		0.00"	0.00"	0.006"	3
		0.00"	0.01"	0.010"	4
		0.01"	0.01"	0.018"	5
% EXPANSIÓN		0.20	0.20	0.36	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

"LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS"
CURCO - CHUBUT - UBA
982737967 - 982-574754

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACIÓN Y SONDAJE PARA ACUÍFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCIÓN GEOFÍSICA
PUNTO MALDONADO JR. CUSCO 108 - TAMBOPATA CMCO URB. MIZA REDONDALES - CUSCO 98237082 982374784 BMC : 244931861

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (STM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del Proyecto

Proyecto : INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. ARQUIPA BUERTO MALDONADO - 2023.
Lugar : MADE DE DIOS
Dist/Prov. : TAMBOPATA - TAMBOPATA
Solicitante : BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES
Hecho por : ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
Fecha : -

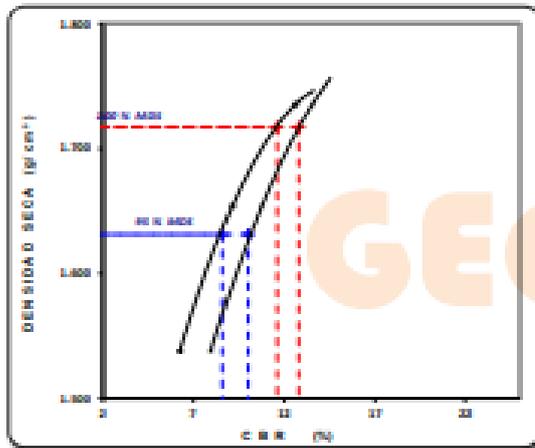
Datos de la Aliviadora

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE
Calicote : C-1 + 4% PET
Profundida. : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRINCEX CBR
Certificado de Calibración N° : LFP-108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo



DATO DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

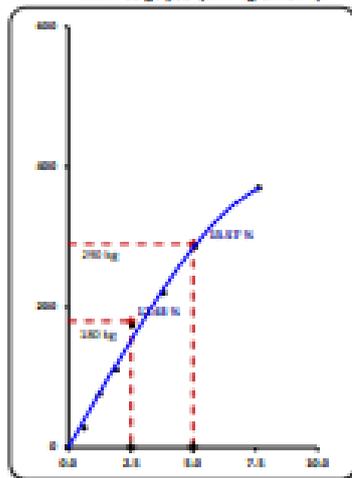
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.90
Máxima Densidad Seca g/cm³ : 1.717

CALIFORNIA BEARING RATIO

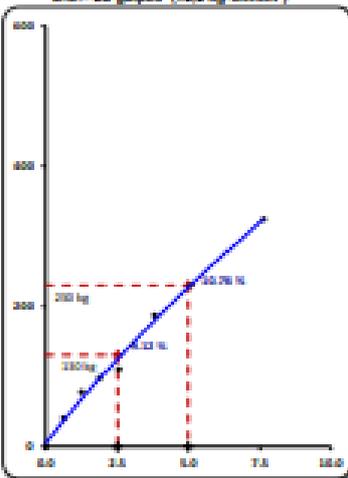
CBR A 2.5 mm (0.1") de Penetración
CBR A 100% de la Máxima Densidad Seca : 11.6
CBR A 95% de la Máxima Densidad Seca : 8.6

CBR A 5 mm (0.2") de Penetración
CBR A 100% de la Máxima Densidad Seca : 12.8
CBR A 95% de la Máxima Densidad Seca : 10.0

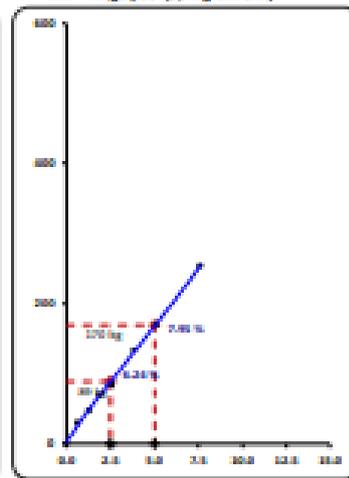
E.C. = 66 golpes (27.7 kg-cm/cm²)



E.C. = 25 golpes (11.1 kg-cm/cm²)



E.C. = 12 golpes (5.1 kg-cm/cm²)



— Penetración — Corrección de curva - - - CBRy 0.1" - - - CBRy 0.2"

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
CALLE 108 N° 108
TAMBOPATA - PERÚ

Ensayos al suelo natural con 6% plástico PET

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES - ESPACIOS DESTINADOS (PAISAJE Y BANCOS) - CENTRO DE CALIDAD DE BARRAS CORRAS
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BOMBEO PARA ACEPISEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - MERCADO DE PLUSTES - PROSPECCION GEOFISICA
Y PUERTO BALNEARIO (R. SURCO 18) - TAMBOPATA - SERVICIO DE MESA REDONDA A-B - CUSCO - BREVETADO - 888-874154 - WWW.GEOINPERU.COM

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 399.142)

Datos del proyecto

Proyecto :	INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECIKLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. ARDOLUPA PUERTO MALDONADO- 2023.		
Lugar :	MADRE DE DIOS	Dist/Prov.	TAMBOPATA - TAMBOPATA
Solicitante :	RASH PATRICIO FERNANDEZ MONTE	Hecho por	ING. DANIELA CARRASQUINI

Datos de la Muestra

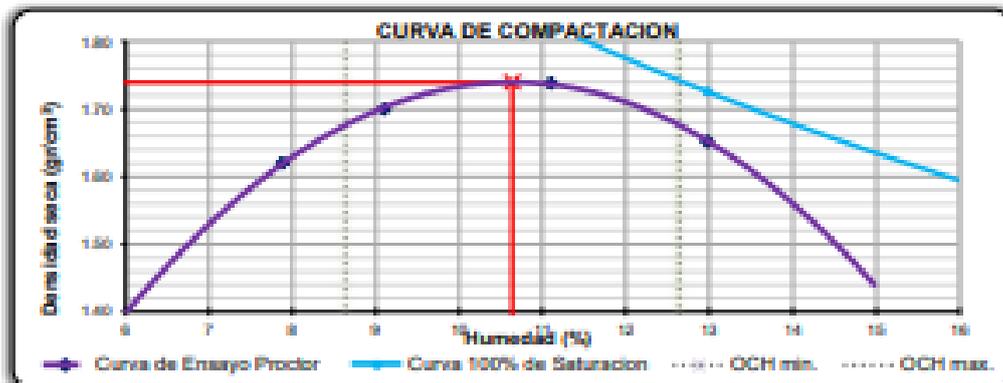
MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	Fecha :	Datos del equipo Calibrado
Colorete :	0-1 + 6% PET	Equipo :
Profundidad :	1.50 m.	Modelo MANUAL DE PROCTOR MOD.
condicion :	Abrada	Certificado de Calibración N° :
		11-518-2023 del 07-02-2023

Datos y resultados de ensayo

Compaction	Codigo de molde : P1	Metodo : Anillo de 4"			
Prueba N°	1	2	3	4	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes	25	25	25	25	
Peso suelo + molde (g)	6088	6188	6260	6199	
Peso del molde (g)	4444	4444	4444	4444	
Peso del suelo humedo compactado (g)	1644	1744	1816	1755	
Volumen del molde (cm ³)	940.45	940.5	940.5	940.5	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.748	1.854	1.931	1.866	
Humedad					
N° de tara	417	340	298	186	
Tara + Suelo Humedo (g)	488.50	502.20	511.40	489.80	
Tara + Suelo Seco (g)	464.84	463.43	464.06	446.33	
Peso de la tara	37.62	37.60	37.59	37.65	
Peso del agua	33.66	38.75	47.34	33.07	
Peso de suelo seco (g)	427.22	425.83	426.47	408.68	
Humedad (%)	7.88	9.10	11.10	12.98	
Densidad Seca (g/cm ³)	1.620	1.700	1.738	1.652	

Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.740

Óptimo Contenido de Humedad (%): 10.64



De la granulometría el 38at. Arcilla: 3.47% 0.5% NO requiere corrección por sobre tamaño según ASTM D-4753

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
 "CON LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS
 SE GARANTIZA LA CALIDAD DE LOS
 RESULTADOS"
 AV. DE LA UNIÓN 1011 - TAMBOPATA

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORÍA ESPECIALIZADA - PERFORACIÓN Y BOMBAJE PARA ACUERDOS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - RINCADO DE PILES - PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 108 - TAMBOPATA V. CUSCO URU. WIZA REGIONAL-S - CUSCO C. 00207007 T. 082-974784 RUC: 10400001

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Detalles del Proyecto

Proyecto : INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECUBRIDO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBGRANITO POR EL ANCLAJE PUERTO MALDONADO - 2022.
Lugar : MACHO DE PATA.
Dist./Prov. : TAMBOPATA - TAMBOPATA.
Sol./Ingen. : BACH. PATRICIO FERNÁNDEZ MONTES.
Hecho por : ING. DEMETRIO CAROLINA MURILLO.
Fecha : -

Detalles de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE
Calentura : C-1 + 6% PET
Profundidad : 1.50 m.
condición : Aliviada

Detalles del Equipo Calibrado

Equipo : PRINSA CBR
Certificado de Calibración N° : 109-109-2022 del 07/03/2022

Detalles y resultados de ensayo

C.B.R.			
N° DE MOLDE	N° DE CAPAS : 5		
	A	B	C
N° DE GOLPES	50	25	12
Volumen de molde (cm ³)	2175	2175	2175
Peso del molde + Suelo Humedo (g)	11560	11120	10885
Peso del molde (g)	7368	7125	7259
Peso del Suelo Humedo (g)	4202	3995	3726
N° Tamo	-	-	-
Peso Tamo + Suelo Humedo (g)	289.2	286.6	300.2
Peso Tamo + Suelo Seco (g)	266.0	274.8	276.0
Peso del Agua (g)	23.2	11.8	24.2
Peso de Tamo (g)	89.5	51.2	50.0
Peso del Suelo Seco (g)	217.5	233.6	226.8
Contenido de Humedad (g)	10.66	5.04	10.68
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.632	1.629	1.736
Densidad Seca (g/cm ³)	1.786	1.653	1.551

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		A		B		C	
PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL
0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.005	0.03	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
0.01	1.27	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
0.02	1.8	120.0	120.0	90.0	90.0	70.0	70.0
0.1	2.58	170.0	170.0	140.0	140.0	90.0	90.0
0.125	3.81	240.0	240.0	170.0	170.0	120.0	120.0
0.2	5.08	300.0	300.0	200.0	200.0	140.0	140.0
0.3	7.62	360.0	360.0	240.0	240.0	200.0	200.0
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	A	B	C
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	11600	11180	11180
Peso del Plato + Molde (g)	7368	7125	7259
Peso del Suelo Humedo Embetido (g)	4232	4055	3921
Peso del Suelo Humedo Sin Embetar (g)	4202	3995	3726
Peso del Agua Absorbida (g)	42	60	115
Peso del Suelo Seco (g)	3787	3600	3370
Absorción de Agua (%)	1.1	2.2	3.4

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTUR A DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTUR A
		0.000"	0.000"	0.000"	1
		0.000"	0.001"	0.001"	2
		0.001"	0.004"	0.004"	3
		0.002"	0.007"	0.007"	4
		0.003"	0.011"	0.011"	5
% EXPANSIÓN		0.28	0.28	0.28	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
"CONFORME A LA LEY N° 27120 DEL 2000"
MACHO DE PATA, TAMBOPATA, PERÚ
www.geoin.com

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
 CONSULTORÍA ESPECIALIZADA - PERFORACIÓN Y SONDAJE PARA ASERRIOS Y ORIENTACIONES PROFUNDAS - ENSAYO DE PILOTOS - PROYECCIÓN GEOTÉCNICA
 V. BALDORNADO JR. CUSCO 1138 - TAMBORITA. CORREO: URB. MEDA RESPONDA A.B. - CUSCO. TEL: 051 943 9081. FAX: 051 943 91454. WWW: 1040001001

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (STM D1553-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL R. ARQUIPA PUERTO
BALDORNADO - 2022
 Lugar : MADRE DE DIOS
 Dist/Prov. : TAMBORITA - TAMBORITA
 Solicitante : BACH. PATRICIO FERNÁNDEZ MONTES
 Hecho por : ING. DEMI JOSUE CABEZAS MUÑOZ
 Fecha : -

Datos de la Muestra

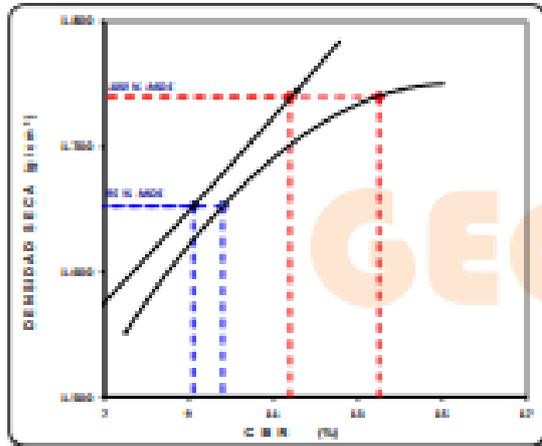
MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Coliceto : C-1 + 0% PET
 Profundida : 1.50 m.
 Condición : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR
 Certificado de Calibración N° : ICP-108-2022 del 03/09/2022

Datos y resultados de ensayo



DATO DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

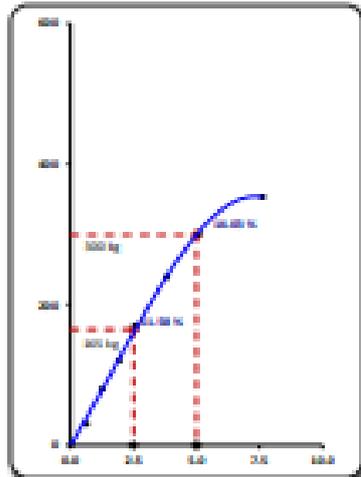
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 50.68
 Máxima Densidad Seca g/cm^3 : 1.740

CALIFORNIA BEARING RATIO

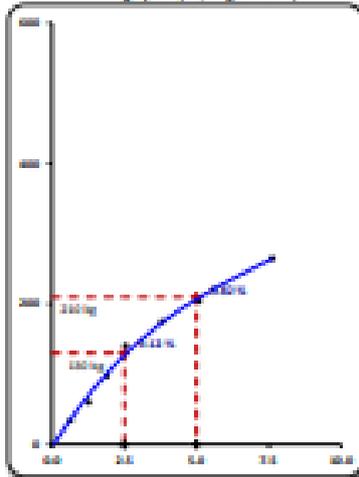
CBR A 2.5 mm (0.1") de Penetración
 CBR Al 100% de la Máxima Densidad Seca : 11.4
 CBR Al 95% de la Máxima Densidad Seca : 9.1

CBR A 5 mm (0.2") de Penetración
 CBR Al 100% de la Máxima Densidad Seca : 13.5
 CBR Al 95% de la Máxima Densidad Seca : 9.8

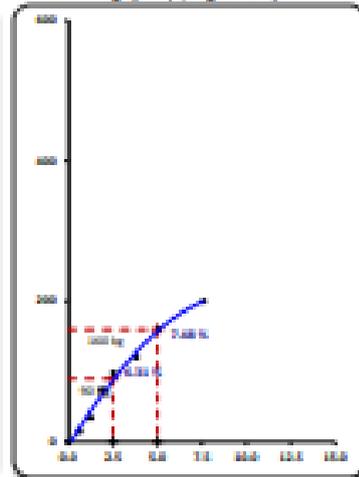
E.C. = 88 golpes (21.7 kg-cm/cm²)



E.C. = 28 golpes (7.12 kg-cm/cm²)



E.C. = 12 golpes (3.1 kg-cm/cm²)



— Penetración — Corrección de curva — CBR y 0.1" — CBR y 0.2"

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
 "CONSEJO REGULADOR DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS"
 CUSCO - PERÚ
 www.geotecniaeingenieros.com

Ensayos al suelo natural con 8% plástico PET

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y BORDAJE PARA ACUFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO - JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA - VAMOS URO. MEZA REDONDA A.9 - CUSCO - 982737957 - 982-074754 - BUC : 2648031951

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557-12, NTP 339.142)

Datos del proyecto

Proyecto	INFLUENCIA DEL PLÁSTICO REICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. AREQUIPA PUERTO MALDONADO - 2022.		
Lugar	MADRE DE DIOS	Dist/Prov.	TAMBOPATA - TAMBOPATA
Solicitante	BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES	Hecho por	ING. DEMI JOSUE CARAZAS MEÑEZ

Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	Fecha	-
Calicata	C-1 + 8% PET	
Profundidad	1.50 m.	
condicion	Alterada	

Datos del Equipo Calibrado

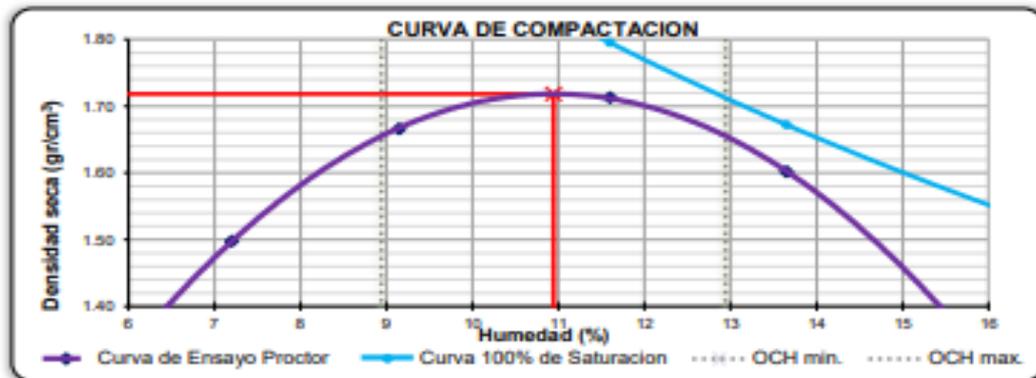
Equipo	PISÓN MANUAL DE PROCTOR MOD.
Certificado de Calibración N°	LL-514-2022 del 07-02-2022

Datos y resultados de ensayo

Compactación	Codigo de molde : P2				Método : A molde de 4"			
Prueba N°	1	2	3	4	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5				
Numero de golpes	25	25	25	25				
Peso suelo + molde (g)	5898	6100	6188	6102				
Peso del molde (g)	4376	4376	4376	4376				
Peso del suelo humedo compactado (g)	1522	1724	1812	1726				
Volumen del molde (cm ³)	947.87	947.9	947.9	947.9				
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.606	1.819	1.912	1.821				
Humedad								
N° de tara	163	233	134	270				
Tara + Suelo Humedo (g)	4885.00	500.20	412.20	432.20				
Tara + Suelo Seco (g)	4559.43	461.42	373.40	384.81				
Peso de la tara	37.60	37.60	38.91	37.62				
Peso del agua	325.57	38.78	38.80	47.39				
Peso de suelo seco (g)	4521.83	423.82	334.49	347.19				
Humedad (%)	7.20	9.15	11.60	13.65				
Densidad Seca (g/cm ³)	1.498	1.666	1.713	1.602				

Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.718

Optimo Contenido de Humedad (%): 10.94



* De la granulometría el %Ret. Acumla. 3/4"= 0% NO requiere correccion por sobre tamaño según ASTM D-4718

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
"INGENIERO DEMI JOSUE CARAZAS MEÑEZ"
INGENIERO EN GEOTECNIA
MATERIA DE INGENIERIA CIVIL

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO - JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA - CUSCO URB. MEZA REDONDA A-9 - CUSCO ☎ 982737867 ☎ 082-874754 📍 2849001961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto	INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL B. AREQUIPA PUERTO MALDONADO - 2022.
Lugar	MADRE DE DIOS.
Dist./Prov.	TAMBOPATA - TAMBOPATA.
Solicitante	BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES
Hecho por	ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
Fecha	-

Datos de la Muestra

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Calicata	C-1 + 8% PET
Profundidad	1.50 m.
condición	Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo	PRENSA CBR
Certificado de Calibración N°	LFP- 108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo

C.B.R.			
N° DE CAPAS : 5			
N° DE MOLDE	G	H	I
N° DE GOLPES	56	25	12
Volumen de Molde (cm ³)	2105	2122	2026
Peso del Molde + Suelo Humedo (g)	11580	12035	10910
Peso del Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Humedo (g)	4032	3839	3451
N° Tarro	-	-	-
Peso Tarro + Suelo Humedo (g)	298.6	288.6	302.2
Peso Tarro + Suelo Seco (g)	274.4	265.6	277.8
Peso del Agua (g)	24.2	23.0	24.4
Peso de Tarro (g)	53.2	54.2	55.2
Peso del Suelo Seco (g)	221.2	211.4	222.6
Contenido de Humedad (g)	10.94	10.89	10.96
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.915	1.809	1.703
Densidad Seca (g/cm ³)	1.727	1.631	1.535

PENETRACIÓN							
CAPACIDAD DE LA CELDA							
MOLDE		G		H		I	
PENETR. (pulg)	PENETR. (mm)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)	LECTURA DIAL	CARGA (kg)
0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.63	35.0	35.0	25.0	25.0	15.0	15.0
0.05	1.27	80.0	80.0	65.0	65.0	41.0	41.0
0.075	1.9	115.0	115.0	88.0	88.0	70.0	70.0
0.1	2.54	160.0	160.0	102.0	102.0	78.0	78.0
0.125	3.81	210.0	210.0	170.0	170.0	115.0	115.0
0.2	5.08	280.0	280.0	210.0	210.0	177.0	177.0
0.3	7.62	344.0	344.0	255.0	255.0	200.0	200.0
0.4	10.16						
0.500	12.700						

ABSORCIÓN			
N° MOLDE	G	H	I
Peso del Suelo Humedo + Plato + Molde (g)	11598	12070	10986
Peso del Plato + Molde (g)	7548	8196	7459
Peso del Suelo Humedo Embebido (g)	4050	3874	3527
Peso del Suelo Humedo Sin Embeber (g)	4032	3839	3451
Peso del Agua Absorbida (g)	18	35	76
Peso del Suelo Seco (g)	3634	3462	3110
Absorcion de Agua (%)	0.5	1.0	2.4

EXPANSIÓN (%)					
FECHA	HORA	LECTURA DIAL	LECTUR A DIAL	LECTURA DIAL	N° LECTUR A
		0.000"	0.000"	0.000"	1
		0.005"	0.002"	0.001"	2
		0.008"	0.008"	0.002"	3
		0.010"	0.010"	0.008"	4
		0.017"	0.015"	0.017"	5
% EXPANSIÓN		0.26	0.30	0.34	

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
INGENIERO EN GEOTECNIA
M.I. 108-2022

GEOIN GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES - ESTUDIOS GEOTECNICOS (SUELOS Y ROCAS) - CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES
CONSULTORIA ESPECIALIZADA - PERFORACION Y SONDAJE PARA ACUIFEROS Y CIMENTACIONES PROFUNDAS - HINCADO DE PILOTES - PROSPECCION GEOFISICA
PUERTO MALDONADO JR. CUSCO 138 - TAMBOPATA CUSCO URB. REZA REDONDA A-9 - CUSCO 88237087 882-574784 RUC : 2048831961

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (STM D1883-16, NTP 339.145)

Datos del proyecto

Proyecto : INFLUENCIA DEL PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE DEL JR. AREQUIPA PUERTO MALDONADO - 2022.
Lugar : MADRE DE DIOS
Dist/Prov. : TAMBOPATA - TAMBOPATA
Solicitante : BACH. PATRICIO FERNANDEZ MONTES
Hecho por : ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
Fecha : -

Datos de la Muestra

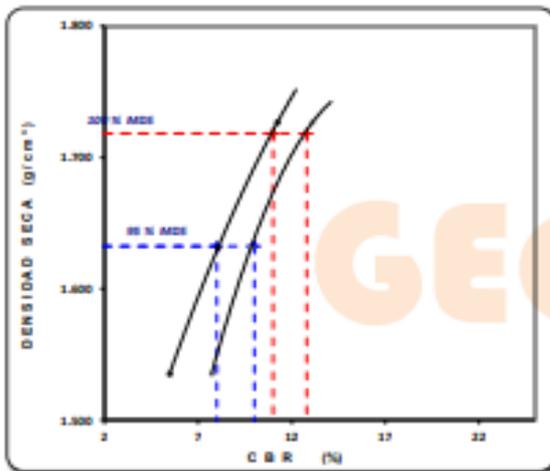
MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

Calicata : C-1 + 8% PET
Profundida : 1.50 m.
condicion : Alterada

Datos del Equipo Calibrado

Equipo : PRENSA CBR
Certificado de Calibración N° : LFP- 108-2022 del 07/02/2022

Datos y resultados de ensayo



DATO DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

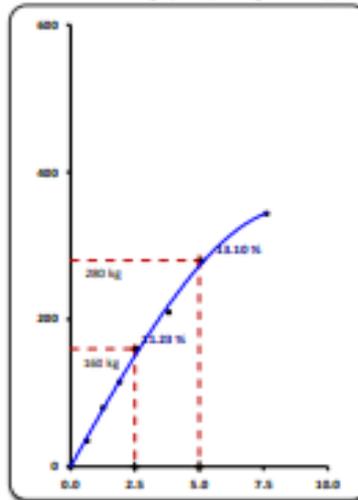
Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.94
Maxima Densidad Seca g/cm^3 : 1.718

CALIFORNIA BEARING RATIO

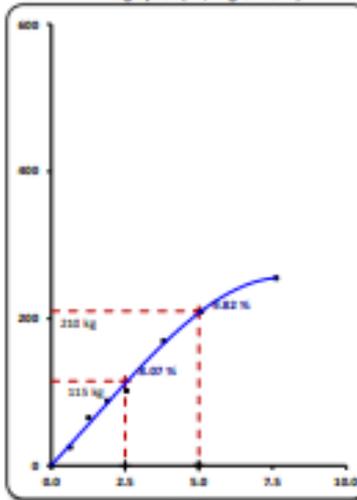
CBR A 2.5 mm (0.1") de Penetración
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca : 11.0
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca : 8.0

CBR A 5 mm (0.2") de Penetración
CBR Al 100% de la Maxima Densidad Seca : 12.8
CBR Al 95% de la Maxima Densidad Seca : 10.0

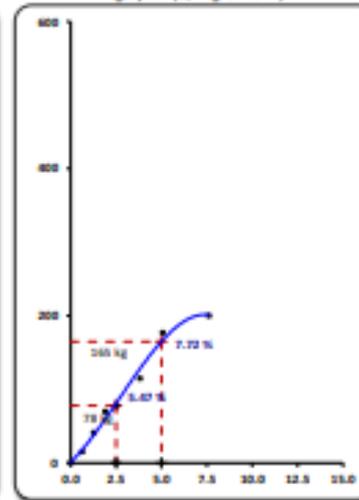
E.C. = 56 golpes (27.7 kg-cm/cm²)



E.C. = 25 golpes (12.2 kg-cm/cm²)



E.C. = 12 golpes (6.1 kg-cm/cm²)



— Penetración — Correccion de curva --- CBRy 0.1" --- CBRy 0.2"

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.
ING. DEMI JOSUE CARAZAS MUÑOZ
CALLE 4482 Y PUEBLO
AV. N. 27880 2012 C. PERU

ANEXO II: FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: Calicata C1



Fotografía 2: Calicata C1



Fotografía 3: Extracción de la muestra



Fotografía 4: Tamizado para el ensayo de granulometría



Fotografía 5: Cuchara de Casagrande (Limites de Atterberg C-1)



Fotografía 6: Ensayo Proctor modificado C-1



Fotografía 7: Ensayo de CBR C-1

