



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la subrasante de la  
carretera tramo Pucaloma - Maukallaqta, Ayacucho - 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Gutierrez Yupanqui, Luis Angel

<https://orcid.org/0000-0002-2899-7223>

**ASESOR:**

Dr. Ing. Vargas Chacaltana, Luis Alberto

<https://orcid.org/0000-0002-4136-7189>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

A Dios porque Él me permite alcanzar esta meta, a mi esposa por su apoyo total día a día, a mi hija Adriana Sofía quien es mi motivación para salir adelante, a mi madre y padre por enseñarme el camino de la vida, con su amor y ejemplo, a mi asesor por su guía y sus palabras de aliento para no desfallecer y quedarme en el camino.

### **Agradecimiento**

A la escuela profesional de Ingeniería civil, facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo.

Al Dr. Luis Alberto Vargas Chacaltana, por toda su sapiencia compartida con sus enseñanzas y experiencias para nuestra formación como profesionales.

Al laboratorio de geotecnia y concreto Ingeotecon por todas las facilidades que me brindaron para utilizar el laboratorio de suelos para realizar mis ensayos y elaborar el presente trabajo de investigación.

Al Ing. Víctor Portal Quicaña por el apoyo que me brindo en la realización de la presente tesis por su apoyo incondicional y su verdadero aliento para no decaer.

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de contenido .....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>III. METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	33
3.2. Variables y operacionalización: .....	34
3.3. Población, muestra y muestreo.....	34
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	35
3.5. Procedimientos.....	36
3.6. Método de análisis de datos.....	37
3.7. Aspectos éticos .....	37
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>77</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 1: Matriz de operacionalización de la variable .....</b>	
<b>ANEXO 2: Matriz de consistencia .....</b>	
<b>ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos .....</b>	
<b>ANEXO 4: Cuadro de dosificaciones .....</b>	
<b>ANEXO 5: Cálculo del índice medio diario anual.....</b>	

<b>ANEXO 6: Factura de los ensayos en laboratorio .....</b>
<b>ANEXO 7: Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.....</b>
<b>ANEXO 8: Ensayos de laboratorio.....</b>
<b>ANEXO 9: Panel fotográfico .....</b>
<b>ANEXO 10: Planos .....</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: Número de calicatas para exploración de suelos .....	18
Tabla 2: Clasificación de suelos de acuerdo a las proporciones de sus partículas.....	19
Tabla 3: Clasificación de suelos en función al Índice plástico.....	20
Tabla 4: Categorías que presentan las subrasantes .....	23
Tabla 5: Índice medio diario anual.....	42
Tabla 6: Ubicación y descripción técnica de las calicatas .....	46
Tabla 7: Porcentajes de suelo .....	50
Tabla 8: Ensayos de plasticidad de suelos .....	54
Tabla 9: Clasificación de suelos.....	56
Tabla 10: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante en estado natural. .....	65
Tabla 11: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 0.4% del tereftalato de polietileno reciclado .....	67
Tabla 12: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 0.8% del tereftalato de polietileno reciclado .....	68
Tabla 13: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado .....	69
Tabla 14: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 1.6% del tereftalato de polietileno reciclado .....	71
Tabla 15: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado .....	72
Tabla 16: Porcentajes del tereftalato de polietileno reciclado .....	74

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Proceso de selección del Tipo de Estabilización.....	26
Figura 2: Curva esfuerzo desviador y deformaciones .....	27
Figura 3: Vista satelital del área de estudio .....	34
Figura 4: Ubicación del Perú y del departamento de Ayacucho .....	40
Figura 5: Ubicación de la provincia de Huamanga .....	40
Figura 6: Localización geográfica del Proyecto .....	41
Figura 7: Vista del tráfico.....	43
Figura 8: Vista de la estación de conteo.....	44
Figura 9: Calicata in situ C-01 .....	45
Figura 10: Ubicación de las calicatas C-01 .....	46
Figura 11: Ensayos de la muestra C-01 en laboratorio.....	48
Figura 12: Registro de Muestra C-01 en zona de trabajo.....	49
Figura 13: Variación de los porcentajes de grava en función a la adición del tereftalato de polietileno reciclado.....	51
Figura 14: Variación de los porcentajes de arena en función a la adición del tereftalato de polietileno reciclado.....	52
Figura 15: Variación de los porcentajes de finos en función a la adición del tereftalato de polietileno reciclado.....	53
Figura 16: Vista del ensayo de granulometría .....	54
Figura 17: Vista del ensayo de límites de consistencia.....	55
Figura 18: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo .....	57
Figura 19: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 0.4% del tereftalato de polietileno.....	58
Figura 20: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 0.8% del tereftalato de polietileno.....	59
Figura 21: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 1.2% del tereftalato de polietileno.....	60
Figura 22: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 1.6% del tereftalato de polietileno.....	61
Figura 23: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 2.0% del tereftalato de polietileno.....	62
Figura 24: Variación de las máximas densidades secas en función a los porcentajes del tereftalato de polietileno reciclado .....	63
Figura 25: Vista del ensayo de proctor modificado.....	64
Figura 26: Gráfico del CBR de la muestra de suelo en estado natural.....	66
Figura 27: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 0.4% del tereftalato de polietileno reciclado .....	67
Figura 28: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 0.8% del tereftalato de polietileno reciclado .....	69
Figura 29: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado .....	70

Figura 30: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 1.6% del tereftalato de polietileno reciclado .....	71
Figura 31: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado .....	72
Figura 32: CBR en función de los porcentajes de tereftalato de polietileno reciclado .....	73
Figura 33: Vista del control de expansión de la muestra .....	75
Figura 34: Vista del equipo multiusos para ensayo CBR.....	75

## Resumen

La presente investigación “Influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la subrasante de la carretera tramo Pucaloma - Maukallaqta, Ayacucho - 2021”, tiene el objetivo general de evaluar cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de subrasantes en la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, se realizó ensayos de laboratorio a las muestras extraídas del terreno natural del tramo Pucaloma – Maukallaqta, con el fin de obtener los requisitos mínimos como una capa de subrasante de un pavimento según lo establecido por el Ministerio de transportes y comunicaciones.

La presente investigación está basada en el diseño experimental y consta de un diseño cuasiexperimental, porque está definido como el resultado de un pre test determinado en los ensayos de laboratorio de suelo para subrasante de la muestra de estudio, sin adicionar el tereftalato de polietileno reciclado y el post test son los porcentajes de polímero reciclado en distintas dosificaciones. El nivel de la investigación es explicativo con enfoque cuantitativo, ya que, los procesos se realizó directamente mediante los ensayos, la presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la adición del tereftalato de polietileno reciclado en porcentajes de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%, en la estabilidad del suelo para su uso como subrasante del tramo Pucaloma - Maukallaqta, 2021, para los ensayos realizados en el laboratorio se tuvo que emplear muestra de suelo sin estabilizar de la calicata C-01, de una población del tramo Pucaloma – Maukallaqta, para obtener datos de manera confiable y directa se empleó los siguientes instrumentos: granulometría (ASTM-D 422, MTC E 109-2016, NTP 339.132-2014), Límites de Atterberg (ASTM D 4318, MTC E 111), Proctor Modificado (ASTM D 1557, MTC E 115-2000) y CBR (ASTM D 1883, MTC E 132-2000).

Los resultados del ensayo proctor modificado fueron desfavorables para la máxima densidad seca que disminuyó de 1.867g/cm<sup>3</sup> a 1.834 g/cm<sup>3</sup> con la adición del 2.0% del tereftalato de polietileno. Para el ensayo CBR de laboratorio fueron favorables por que se obtuvo el CBR de 5.5% a 7.0% con la adición del 1.2% del tereftalato de polietileno, este resultado de CBR está considerado como una subrasante regular, por consiguiente, se concluye que el tereftalato de polietileno reciclado es un aditivo

estabilizador a un porcentaje óptimo y contribuye positivamente aumentando el valor de CBR.

### **PALABRAS CLAVES**

Subrasante, tereftalato de polietileno, carretera, reciclado, ensayo CBR.

## **Abstract**

The present investigation "Influence of recycled polyethylene terephthalate in the subgrade of the road section Pucaloma - Maukallaqta, Ayacucho - 2021", has the general objective of evaluating how recycled polyethylene terephthalate influences the stabilization of subgrade in the road section Pucaloma Maukallaqta Laboratory tests were carried out on the samples taken from the natural terrain of the Pucaloma - Maukallaqta section, in order to obtain the minimum requirements such as a subgrade layer of a pavement as established by the Ministry of Transportation and Communications.

The present investigation is based on the experimental design and consists of a quasi-experimental design, because it is defined as the result of a pre-test determined in the laboratory tests of soil for subgrade of the study sample, without adding recycled polyethylene terephthalate and the post test are the percentages of recycled polymer in different dosages. The level of the investigation is explanatory with a quantitative approach, since the processes will be carried out directly through the tests, the present investigation aims to determine the influence of the addition of recycled polyethylene terephthalate in percentages of 0.4%, 0.8%, 1.2 %, 1.6% and 2.0%, in the stability of the soil for its use as subgrade of the Pucaloma - Maukallaqta section, 2021, for the tests carried out in the laboratory, a sample of unstabilized soil from the C-01 pit had to be used of a population of the Pucaloma - Maukallaqta section, the following instruments were used to reliably and directly obtain data: granulometry (ASTM-D 422, MTC E 109-2016, NTP 339.132-2014), Atterberg Limits (ASTM D 4318, MTC E 111), Modified Proctor (ASTM D 1557, MTC E 115-2000) and CBR (ASTM D 1883, MTC E 132-2000).

The results of the modified proctor test were unfavorable for the maximum dry density that decreased from 1,867g / cm<sup>3</sup> to 1,834 g / cm<sup>3</sup> with the addition of 2.0% of the polyethylene terephthalate. For the laboratory CBR test, they were favorable because the CBR of 5.5% to 7.0% was obtained with the addition of 1.2% of polyethylene terephthalate, this CBR result is considered as a regular subgrade, therefore, it is concluded that the Recycled polyethylene terephthalate is a

stabilizing additive at an optimal percentage and contributes positively by increasing the CBR value.

**KEYWORDS:**

Subgrade, polyethylene terephthalate, road, recycled, CBR test.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se viene presentando diversos problemas especialmente a nivel del medio ambiente en donde se presenta una producción de abundantes desechos, y en consecuencia se produce contaminación en el medio ambiente generados por la falta de control y eliminación de los desechos.

En la actualidad, eliminar los desperdicios de las grandes ciudades se ha vuelto un gran problema debido a que muchos de éstos no son biodegradables y demoran una gran cantidad de años en descomponerse como el tereftalato de polietileno reciclado demora alrededor de 700 años en degradarse, teniendo un gran impacto al medio ambiente. Existe un problema considerable debido a que no hay un tratamiento apropiado en la gestión de residuos sólidos en todos los niveles de Gobierno, en especial en lo que concierne a las plantas de tratamiento de residuos sólidos los cuales conlleven a una adecuada reutilización de los mismos. Una de las tantas alternativas que se emplea para controlar los desechos son los llamados vertederos y los de reutilización de materiales, sin embargo, se han optado por otro tipo de implementaciones para mitigar la contaminación ambiental como un ejemplo es la reutilización de productos como el tereftalato de polietileno reciclado entre otros, para la construcción de pavimentos debido a que estos brindan altos rendimientos en la parte económica, ya que protegen el medio ambiente y amparan las riquezas naturales.

En el Perú se desechan la basura diariamente alrededor de 18000 toneladas diarias, cerca de la mitad de estos desechos se encuentran en Lima y el Callao. El material reciclable representa alrededor del 25% de residuos, y el tereftalato de polietileno en específico comprende entre un 1.23% - 1.87% del total. Por lo tanto, anualmente se generan en promedio 64,500 toneladas de PET, de los cuales el 34% se van literalmente a la basura, ya que jamás serán reutilizados.

En la región de Ayacucho la problemática más frecuente en una construcción de carreteras ya sean estas rurales o urbanas es que se cuentan con suelos de baja capacidad de soporte, como es el caso de los suelos arcillosos y limosos como subrasante en la construcción de carreteras. Frente a esto problemas se opta por

tres opciones convencionales: usar la muestra de suelo sin ningún aditivo tal cual es, cambiarlo por material seleccionado de cantera o tratarlo mediante algún método para mejorar sus características mecánicas y físicas; y de esta forma logre resistir los esfuerzos de los efectos del tránsito a los que será sometido.

Actualmente se pueden observar que muchas de las fallas en las vías existentes, corresponden principalmente a un deficiente comportamiento del terreno de fundación, esto se debe a que las fuerzas transferidos por el pavimento son mayores a la capacidad de soporte de los suelos, esto empeora aún más cuando se presenta la humedad; debido a este problema una de las alternativas posibles será la utilización del tereftalato de polietileno reciclado (Botellas recicladas). Los principales resultados alcanzados fueron obtener las dosificaciones óptimas del tereftalato de polietileno reciclado para su uso como estabilizante de suelos de baja capacidad de soporte y mejorar las propiedades mecánicas de este.

Esta investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la adición del tereftalato de polietileno reciclado en porcentajes de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0 %, en el mejoramiento de subrasante, de modo que el suelo se vuelva apto para resistir cargas de los vehículos que transitaran por el tramo Pucaloma - Maukallaqta, aumentando la capacidad de soporte CBR y mejorando la calidad de vida de las personas.

Es por ello que en la actual investigación se ha planteado el siguiente **problema general**: ¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de subrasantes de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho?

**Problemas específicos**: ¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la plasticidad de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?, ¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la compactación de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?, ¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la resistencia de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?, ¿Cómo

influye la dosificación del tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?

### **Justificación de la investigación**

**Justificación teórica.** Mediante esta investigación se pretende ampliar los conocimientos acerca del comportamiento mecánico y físico que tiene la subrasante con la incorporación del tereftalato de polietileno reciclado, emplearemos las definiciones de estabilización de suelos con un material reciclado que en la actualidad tiene importantes propiedades que beneficiarían el aspecto económico y técnico en la elaboración estudios de infraestructura vial, manifestándolo mediante nuestros indicadores como son: Índice de plasticidad, máxima densidad seca, contenido de humedad, CBR, etc.

**Justificación metodológica** Es importante seguir los procedimientos y estándares metodológicos para emplearlo en la Ingeniería con la finalidad de realizar una investigación científica y técnica. La esencia de la metodología se basa en el diseño de investigación porque la experiencia en campo será un papel importante.

### **Justificación técnica**

En la ejecución de proyectos de carreteras se cuenta con subrasantes de baja calidad no aptas para su uso, lo que conlleva a que se cambie el suelo por material granular seleccionado traído de cantera y que genera un mayor presupuesto o hacer el mejoramiento con productos sintéticos, químicos y naturales, que se hacen referencia en las normas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Desde el punto de vista técnico, esta investigación es importante porque se busca innovar y encontrar un método de mejoramiento de subrasantes con el uso del tereftalato de polietileno reciclado. El uso de este aditivo natural aumentara el valor de soporte para que el comportamiento estructural de la carretera aumente y además de dar las pautas a nuevas investigaciones como puede ser el caso de mejoramiento de suelo para cimentaciones.

## **Justificación social**

Desde el punto de vista social, esta investigación es importante porque en la región de Ayacucho se presentan problemas de subrasantes insuficientes con CBR < 6% por lo cual no cumplen con la normativa vigente del Ministerio de Transporte y Comunicación, es por eso, para que se incremente el CBR del suelo en subrasante se propone el uso de tereftalato de polietileno reciclado, ya que este es más económico que sustituirlo por material de canteras para que cumpla las características requeridas por las normas vigentes.

## **OBJETIVOS:**

**Objetivo general:** Evaluar cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de subrasantes en la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho – 2021.

**Objetivos específicos:** Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la plasticidad de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021. Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la compactación de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021. Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la resistencia de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021. Determinar la influencia de la dosificación del tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021.

## **HIPÓTESIS:**

**Hipótesis general:** El tereftalato de polietileno reciclado estabiliza las subrasantes en la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho – 2021.

**Hipótesis específicas:** El tereftalato de polietileno reciclado influye en la plasticidad de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021. El tereftalato de polietileno reciclado influye en la compactación de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021. El tereftalato de polietileno reciclado influye en la resistencia de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021. La dosificación del tereftalato de polietileno reciclado influye en la estabilización de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021.

## **II. MARCO TEÓRICO**

## **Antecedentes**

Como **antecedentes internacionales** tenemos a Arbeláez Juan & Góngora Daniel (2019), este trabajo tuvo como **objetivo** estudiar el comportamiento de un suelo reforzado mediante la inclusión de fibras de PET (Polietileno Tereftalato) con dimensiones de 8 cm de largo, 2 mm de ancho y 0,5 mm de espesor para dar estabilidad a las estructuras terreas, el **diseño metodológico** fue de tipo experimental, los autores obtuvieron los **resultados** teniendo en cuenta todos los ensayos realizados con reforzamiento de fibra de PET se hicieron ensayos con una dosificación a 15 golpes de moldeo de 0.0% un resultado de 0.112 kg/cm<sup>2</sup>, 0.3% un resultado de 0.140 kg/cm<sup>2</sup>, 0.5% un resultado de 0.158 kg/cm<sup>2</sup>, 0.8% un resultado de 0.185 kg/cm<sup>2</sup>, 1.0% un resultado de 0.210 kg/cm<sup>2</sup> y a 1.2% un resultado de 0.237 kg/cm<sup>2</sup>. Para una dosificación a 25 golpes de moldeo de 0.0% un resultado de 0.127 kg/cm<sup>2</sup>, 0.3% un resultado de 0.170 kg/cm<sup>2</sup>, 0.5% un resultado de 0.182 kg/cm<sup>2</sup>, 0.8% un resultado de 0.194 kg/cm<sup>2</sup>, 1.0% un resultado de 0.220 kg/cm<sup>2</sup> y a 1.2% un resultado de 0.275 kg/cm<sup>2</sup>. Para una dosificación a 56 golpes de moldeo de 0.0% un resultado de 0.142 kg/cm<sup>2</sup>, 0.3% un resultado de 0.185 kg/cm<sup>2</sup>, 0.5% un resultado de 0.193 kg/cm<sup>2</sup>, 0.8% un resultado de 0.220 kg/cm<sup>2</sup>, 1.0% un resultado de 0.235 kg/cm<sup>2</sup> y a 1.2% un resultado de 0.330 kg/cm<sup>2</sup>. Los autores llegaron a la **conclusión** que al realizar las inclusiones aleatoriamente de polietileno tereftalato (PET) como material de refuerzo, estas efectivamente afectan positivamente la manera como se comporta el suelo clasificado como arcilloso de alta plasticidad (CH).

Carvajal Alejandra (2019), este trabajo tuvo como **objetivo** evaluar la resistencia de un suelo arcilloso arenoso al agregar fibras de PET como refuerzo, el **diseño metodológico** fue de tipo experimental cuantitativa. La autora obtuvo los **resultados** de un CBR en estado natural de 1.60% y CBR con una dosificación de fibras de PET del 1% un CBR de 1.9%. La autora llegó a la **conclusión** de que el suelo el cual fue mejorado con fibras del tipo PET tuvo una resistencia de 1,9% al ser adicionadas a un suelo areno arcilloso de baja plasticidad, si se tiene en cuenta lo anterior el suelo mejoró un 0,3% en comparación del suelo natural con 1,6% de resistencia, es por ello que la autora define que el suelo areno arcilloso tuvo un mejoramiento optimo en cuanto al porcentaje de adición de fibras el cual fue del 0,3%, si se considera lo anterior se puede mencionar que la fibras de PET mejora el suelo, pero esta no cumple el requisito que exige la norma I.N.V.E-148 Art.220 el cual específica que el porcentaje mínimo de un CBR para los suelos adecuados tiene que ser mayor al 5%.

Como **antecedentes nacionales** tenemos a Flores Paola (2019), teniendo como **objetivo** valorar el efecto que tiene la adición de plástico de tipo PET los cuales provienen del reciclaje de botellas de refrescos y agua sobre las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos que se encuentran ubicados en un estacionamiento de la Clínica USAT para su posterior uso en el subrasante en 2018, el **diseño metodológico** fue de tipo experimental, la autora obtuvo los **resultados** que luego de haber realizado las respectivas pruebas CBR, se obtienen los siguientes resultados: el suelo natural clasificado como arcilla de baja plasticidad presenta un CBR de 16.9%, a un suelo tratado con la adición de 1" PET en el 1,15% presenta un CBR del 17,9% y con la adición de 1" PET en el 1,25% presenta un CBR del 12,9. La autora **concluyó** que el suelo a nivel subrasante ubicado en el área del estacionamiento de la Clínica USAT es una arcilla de baja plasticidad con 11.11% de contenido de humedad y esto fue en gran mayoría uniforme en toda el área de investigación. De la misma forma, luego de haber realizado las pruebas para determinar las características de la subrasante del terreno natural, se halló que la Compactación Proctor Modificada tuvo 1.844 g/ cm<sup>3</sup>

de densidad máxima seca seguida de un 14.1% de contenido de humedad óptimo y en relación con el CBR, los valores se consiguieron mediante la toma de densidad seca máxima 95% y 100%, siendo estos 16,9% y 20,23% respectivamente, fue así que la autora clasificó la calidad de la subrasante como buena.

Ramos Yanella & Seminario Wilmer en el año (2019), teniendo **el objetivo** de los investigadores fue evaluar el mejoramiento de la subrasante mediante el uso de polímeros de tipo PET del centro poblado de La Golondrina entre el progresivo 0 + 000 a 1 + 000 del distrito de Marcavelica - Sullana – Piura; el **diseño metodológico** fue experimental. Los autores obtuvo los **resultados** de luego de haber efectuado los respectivos ensayos de CBR se tienen los siguientes resultados, el suelo natural clasificado como una arcilla de baja plasticidad presenta un CBR de 2.0%, a un suelo tratado con la adición de botellas de plástico triturado en 10% presenta un CBR de 3.0% y a un suelo tratado con la adición de botellas de plástico triturado en 15% presenta un CBR de 4.0%. Los autores llegaron a la siguiente **conclusión** de que los polímeros denominados PET actúan mejorando la subrasante del casco urbano de Golondrina de progresivas 0 + 000 a 1 + 000, si se añaden los triturados de proporciones de 10% y 15% esto respecto al suelo seco, aumentó en un 33.3% del valor de soporte y un 50% del suelo natural respectivamente. Cuando se incorpora los polímeros triturados se observa la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Con la incorporación de Polímeros triturados se observa la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Ya que en este estudio el suelo fue de tipo arcilloso con una plasticidad baja y media esto según la clasificación de suelos SUCS. De la misma forma, se mencionó que el suelo de esta sección presentó una mala granulometría, asimismo presentó gran cantidad de finos y también falta de grava. El CBR del suelo arcilloso de plasticidad media y baja fue 2.0% y al agregar 10% de polímeros triturados aumenta a 3.0% y con 15.0% de polímeros PET su capacidad portante fue 4%.

Marquez Diana (2019), este trabajo tuvo como **objetivo** la mejora de las propiedades de suelos tipo arcillosos con plástico PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón, Piura, el **diseño metodológico** fue de tipo experimental, el autor obtuvo los **resultados** que para la granulometría, límite líquido, plástico e índice plástico no hay cambios leves con la incorporación del plástico PET, para el proctor modificado se obtuvo una densidad seca máxima de 1278 gr/cm<sup>3</sup> para la muestra M1 y una MDS de 1.593 gr/cm<sup>3</sup> para la muestra M2, para el ensayo del CBR se obtuvieron CBR < 6% para la muestra M1 sin adición de PET y CBR > 6% para la muestra M2 con adición del PET. El autor llegó a una **conclusión** luego de que se evidenció la presencia de suelos de tipo arcillosos en la muestra obtenida de la zona M-1 en el distrito de la Encantada, provincia de Morropón en Piura, realizando la incorporación del 6% de plástico PET en la muestra M-2, esto solo mejoró en su capacidad portante (CBR), mientras que en sus otras características y propiedades no se muestra ningún cambio en absoluto, de esta forma se obtuvo resultados similares en su contenido de humedad, granulometría, límites y compactación del suelo.

Como **antecedentes en otro idioma** tenemos a Camargos Daniely (2018), el **objetivo** principal de este trabajo fue investigar y estudiar el comportamiento mecánico de residuos tropicales únicos reforzados con fibras de polietileno tereftalato (PET) de distribución aleatoria, el **diseño metodológico** fue de tipo experimental cuantitativa, la autora obtuvo los **resultados** de un solo de MH silte de alta. El solo con fibras lisas en un porcentaje de 0.5% y tamaño de 4mm se obtuvo un CBR de 10%, para un porcentaje de 0.5% y tamaño de 2mm un CBR de 8.5%, para un porcentaje de 1% y un tamaño de 4mm se obtuvo un CBR de 10, para un porcentaje de 1% y un tamaño de 2mm se obtuvo un CBR de 8.5%. Para fibras rugosas en un porcentaje de 0.5% y un tamaño de 4mm se obtuvo un CBR de 9.5%, para un porcentaje de 0.5% y un tamaño de 2mm se obtuvo un CBR de

7.5%, para un porcentaje de 1% y un tamaño de 4mm se obtuvo un CBR de 8.5%, para un porcentaje de 1% y un tamaño de 2mm se obtuvo un CBR de 7.5%. La autora llegó a la **conclusión** a partir de los resultados presentados en esta investigación, se pudo verificar el efecto de la adición de fibras de PET en la compactación, en la capacidad de soporte y en la expansión de los dos suelos estudiados. En base a los resultados de la prueba de compactación, se pudo verificar, para ambos suelos, la ocurrencia de una reducción del peso seco aparente de las mezclas suelo-fibra respecto a los suelos puros justificada por la menor densidad de las fibras, por la restricción que imponen al reordenamiento de los granos sólidos del suelo y su absorción parcial de la energía de compactación impuesta al sistema suelo-fibras. Por las particularidades de la investigación, no fue posible establecer una relación directa entre las características de las fibras (textura superficial, ancho) y el valor de la humedad óptima, sin embargo, existe, experimentalmente, una tendencia a incrementar la demanda de agua. del sistema de solofibras bajo la acción del esfuerzo de compactación, que se acentuó más para el suelo arenoso.

En cuanto a los resultados de la prueba CBR, hubo un aumento en la capacidad de carga de ambos suelos con la inclusión de fibras y una disminución en su expansión, en relación a los suelos puros. También se encontró que las mezclas de suelos con fibras rugosas, en comparación con las mezclas con fibras lisas, mostraron menor capacidad de carga, al mismo tiempo que se expandieron menos.

Comparando los resultados de la compactación con los obtenidos en la prueba CBR, se encontró que, incluso con una pérdida de densificación de las mezclas suelo-fibra en comparación con los suelos compactos puros, los parámetros de resistencia y estabilidad volumétrica derivados de las pruebas CBR indicaron una mejora en Respuesta de ingeniería para los sistemas reforzados, permitiendo concluir que, para dichos sistemas y para las particularidades de la investigación, la densificación traducida por la curva de compactación y los parámetros óptimos no es la propiedad física más adecuada para estimar posibles mejoras en los índices resultantes de esta modalidad. prueba particular.

Como **antecedentes de un artículo científico**, tenemos a M. A. Mohammed, A.Rahman E. Mohammed & I.Y. Elgady (2018) con el artículo científico titulado **“EVALUATION OF THE EFFECT OF PLASTIC BOTTLE (PET) WASTE ON STABILIZATION OF CLAY ”**, publicado en International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, esta investigación se desarrolló en el estado de Jartum en la República del Sudan, esta investigación tuvo como **diseño metodológico** el tipo experimental cuantitativa, los autores obtuvieron el **resultado** que con el aumento de los residuos de botellas de PET aumentó la cohesión hasta un 1.5% y disminuyó cuando se añadió más del 1.5% de Residuos de botellas de PET, también la relación entre el ángulo de fricción y el porcentaje de residuos de botellas de PET indicó que un aumento de los residuos de botellas de PET aumentó el ángulo de fricción hasta en un 6% de los residuos de botellas de PET.

Los autores llegaron a las siguientes **conclusiones**, para el suelo reforzado con residuos de botellas de plástico PET, los resultados indican que la densidad seca máxima disminuyó con el aumento del contenido de PET de 1.50 g/cm<sup>3</sup> a 1.08 g/cm<sup>3</sup>, lo que se debe a una menor densidad de PET en comparación con las partículas del suelo. Además, un aumento del contenido de desechos de botellas de PET redujo el contenido de humedad óptimo del 27% al 35%. B. Para suelos reforzados con residuos de botellas de PET, un aumento de residuos de PET redujo significativamente la cohesión (c) de los suelos, esto puede deberse a la separación de partículas de arcilla por piezas de plástico y al ángulo de fricción ( $\phi$ ) hasta un 6% de residuos de PET contenido y la resistencia máxima al cizallamiento (386 mPa) alcanzada al 1,5% del contenido de residuos de botellas de PET. Como resultado de este estudio, se recomienda no utilizar más del 1,5% de los residuos de botellas de PET.

Hassan, H.J.A., Rasul, J. & Samin, M. (2021) presentaron el artículo científico titulado **“Effects of Plastic Waste Materials on Geotechnical Properties of Clayey Soil”**, publicado en la revista Transportation Infrastructure Geotechnology, esta investigación se desarrolló en la región de Kurdistán, Irak, el **diseño**

**metodológico** fue del tipo experimental cuantitativa, los autores obtuvieron como **resultados** que la adición de fibra de PE y PP al suelo arcilloso aumentó la fuerza considerablemente en comparación con la fuerza del suelo nativo. Para el suelo estabilizado con PE, la adición de longitudes de 1,0 cm y 2,0 cm de fibra de PE aumentó los valores de CBR en un 55% (de 4.0 a 6.2) y en un 80% (de 4.0 a 7.2), respectivamente. Asimismo, las longitudes de fibra de PP aumentaron el CBR en un 42,5% (de 4,0 a 5,7) y un 50% (de 4,0 a 6.0), respectivamente. Estos resultados revelaron claramente que el contenido de fibra y la longitud de la fibra tienen efectos significativos sobre los valores CBR.

Los autores llegaron a las siguientes **conclusiones** primero, el PE y el PP se pueden utilizar de manera eficiente para mejorar las propiedades físicas y de resistencia de los materiales del suelo como base para proyectos de ingeniería. Segundo, la longitud de la fibra demostró tener un efecto sobre las propiedades de resistencia del suelo estabilizado, ya que el aumento de la longitud resultó en propiedades de resistencia más altas. Tercero, la estabilización de fibra es rentable y se puede utilizar con éxito para una construcción de carreteras sostenible en comparación con suelos estabilizados químicamente. La estabilización con agentes químicos se acompaña de la emisión de dióxido de carbono, mientras que la estabilización de las fibras no; esta es una de las ventajas de la estabilización de fibras sobre la estabilización química.

## **Bases teóricas**

### **Tereftalato de polietileno**

El tereftalato de polietileno es un plástico de tipo I, este se usa mayormente en la fabricación de envases para bebidas. El PET es el resultado químico de una reacción de policondensación entre el ácido tereftalático y el etilenglicol, en el cual, por su composición, este es clasificado en el grupo de materiales sintéticos, poliésteres. (Quintero Díaz, 2016)

Es transcendental esclarecer la definición del tereftalato de polietileno para analizar correctamente los efectos que estos causaran en la subrasante.

Según la página web Ambientum (2002) indica que el Tereftalato de polietileno cuyas siglas son PET, fue patentado por J. T. Dickinson y J. R. Whinfield en el año 1941 como un polímero para las fibras. Catorce años después, en el año 1951 se empezó con la fabricación comercial de las fibras de poliéster. En el año 1976 se comenzó a fabricar envases resistentes, transparentes y ligeros, primordialmente para las bebidas, los cuales al comienzo fueron botellas rígidas y gruesas, pero en la actualidad, sin desaprovechar sus buenas propiedades como envase, son mucho más livianos.

Asimismo, la página web Ambientum (2002) define que el PET es un elemento que se caracteriza por su gran resistencia a la compresión (propiedad mecánica), gran ligereza, brillo, alto grado de transparencia, conserva la aroma y el sabor de los alimentos, es una barrera que atrapa a los gases, se recicla al 100% y se puede crear envases reutilizables, esta propiedad ha generado al PET ser superior y mejor que otros materiales como el PVC.

### **Química del pet**

Químicamente la fórmula del politereftalato de etileno o Tereftalato de polietileno, con siglas PET, es el siguiente:



**Uso del pet**, Varían de acuerdo a su uso:

- En la industria textil: es el sustituto de las fibras naturales, por sus grandes cualidades tanto a la resistencia como a la deformación y la estabilidad dimensional.
- Como envasado: se utiliza en botellas de refrescos, agua mineral, etc.
- En materia prima: Se utiliza para envasar alimentos.

### **Propiedades del pet**

- Transparencia y cristalinidad.
- Buena resistencia al desgaste y a la corrosión.
- Buen coeficiente de deslizamiento.
- Resistencia térmica y química.
- Actúa como protección al CO<sub>2</sub> y también al O<sub>2</sub>.
- Puede reciclarse.

### **El tereftalato de polietileno y el medio ambiente**

En la actualidad la producción del tereftalato de polietileno tiene gran demanda como envases descartables en nuestro país, siendo acumulado como basura después de su uso y ser contaminante para el medio ambiente por su lenta descomposición.

La página web Semana sostenible, (2016) sostiene que los frascos son producidos con tereftalato de polietileno con siglas PET forman parte de los elementos reciclables más utilizados en el mundo, debido a esto, hay un problema con este tipo de plástico ya que tarda 700 años en degradarse. Estas botellas de plástico son fabricadas en base a extensas cantidades de petróleo, ya que para fabricar tan solo mil millones de botellas se necesitan veinticuatro millones de galones. Asimismo, en el momento de su elaboración se utilizan otros tipos de sustancias nocivas ya sean estos metales pesados, químicos o pigmentos que están en el aire los cuales perjudican de manera silenciosa la salud de los seres vivos. La cantidad reciclada de estos envases con respecto a su producción es mínima, y aunque recicláramos el total de estos productos, no disminuiría de manera significativa su producción. Esto se debe a que el Tereftalato de polietileno reciclado (PET) no

puede usarse en la fabricación de frascos para alimentos o bebidas, a no ser que pase por un procedimiento químico extenso que hasta la actualidad solo unas cuantas empresas en el rubro del reciclaje lo han implementado.

### **El uso del tereftalato de polietileno en la actualidad**

En la actualidad se está dando más importancia en la protección del medio ambiente, según el blog educativo (Ecoembes, 2018), menciona que en Holanda se está realizando un proyecto que innova el uso de material reciclado en las construcciones viales. Durante años la empresa VolkerWessels está realizando trabajos para la fabricación de carreteras, los cuales serán hechos de material plástico que sean procedentes de botellas recicladas. Este proyecto lleva el nombre de PlasticRoad, por el momento se encuentra en la etapa inicial, la empresa tiene proyectado que todo esto se concrete en un plazo de tres años.

Del mismo modo Ecoembes refiere que esta empresa logrará que las carreteras hechos con plástico serán más económicas que las carreteras hechos de asfalto y, principalmente estas respetaran al medioambiente, debido a que se ahorra la extracción de una gran cantidad de petróleo y en consecuencia evitan abundantes emisiones del CO<sub>2</sub>. Adicionalmente hay que referirnos a los beneficios que derivan del reciclaje, si este proyecto llega a concretarse, miles y millones de botellas de plástico serán usados para la construcción de estos llamados pavimentos verdes. Por ello, en este plan de tesis se desea innovar la estabilización de suelos mediante el uso del tereftalato reciclado, de este modo reducir la contaminación ambiental en nuestro país y contribuir con el medio ambiente.

### **Subrasante**

La subrasante se define como una capa terminada de la superficie de rodadura de una vía o carretera después de realizar los cortes y rellenos en las partidas de movimiento de tierra sobre el cual se asienta la estructura del afirmado o pavimento. La capa superficial del terreno natural o rellenos explanados antes de la estructura del pavimento se define como la subrasante.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), indica de que una subrasante es el nivel superior del terraplén o fondo de las excavaciones de un terreno natural, que resistirá las capas que componen la estructura del pavimento

y está compuesta por un material granular seleccionado de acuerdo con sus características específicas y compactado en capas para formar parte de un cuerpo sólido en buen estado, de modo que no se vea comprometido por la carga de diseño transmitida por el tráfico y por las características de materiales utilizados en la construcción de una superficie rodante, constituyen los componentes básicos para un diseño estructural del pavimento que se colocará en la parte superior. Los suelos, en una profundidad no menor a 0,60 m y que se encuentren por debajo del nivel superior de la subrasante, deben ser suelos estables y adecuados con una  $\text{CBR} \geq 6\%$ , los suelos clasificados como subrasante pobre o subrasante inadecuada se deben de estabilizar, por los métodos de estabilización mecánica, es decir, con la sustitución de este por un suelo seleccionado, estabilización con geo sintéticos, estabilización química de suelos, cambiar la elevación de la rasante, el trazo de la vía, escogiéndose el método de estabilización que sea más conveniente técnica y económicamente.

#### **Caracterización de la subrasante**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), señala que para poder determinar las características tanto físicas como mecánicas de los materiales de una subrasante, es necesario realizar investigaciones mediante la realización de calicatas o de pozos que tengan una profundidad de 1,5 m como mínimo.

Estas calicatas serán ubicadas longitudinal y alternativamente, dentro de la franja que cubre el ancho de la vía, a distancias aproximadamente iguales; para que posteriormente, si se considera necesario, se pueda densificar la exploración en puntos singulares del recorrido; el número mínimo de calicatas por kilómetro estará de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1: Número de calicatas para exploración de suelos

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

Fuente: Manual de suelos, geología, geotécnica y pavimentos, 2014

## Ensayos en suelos de subrasante

### - Granulometría

El Ministerio de Transportes (2014) refiere que la granulometría constituye la división en porcentaje de los tamaños que tiene el suelo o agregado que pasa por el tamiz de acuerdo a las especificaciones técnicas (Ensayos de MTC E 107). Con la realización de este ensayo se puede considerar, con menor o mayor aproximación, las otras propiedades que tiene la muestra de suelo o agregado.

El análisis de granulometría para un agregado o suelo tiene la meta de establecer las proporciones de las distintas partículas que lo constituyen, se clasifican en base de los tamaños que presenta.

En función a las proporciones de las partículas que presenta el suelo se obtiene la siguiente terminología.

Tabla 2: Clasificación de suelos de acuerdo a las proporciones de sus partículas

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

Fuente: Manual de suelos, geología, geotécnia y pavimentos, 2014

- **Plasticidad**

El Ministerio de Transportes (2014) menciona que la plasticidad se define como una propiedad y característica de consistencia que presentan los suelos hasta cierto límite de humedad sin poder ser desgranados, por lo tanto, la plasticidad de un suelo está en función de sus elementos finos y no de los elementos gruesos que contiene. Con el análisis granulométrico no se puede obtener esta característica, por lo que es necesario realizar esta prueba y obtener los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg definen la sensibilidad y el comportamiento de los suelos en base a su contenido de agua (humedad), se define a los límites en función de sus 03 estados de consistencia según el contenido de humedad y en función a ello se puede determinar: El límite plástico LP, según el ensayo MTC E 111, el limite liquido LL, según ensayo MTC E 110 y el límite de contracción LC, según el ensayo MTC E 112).

El Limite Plástico (LP), se consigue cuando las muestras de suelo pasan de un estado plástico a un estado semisólido y este deja de contraerse al perder el contenido de humedad.

El Limite Liquido (LL), se obtiene cuando las muestras de suelo pasan de un estado semilíquido al estado plástico y puede moldearse.

Además del LL y del LP, es necesario conseguir el IP (índice de plasticidad) según el ensayo MTC E 111 que se obtiene como la resta del LL y LP:

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

El I.P. (índice de plasticidad) define el rango de las humedades mediante el cual el suelo tiene una consistencia de plasticidad y permite clasificar muy bien a un suelo. Un índice plástico IP extenso indica que un suelo es muy arcilloso y si el índice plástico IP es pequeño se caracteriza por ser un suelo con poca arcilla. En este sentido, los suelos en función al IP se pueden clasificar según la siguiente tabla:

Tabla 3: Clasificación de suelos en función al Índice plástico

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

Fuente: Ministerio de Transportes, 2014

La cantidad de arcilla de un suelo, de acuerdo a su contenido podría ser un componente riesgoso en los suelos para subrasante y para la estructura de los pavimentos, sobre todo estos suelos son sensibilidad al agua.

#### - **Humedad**

Según el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) en el año 2014, mencionó que la humedad natural es una característica particular e importante de los suelos; ya que con este y la densidad que presenten los

suelos se asocian con la resistencia de la subrasante, especialmente en los finos. La obtención de la humedad en su estado natural según el MTC E 108 permite contrastar con la humedad óptima que se obtiene mediante el ensayo Proctor modificado y para conseguir la capacidad de soporte CBR (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural obtenido es inferior o igual a la humedad óptima y observando la saturación del suelo, se planteará reemplazar el material saturado, aumentar la energía de compactación o airear el suelo.

- **Prueba proctor modificado**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), propone que esta prueba se refiere a los procesos de compactación necesarios en un Laboratorio, para obtener la correlación entre el Peso Unitario Seco de los suelos y el Contenido de Agua y así generar la curva de Compactación, las muestras se compactan en un molde de 152,4 mm o 101,6 (4 o 6 pulg.) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que tiene una caída libre a una altura de 457 mm, se produce una compactación con una energía de (56000 pie-lbf / pie<sup>3</sup>) (2700 kN-m / m<sup>3</sup>).

La prueba de proctor modificada se aplica específicamente a suelos con un porcentaje de 30% o menos del peso de las partículas retenidas por el tamiz de  $\frac{3}{4}$  "pulg (19,0 mm).

Se propondrán tres métodos diferentes. El método utilizado debe especificarse en los formatos del material ensayado. Si no se especifica este método, se tendrá en cuenta la gradación del material.

A. METODO "A"

Para este método se utiliza un molde con un diámetro de 101,6 mm (4 pulg), el material utilizado es el pasante por el tamiz No. 4 (4,75 mm), la cantidad de golpes por cada capa es de 25, el número de capas es de 5. Se usa este método cuando el 20% o menos del peso de la muestra se retiene en el tamiz No. 4 (4.75 mm). En caso de que no se especifique el método; los suelos que cumplen con estos requisitos de porcentaje de retención se pueden analizar mediante el método B o C.

## B. METODO "B"

Para este método, se utiliza un molde con un diámetro de 101,6 mm (4 pulg.). El material utilizado son los pasantes por el tamiz de  $\frac{3}{4}$  pulg (9,5 mm), el número de golpes por capa es 25, el número de capas es 5. Este método se utiliza cuando más del 20% del peso del material se retiene en el tamiz de 4,75 mm (N°4) y el 20% o menos del peso del material se retiene en los  $\frac{3}{8}$  pulg. (9,5 mm). Si no se llega a especificar el método y los materiales están dentro de los requisitos de gradación, pueden ser comprobados con el método C.

## C. METODO "C"

Para este método se utiliza un molde con un diámetro de 152,4 mm (6pulg), el material empleado son los pasantes por el tamiz de  $\frac{3}{4}$  pulg (19.0 mm), el número de golpes por capa es de 56, el número de capas es de 5. Se usa este método cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz  $\frac{3}{4}$  pulg (9.5 mm) y menos del 30% en peso se retiene en el tamiz de  $\frac{3}{4}$  pulg (19.0 mm).

El molde con diámetro de 152,4 mm (6 pulg) no podrá ser usado en los métodos A o B.

## - **Ensayo CBR**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), para obtener el valor de capacidad de soporte de un suelo CBR para el diseño de la subrasante, se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

1. En los lugares con 6 o más resultados de CBR (relación de soporte de suelos) obtenidos por las características de la muestra de suelo característico o por las secciones con características similares de suelos, se obtendrá el valor de capacidad de soporte de suelos CBR para el diseño del terreno de fundación teniendo en cuenta el promedio total de los valores ensayados por sectores de características parecidas.

2. En lugares con menos de 6 valores CBR obtenidos por la muestra de suelo representativa o por secciones con características de suelo similares, se obtendrá el valor de la capacidad de soporte de los suelos CBR para el diseño de la subrasante teniendo en cuenta las siguientes indicaciones.

- Si los resultados son similares o parecidos se debe escoger el valor promedio.
- En caso de que los resultados no sean similares o parecidos, se debe tomar en cuenta el valor más bajo (critico) o se puede sectorizar las secciones con el fin de agrupar subsectores con los valores de CBR similares o parecidos y poder determinar el valor promedio. El tramo de los subsectores no podrá ser menor a 100 m.

Son valores de CBR similares o parecidos aquellas muestras de suelo que se encuentran dentro de alguna categoría de subrasante.

3. Cuando se define la capacidad de soporte de suelos CBR para el diseño, con sectores de características similares y homogéneas, se clasificará a la muestra en alguna categoría de subrasante al que el pertenecerá el subtramo o sector, según la siguiente categoría:

Tabla 4: Categorías que presentan las subrasantes

Categorías de Sub rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

## **Estabilización de suelos**

Se refiere al mejoramiento de las características físicas y mecánicas en los suelos, por medio de procesamientos mecánicos incorporando productos sintéticos, químicos o naturales.

La estabilización se realiza generalmente en las capas de subrasante de categoría insuficiente y pobre, en cambio en el mejoramiento de la capa sub base granular o base granular con el objetivo de obtener materiales de mayor calidad se menciona sub base o base tratada.

La estabilización de suelos se fundamenta como otorgar a los mismos, con mayor resistencia mecánica y la duración de estas propiedades a través del tiempo. Estas técnicas son muy diferentes y comienzan inicialmente con la agregación de otro suelo granular a uno u otros agentes estabilizadores. Cual sea el tipo de estabilización, siempre se sigue de un procedimiento de compactación.

### **La estabilización de suelos en base a criterios geotécnicos**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) se puede tomar los siguientes criterios para estabilizar los suelos:

- A. El material de fundación es considerado adecuado en las capas de subrasante, a los suelos que tengan un CBR mayor a 6 %. Cuando los CBR sean menores al 6% con categoría de subrasante inadecuado o subrasante pobre; o se tengan áreas blandas o se tengan sectores húmedas, se tendrá un estudio específico para el mejoramiento, la estabilización o el cambio de suelo, donde el ingeniero encargado tendrá que analizar diferentes alternativas de solución o estabilización, como: la estabilización mecánica, estabilización con aditivos o productos, reemplazo del suelo de fundación, que ayuden a mejorar las propiedades del suelo, estabilización de suelos con geo sintéticos (geomallas, geotextiles u otros), capas de arena, pedraplenes, elevar la cota de la rasante o cambiar el trazo de la vía si las anteriores alternativas son demasiados complejas y costosas.
- B. Cuando la clasificación de la capa de subrasante sea limosas o arcillosa y al estar humedecidas, las partículas de estos suelos pueden entrar dentro de las capas de material seleccionado del pavimento contaminándolas, se deberá

aumentar la capa de suelo anticontaminante con espesor de 10 cm como mínimo o usar un geotextil, según concluya e indique el ingeniero encargado.

- C. El nivel que presenta la subrasante debe estar por arriba del nivel freática, por lo menos a sesenta centímetros cuando la clasificación de la subrasante sea muy buena y extraordinaria; a ochenta centímetros cuando la clasificación de la subrasante sea regular y buena; a un metro cuando la clasificación de la subrasante sea pobre y a un metro con veinte centímetros cuando la clasificación de la subrasante sea inadecuada. En el caso de ser necesario, se tendrá en cuenta la colocación de capas anticontaminantes o sub drenes y/o drenantes o se tendrá que elevar el nivel necesario de la rasante.
- D. En lugares con altitudes mayores a los 4,000 msnm, se tendrá en cuenta la influencia que pueda tener las heladas en los suelos de fundación. En general, la presencia del congelamiento está relacionada con la susceptibilidad de los suelos al congelamiento y la profundidad del nivel freático. Si el nivel freático se encuentra por debajo de 1.20m del terreno de fundación como se indicó en el ítem anterior no afectara el congelamiento y no llegara al nivel de la capa de subrasante. En caso el nivel freático se presente en los últimos 0.60 m del nivel de la capa superior de la subrasante, los suelos serán susceptibles al congelamiento, se tendrá que levantar la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario o reemplazar este suelo en la profundidad comprometido. Los suelos limosos son susceptibles al congelamiento. Los suelos que tengan porcentajes sobre los tres por ciento de su peso de un material de tamaño de granos debajo de los 0.02 mm, haciendo excepción a las arenas finas uniforme que, aunque contengan hasta un diez por ciento de suelos con tamaño de grano debajo de los 0.02 mm, estos no son susceptibles al congelamiento. En general los suelos que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño de grano inferior a 0.02 mm no susceptibles al congelamiento.

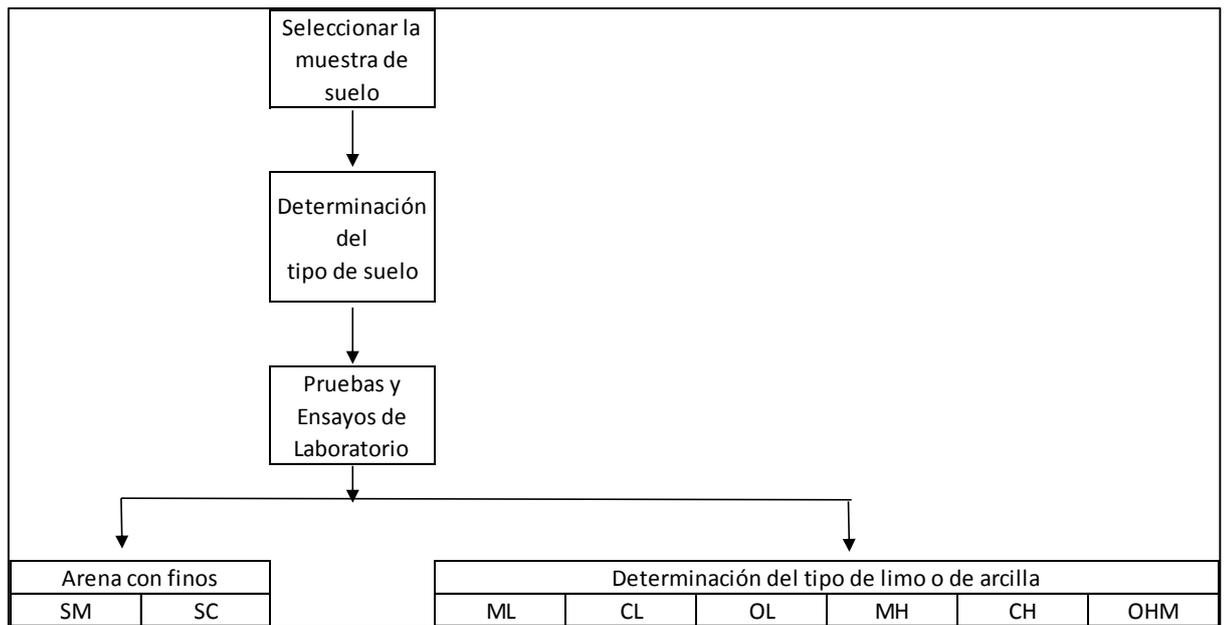
Según Norma MTC E 109, la curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz N° 200 (0.074 mm) se obtendrá por el ensayo de sedimentación, para encontrar los datos necesarios.

- E. Para determinar algún tipo de estabilización de suelos es importante determinar las características y clasificación del suelo existente. Los suelos

que normalmente se clasifican como las arcillas, limos, o las arenas limosas o arcillosas encuentran en el ámbito para mejoramiento.

Para tener un tipo de estabilización en suelos es importante obtener la clasificación de suelo existente. Los suelos que primordialmente se encuentran en este area son: las arcillas, los limos, o las arenas arcillosas o limosas.

Figura 1: Proceso de selección del Tipo de Estabilización



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Para la presente investigación se siguió el proceso recomendado por el ministerio de transportes y comunicaciones, teniendo una muestra con clasificación de arcilla ligera con arena.

Según las metodologías usadas para estabilización de suelos para mejorar sus propiedades mecánicas se debe tener en cuenta:

- Muestra de suelo del tipo arcilloso.
- Porcentaje de finos (Mas del 35%)
- Índice plástico > 10%.

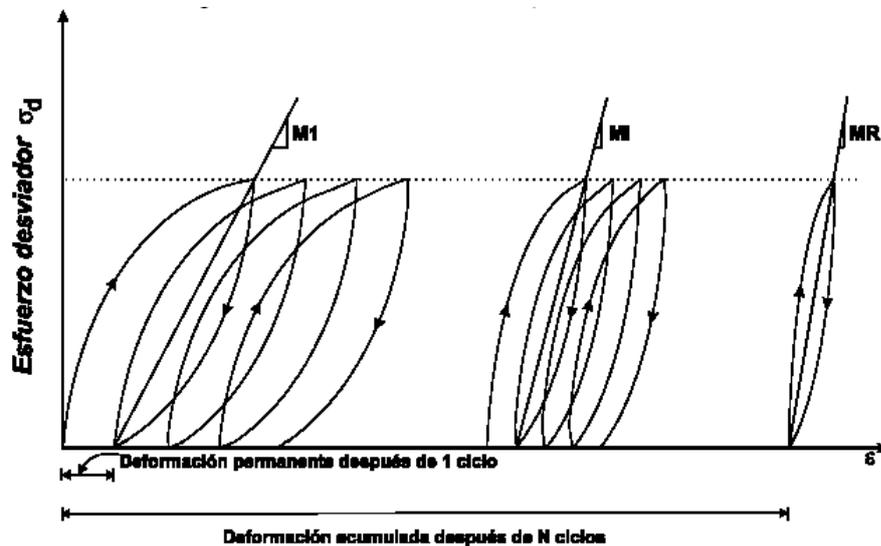
Si no se cumplen estos requisitos el tereftalato de polietileno no podría mejorar las propiedades mecánicas del suelo; ya que la interacción de los suelos limosos y tereftalato de polietileno se comportarían como partículas lisas y no mejoraría la

tensión y esfuerzos a deformación de la muestra con aditivo; y los suelos granulares presentan buenas propiedades mecánicas, por lo que no necesitan estabilizarse .

### Módulo resiliente

Según (Menéndez Acurio, 2012) define al módulo resiliente como una relación de esfuerzos cíclicos que se aplican sobre la deformación recuperable de la muestra después de muchos ciclos de cargas repetidas y, por tanto, esta es una medida directa de la rigidez de los materiales no consolidados en los sistemas de pavimento.

Figura 2: Curva esfuerzo desviador y deformaciones



Fuente: Menéndez Acurio

A partir de 1986, la guía de diseño del AASTHO recomienda el uso del módulo de resiliencia para la caracterización de apoyo para la subrasante tanto en pavimentos rígidos como pavimentos flexibles para la determinación de coeficientes de la capa estructural de pavimentos flexibles (Menéndez, 2012).

El módulo resiliente es el módulo elástico que se utilizará en la teoría elástica. Se sabe que los materiales utilizados en la construcción de pavimentos no son elásticos porque presentan una deformación plástica con cada aplicación de carga, pero si la carga se reduce con respecto a la resistencia del material, la deformación acumulada también se reducirá, consecuentemente se puede considerar el material como elástico.

Para la subrasante, el módulo resiliente es un parámetro muy importante para comprender el agrietamiento por fatiga de las superficies de asfalto y que la carga monotónica puede no ser adecuada para su determinación.

Se realizaron pruebas de carga repetidas y se introdujo el término módulo resiliente. Posteriormente, este término se cambió a módulo resiliente y se definió como la magnitud del esfuerzo desviador repetido en compresión triaxial dividida entre la deformación axial recuperable y se representa de la siguiente manera:

$$M_r = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{\epsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{axial}}$$

Donde:

$\sigma_1$ = Esfuerzo principal mayor

$\sigma_3$ = Esfuerzo principal menor

$\sigma_d$ = Esfuerzo desviador

$\epsilon_{axial}$  = Deformación recuperable

El módulo resiliente se mide mediante repetidos ensayos triaxiales de compresión de carga. El esfuerzo repetitivo axial cíclico es de magnitud fija con una duración de 0.1 segundos dentro de un ciclo de duración de entre 1.0 y 3.1 segundos. El esfuerzo axial se aplica en un formato semiverseno, que es matemáticamente expresado como  $(1 - \cos \alpha) / 2\cos\alpha$  que varía desde 0 hasta  $2\pi$ , durante el ensayo de deformación recuperada es medida ( $E_r$ ).

Las muestras alteradas de subrasante son remoldeadas con el contenido de humedad natural aproximando a la densidad in situ. En caso que el contenido de humedad in situ o la densidad no estén disponibles se recomienda utilizar un determinado porcentaje de la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo.

Esta propiedad ha sido altmanete estudiada en los ultimos años, debido a que se determina a partir de una prueba de carga cíclica realizada en un laboratorio, no obstante, la bibliografía refiere que esta manera de determinarlo necesita de equipos costosos y de un especialista. En consecuencia, en los últimos 20 años se

han desarrollado diferentes modelos para pronosticar este parámetro. Algunos están formulados con variables de esfuerzo, mientras tanto otros con propiedades físicas y otros con necesidad de ambos. Si bien estos modelos tienen la desventaja de haber sido desarrollados para determinados tipos de suelos, cuando se han aplicado a otros se han obtenido importantes desviaciones.

Se han propuesto modelos y correlaciones muy diversas en las investigaciones. Como por ejemplo, el Powell en 1984 y NCHRP en el 2004 Transport and Road Research Laboratory (TRRL) y M-E Pavement Design Guide Level 2 (USA) propone una correlación del módulo resiliente y el CBR con la siguiente fórmula:

$$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$$

### **Tráfico vial**

El estudio de tráfico debe mostrar la información del índice medio diario anual (IMDA) por cada tramo vial el cual será materia de investigación.

Para hacer el cálculo del IMDA se necesita los índices de variación mensual, esta información puede ser proveída por el MTC, el cual tiene los registros actuales y continuos obtenidos de las estaciones de peaje y pesajes existentes del propio MTC, asimismo de los que corresponden a los contratos de concesión vial. La presencia de esta información es importante para construir una base de datos de gran utilidad, como referencia regional que permitirá reducir los requerimientos de estudio y los costos en los que se incurre actualmente cuando se realizan estos estudios. Además, el uso de esta información oficial garantizará una mayor coherencia entre la información obtenida y la utilizada para los distintos estudios.

De acuerdo con el glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial del MTC, el índice medio diario anual es el volumen promedio del tránsito vehicular en ambos sentidos de la vía, durante 24 horas, de una muestra vehicular (conteo de vehículos), por un período anual.

## Definiciones de los términos básicos

- **Afirmado;** Es un relleno compactada compuesta con material seleccionado granular, con gradación específica, esta capa tiene la capacidad de soportar los esfuerzos y las cargas provocados por el tránsito. El afirmado tendrá que contener el porcentaje apropiados de material fino cohesivo que ayude a conservar aglutinadas todo el material compuesto en esta capa.
- **Arcillas;** Es la roca sedimentaria con tamaño de partículas menores a las 4 micras. Lo constituyen principalmente los minerales arcillosos como los silicatos alumínicos hidratados.
- **Base granular;** Es la capa compactada de material seleccionada y procesado que se sitúa entre la parte inferior de la capa de rodadura como los pavimentos flexibles y por sobre la sub base o subrasante. Esta capa tiene el objetivo de transmitir, distribuir y sostener las cargas que ocasionan los vehículos, esta tipo de capa contendrá material granular triturado y con buen drenaje.
- **Camino;** Se define como camino a un trazo de superficie terrestre cambiado por el hombre para darle las condiciones y características apropiadas para el tránsito de vehículos, primordialmente automotores. Los caminos a veces se usan como la superficie de tránsito de vehículos en carreteras no pavimentadas y caminos.
- **CBR;** El Valor relativo de soporte de un material o suelo, del cual se obtiene en laboratorio mediante la incrustación de una fuerza dentro de una masa de muestra de suelo moldeada.
- **Estabilización en suelos;** Se define como mejorar las propiedades mecánicas y/o físicas del suelo por medio de procedimientos mecánicos y/o la incorporación de productos sintéticos, químicos o naturales.
- **Finos;** Es el porcentaje de suelo o agregado menores a los 0.074mm (malla N° 200).

- **Sub base;** Es una capa con altura específico y de material seleccionado, el cual resiste al pavimento rígido o al pavimento flexible. A la sub base se usa como una capa drenante y controla la capilaridad del agua.
- **Subrasante;** Es el nivel culminado de la vía a nivel de corte y relleno (movimiento en tierras), que se usa como fundación para todas las capas estructurales de un afirmado o pavimento.
- **Rasante;** Es el nivel de superficie terminado de la rodadura. El eje de la vía es la línea de rasante.
- **Resistencia;** Es el esfuerzo que soporta el suelo, ya que primordialmente está destinado a recibir esfuerzos a compresión. El índice de calidad del suelo se mide en función a su resistencia a esfuerzos de compresión.
- **Trabajabilidad;** Es la rapidez y comodidad con el cual las mezclas en pavimentos y estructuras de obras viales consiguen ser compactadas y colocadas.

### **III. METODOLOGIA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

De acuerdo a los antecedentes que se revisó, el presente trabajo de investigación será de **tipo aplicada**. Al respecto Rosa Zoila Vargas (2009) sostiene que la investigación aplicada “requiere un marco, es decir, seleccionar teorías en cual exponen definiciones centrales y sus rasgos contextuales de acuerdo a la problemática identificada” (p. 7).

La presente investigación está basada en el **diseño experimental** ya que se está manipulando una de las variables, a la presente investigación se asignan porcentajes de incorporación de tereftalato de polietileno reciclado a las muestras de la variable independiente. Según Niño (2011) sostiene que “un diseño experimental implanta relaciones de causa y efecto, así mismo descubre, comprueba, niega o confirma teorías” (p. 34).

Además, consta de un **diseño cuasiexperimental**, que se encuentra dentro del diseño experimental, ya que el investigador definirá el lugar de donde se extraerá la muestra a estudiar. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican que “los diseños cuasiexperimentales consisten en manipular una variable independiente con el fin de observar el resultado que representa sobre las variables dependientes” (p. 184).

La investigación es de **nivel explicativo** debido a que va a determinar a través de resultados el mejoramiento de la subrasante tras la adición de tereftalato de polietileno de manera independiente, y se desarrolló los procedimientos empleados. Al respecto Niño (2011) indica que “implica averiguar las causas de las cosas y hechos de la realidad, respondiendo preguntas fundamentales con la finalidad de conocer el porqué de los sucesos” (p. 35).

Es de **enfoque cuantitativo** ya que parte de la hipótesis cuyo resultado será representado numéricamente, es decir, en cuanto mejorará la plasticidad, compactación y resistencia de la subrasante. Por otro lado, Niño (2011) mencionan que “está relacionado con la cantidad y utiliza principalmente las mediciones y cálculos” (p. 31).

### 3.2. Variables y operacionalización:

#### Variable independiente:

Tereftalato de polietileno reciclado

#### Variable dependiente:

Subrasante

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Según Niño (2011) sostienen que "la población se constituye por una totalidad de elementos que conforman el ámbito de la investigación" (p. 56).

La población del presente proyecto está conformada por las subrasantes de la carretera tramo Pucaloma - Maukallaqta.

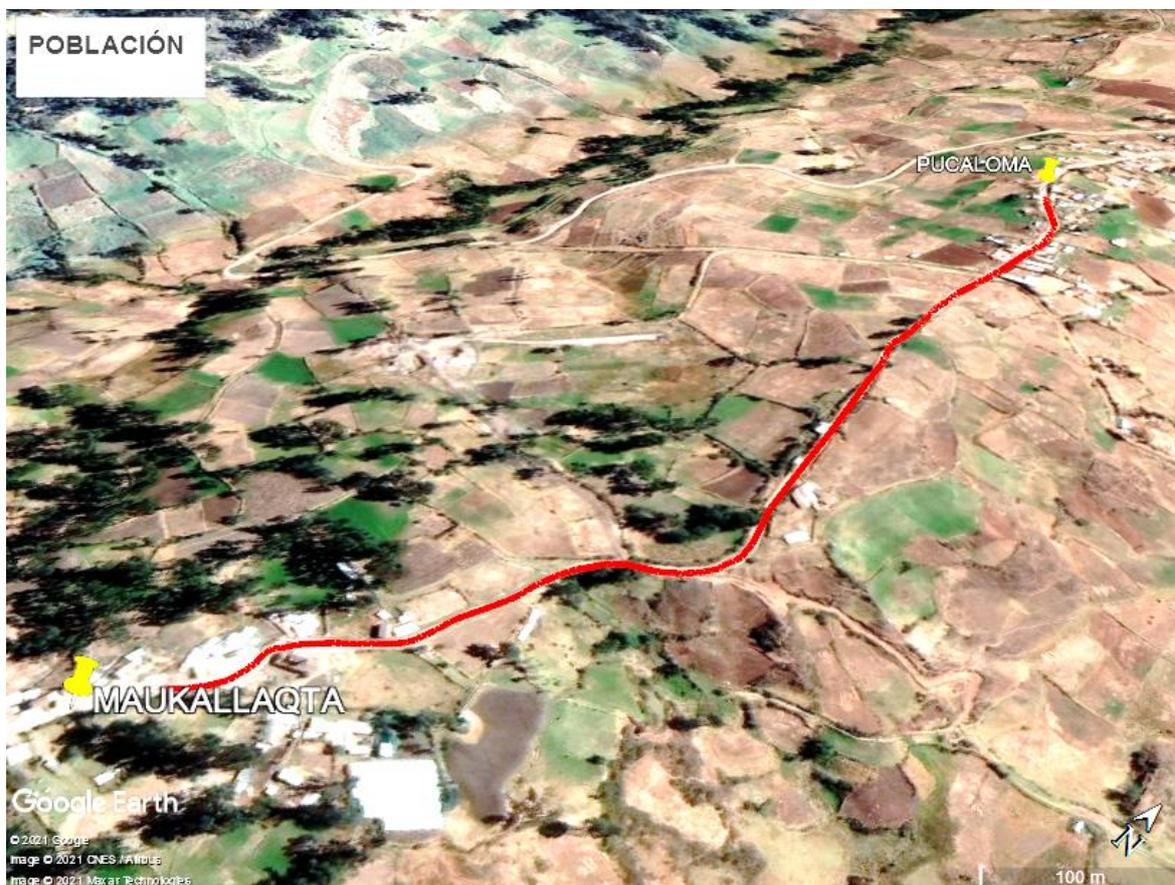


Figura 3: Vista satelital del área de estudio

## **Muestra**

Al respecto Niño (2011) sostiene la muestra es una representación de la población, que es seleccionada con la finalidad de estudiar las características de una población total” (p. 56).

La muestra está conformada por la subrasante de la prog. 0+000 hasta la prog. 0+100 de la carretera tramo Pucaloma – Maukallaqta. Se realizó una calicata de 1.50m de profundidad, y una vez obtenida la muestra, se realizaron los ensayos de contenido de humedad, granulometría, plasticidad, Proctor modificado y CBR; del cual se obtendrán las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

## **Muestreo**

Teniendo como referencia la clasificación de los tipos de muestreo según Fernández Collado, Hernández Sampieri, & Baptista Lucio el año 2014, el tipo de muestreo es no probabilístico, porque el tipo de muestreo es de selección preferencial (conveniencia).

### **3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

#### **Técnica**

Niño (2011) sustenta que “se entiende como la actividad que implica la investigación, son llamados también métodos o como el instrumento que se aplicará a la investigación” (p. 30).

La técnica aplicada en la presente investigación será la observación, porque es el método más confiable que acerca a la verdad. Según Niño (2011) señala que “la observación nos permite tener conocimiento del mundo cotidiano y evadir sus peligros y solventar sus necesidades” (p. 62).

#### **Instrumento de recolección de datos**

En cada variable se aplicarán diversos instrumentos, como ensayos de suelos realizados en laboratorio con la finalidad de obtener resultados confiables en los diferentes ensayos para poder determinar el comportamiento del tereftalato de

polietileno reciclado en el tramo Pucaloma Maukallaqta. Según Baena (2017) señala que “los instrumentos son considerado como apoyo de la técnica con la finalidad de que cumpla con su propósito” (p.83).

### **Validez**

El proyecto de investigación será validado por el juicio de especialistas en el área de la Ingeniería Civil, que consistirá en validar los instrumentos que se aplicarán en el desarrollo de los ensayos de laboratorio, y mediante la obtención las firmas de tres especialistas en el tema desarrollado, se dará mayor consistencia a los instrumentos propuestos.

### **Confiabilidad**

“La confiabilidad hace referencia a que el instrumento debe medir igualmente cada vez que se emplee o que los observadores puedan medir igualmente en circunstancias similares y en el cual se deban llegar a mutuos acuerdos” (Valerino, y otros, 2015)

Antes de la realización de los ensayos se tuvo en cuenta que todos los equipos para la utilización de mis ensayos estuvieran con su certificado de calibración vigente.

## **3.5. Procedimientos**

Para el terreno en estado natural, se tomó una muestra de la calicata que se ejecutó en el proyecto, con el fin de establecer el contenido de humedad de la muestra, análisis de granulométrico por tamizado, límites de Atterberg y después se pudo clasificar el suelo por los métodos AASHTO y SUCS. Posteriormente se realizó la compactación del suelo mediante una energía modificado (Proctor Modificado) para obtener los valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad y al final se realizó el ensayo de razón de soporte california CBR para determinar el porcentaje del índice de resistencia del suelo en estado

natural. Por otro lado se obtuvo la subrasante tratado, que consistió en la adición del tereftalato de polietileno reciclado a la muestra de suelo, se empezó realizando los límites de Atterberg para determinar de qué manera afectará la plasticidad del suelo, después se realizó la compactación del suelo con una energía modificada (Proctor Modificado) con la incorporación de las diferentes dosificaciones del tereftalato de polietileno reciclado (0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%) con el fin de calcular los valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad. Finalmente, se calculó la razón de soporte california CBR del terreno mejorado con la adición de las diferentes dosificaciones del tereftalato de polietileno reciclado (0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%) para determinar el índice de resistencia del terreno tratado.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la presente investigación se realizó los ensayos de contenido de humedad de un suelo, análisis de granulometría de suelos por tamizado, límite líquido de los suelos (LL), límite plástico de los suelos (LP) e índice de plasticidad (IP), Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) y finalmente el ensayo de CBR de los suelos (laboratorio). A continuación, se detallará como se llevó a cabo todo los ensayos de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación está realizada con transparencia, compromiso, responsabilidad y sobre todo respeto por los antecedentes, citándose de manera conveniente ya que sirvieron como principal fuente de información. Por otro lado, la investigación se elaboró de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el objetivo de obtener resultados confiables durante el desarrollo de los ensayos propuestos.

## **IV. RESULTADOS**

**Nombre del proyecto:**

La presente tesis tiene por título “Influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la subrasante de la carretera tramo Pucaloma - Maukallaqta, Ayacucho - 2021”.

**Ubicación de la Zona de estudio:**

La presente tesis se realizó en el distrito de Socos, ubicada específicamente en el tramo de los centros poblados de Pucaloma y Maukallaqta, el centro poblado de Pucaloma tiene coordenadas de este: 575881m, norte: 8539367m y con una elevación de 3476 msnm y el centro poblado de Maukallaqta tiene coordenadas de este: 575908m, norte: 8538462m y con una elevación de 3535 msnm.

El objetivo de la presente tesis es Determinar la influencia de la adición del tereftalato de polietileno reciclado en porcentajes de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%, en la estabilización de la subrasante en el tramo de Pucaloma y Maukallaqta, 2021.

El área de influencia de la presente tesis, se encuentra ubicada en:

Región	:	Ayacucho.
Departamento	:	Ayacucho.
Provincia	:	Huamanga.
Distrito	:	Socos.

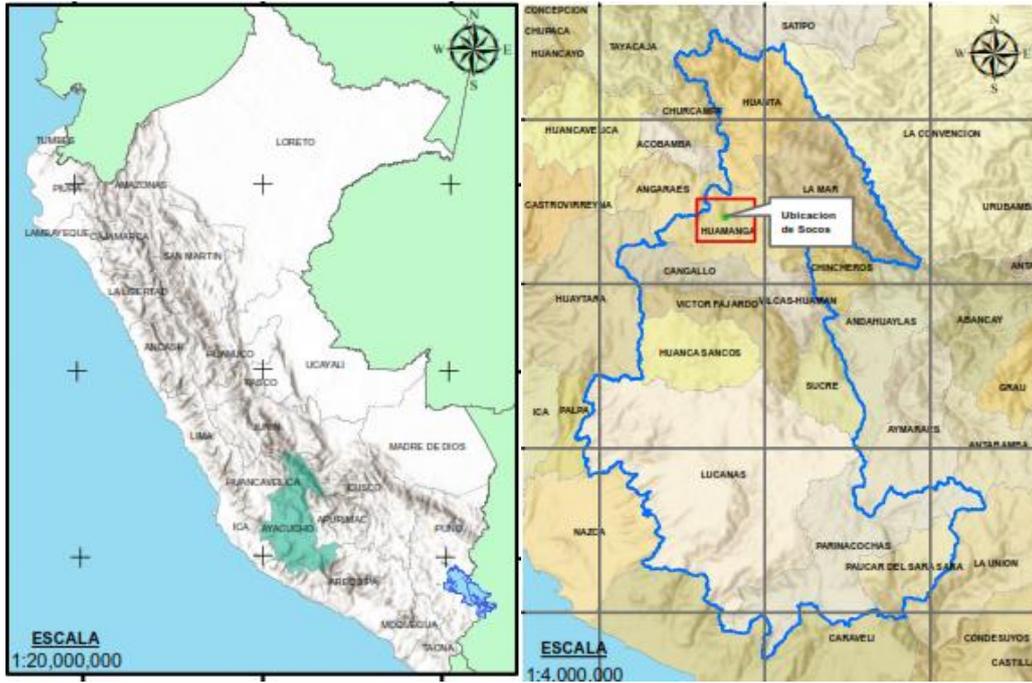


Figura 4: Ubicación del Perú y del departamento de Ayacucho

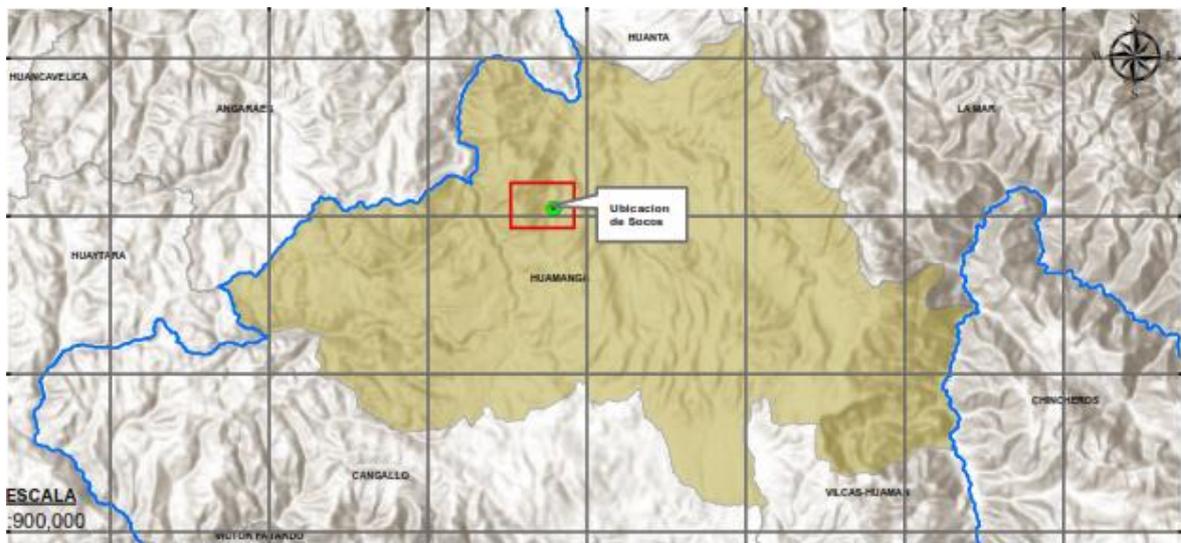


Figura 5: Ubicación de la provincia de Huamanga



Figura 6: Localización geográfica del Proyecto

### **Accesibilidad a la Zona de Estudio:**

Para llegar al área de estudio, partiendo desde la Plaza de armas de Ayacucho con rumbo al suroeste, se toma la vía Los Libertadores, llegando al desvío a Socos a una distancia de 12.5km; de ahí pasando al distrito de Socos a una distancia de 3.0 km y de allí hasta el centro poblado de Pucaloma a una distancia de 2.50 km, a partir de aquí inicia el área de estudio de la presente tesis.

### Estado actual de la zona del proyecto:

La vía en estudio tiene las mismas características a lo largo del kilómetro en estudio, por lo tanto, para un mejor análisis se describe el tráfico actual que está compuesto por el tráfico de carga ligera y pesada.

Tabla 5: Índice medio diario anual

DIAS	AUTO	CAMIONETA RURAL		BUS			CAMION			TRAYLER			TOTAL	
				2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3		
DIAGRA. VEH.														
LUNES	30	16	11	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	68
MARTES	31	18	13	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	74
MIERCOLES	31	18	12	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	73
JUEVES	30	17	12	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	68
VIERNES	35	16	15	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	80
SABADO	39	20	16	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	93
DOMINGO	40	22	15	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	95
TOTAL POR SEMANA	236	127	94	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	551
IMDS	34	18	13	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	79
FC	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	--
IMDA	32	17	13	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	76

Fuente: Elaboración propia

El Índice Medio Diario aportado es de 78 vehículos, del cual 64 son vehículos menores (82.1%) y 14 son vehículos mayores (17.9%).



Figura 7: Vista del tráfico



Figura 8: Vista de la estación de conteo

## **Trabajo de Campo**

### **Ubicación de las calicatas**

Se realizó 01 calicata dentro del kilómetro que comprende el presente estudio de la tesis, asignando un código para reconocer objetivamente, C-01.



Figura 9: Calicata in situ C-01

La calicata C-01 se encuentra ubicada en la progresiva 0 + 040, la cual fue elegida mediante la técnica de observación, la exploración y extracción de muestras se desarrolló respetando los procesos, procedimientos, normas y reglamento que están vinculadas a los ensayos de materiales, de modo que se realizó los ensayos con objetividad.

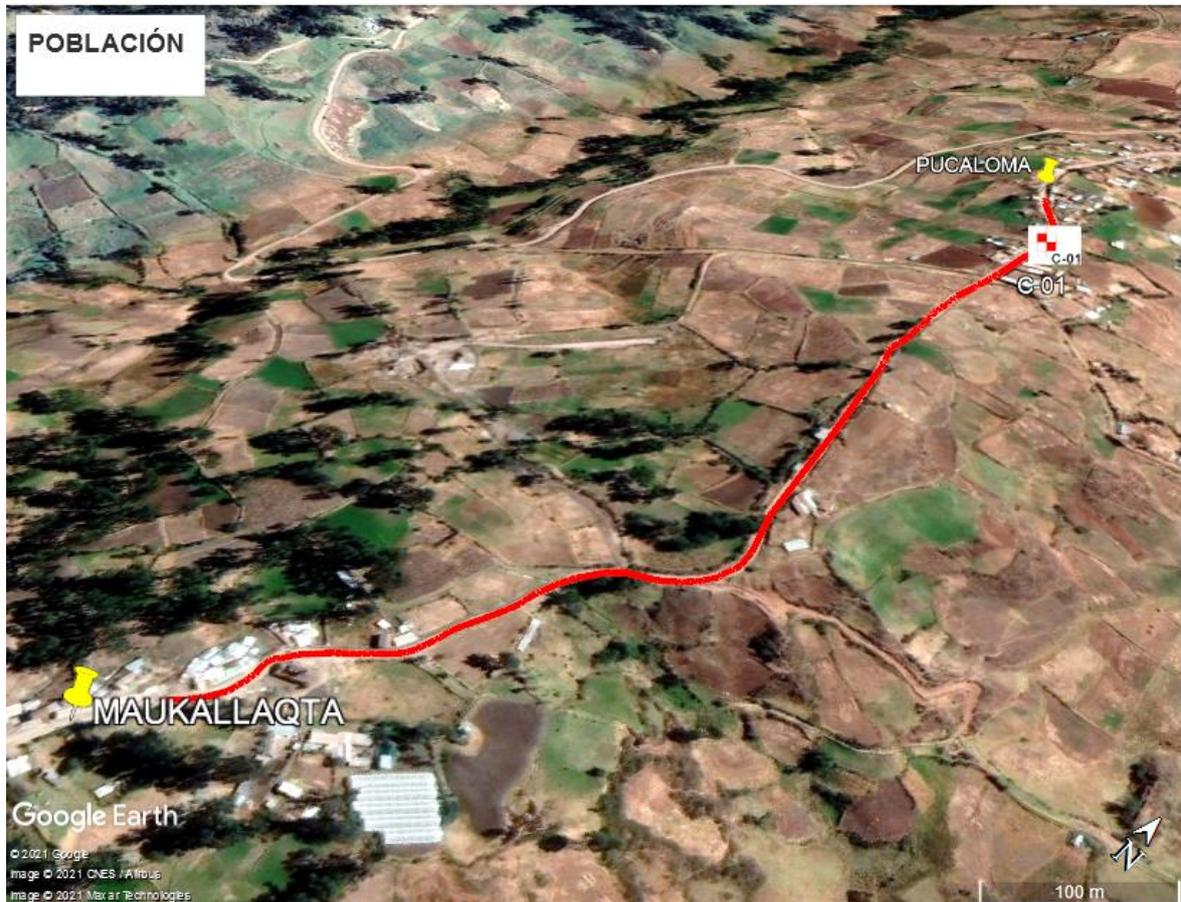


Figura 10: Ubicación de las calicatas C-01

Se realizó los ensayos de laboratorio con la muestra obtenida en la calicata C-1, debida a que se encuentra ubicada favorablemente en nuestra zona de estudio y cumple las condiciones, características y propiedades físicas del área de estudio.

Tabla 6: Ubicación y descripción técnica de las calicatas

Calicata	Progresiva	Profundidad (m)	Lado	Coordenadas	
				Este (m)	Norte (m)
C-01	0 + 040	1.5	Izquierdo	575908	8539388

Fuente: Elaboración propia.

## **Trabajo de Laboratorio**

Se realizaron 06 ensayos de granulometría (NTP 339.132, 2014), las muestras fueron tomadas de la siguiente manera: 01 ensayo en estado natural de la calicata C-01, 06 ensayos con las muestras por separado de suelo de la calicata C-01, con adición del 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado para determinar su clasificación granulométrica de las partículas que están compuestas las muestras, se realizó la clasificación de los suelos mediante el sistema AASTHO (NTP 339.135, 2014) y SUCS (NTP 339.134, 2014), así mismo se realizó 01 ensayo de límites de Atterberg para determinar el índice de plasticidad de las muestras para el análisis y estudio de límite líquido (MTC E-110, 2016) y límite plástico (MTC E-111, 2016) de las cuales se obtuvo el índice de plasticidad, las muestras fueron tomadas de la siguiente manera: 01 ensayo en estado natural de la calicata C-01, así mismo se realizó el ensayo de Proctor Modificado (MTC E-115, 2000) para determinar su máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, del mismo modo se realizó 06 ensayos de CBR (MTC E-132, 2000) para determinar su capacidad de resistencia del suelo, las muestras se tomaron de la siguiente manera: 01 ensayos en estado natural y 05 ensayos con las muestras por separado del suelo de la calicata C-01, con adición del 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado, los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos, pavimentos y concreto "INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES EIRL". GEOLOGÍA, GEOTECNICA Y PAVIMENTOS.

La muestra de suelo de la calicata C-01, para el desarrollo de la presente tesis fueron tratadas con mucho cuidado al momento de su manipulación y traslado, de modo que éstas no se alteren en sus resultados, los estudios se realizaron respetando los parámetros establecidos dentro de la normas y el reglamento que define los procedimientos estandarizados, los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio han logrado analizar detalladamente cada una de las características y propiedades de las muestras de suelo obtenido en la calicata C-01.



Figura 11: Ensayos de la muestra C-01 en laboratorio



Figura 12: Registro de Muestra C-01 en zona de trabajo

### **Granulometría ASTM 422 - MTC E 107**

Con este ensayo determinamos la distribución granulométrica del suelo en estado natural y con la adición del tereftalato de polietileno reciclado, en porcentajes de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%.

De acuerdo al Manual de pavimentos, suelos, geotecnia y geología del MTC, el ensayo de granulometría de una muestra de suelo tiene el objetivo de determinar la cantidad de sus diferentes elementos compuestos, se clasifican en función de los tamaños de suelo.

La muestra natural y con la adición del tereftalato de polietileno reciclado en diferentes porcentajes cuenta con trazos de grava, con pequeña cantidad de arena y bastante cantidad de finos.

Tabla 7: Porcentajes de suelo

MUESTRA		ENSAYOS DE GRANULOMETRIA										
MUESTRA		Cantidad	% GRAVA	Cantidad	% ARENA	Cantidad	% FINOS	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Cc
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE	Trazos	0.55	Pequeña	15.99	Bastante	83.45	0.0090	0.0270	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.4%	Trazos	0.54	Pequeña	15.99	Bastante	83.47	0.0090	0.0270	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.8%	Trazos	0.53	Pequeña	15.98	Bastante	83.48	0.0090	0.0270	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%	Trazos	0.52	Pequeña	15.98	Bastante	83.50	0.0090	0.0269	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.6%	Trazos	0.52	Pequeña	15.97	Bastante	83.51	0.0090	0.0269	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 2.0%	Trazos	0.51	Pequeña	15.96	Bastante	83.53	0.0090	0.0269	0.0539	6.0	1.5

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente grafica se observa la variación de los porcentajes de grava respecto a la adición del tereftalato de polietileno reciclado. Para la muestra de suelo natural se observa un porcentaje de grava de 0.55%, para la muestra de suelo con la adición del 0.4% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de grava de 0.54%, para la muestra de suelo con la adición del 0.8% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de grava de 0.53%, para la muestra de suelo con la adición del 1.2% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de grava de 0.52%, para la muestra de suelo con la adición del 1.6% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de grava de 0.52% y para la muestra de suelo con la adición del 2.0% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de grava de 0.51%.

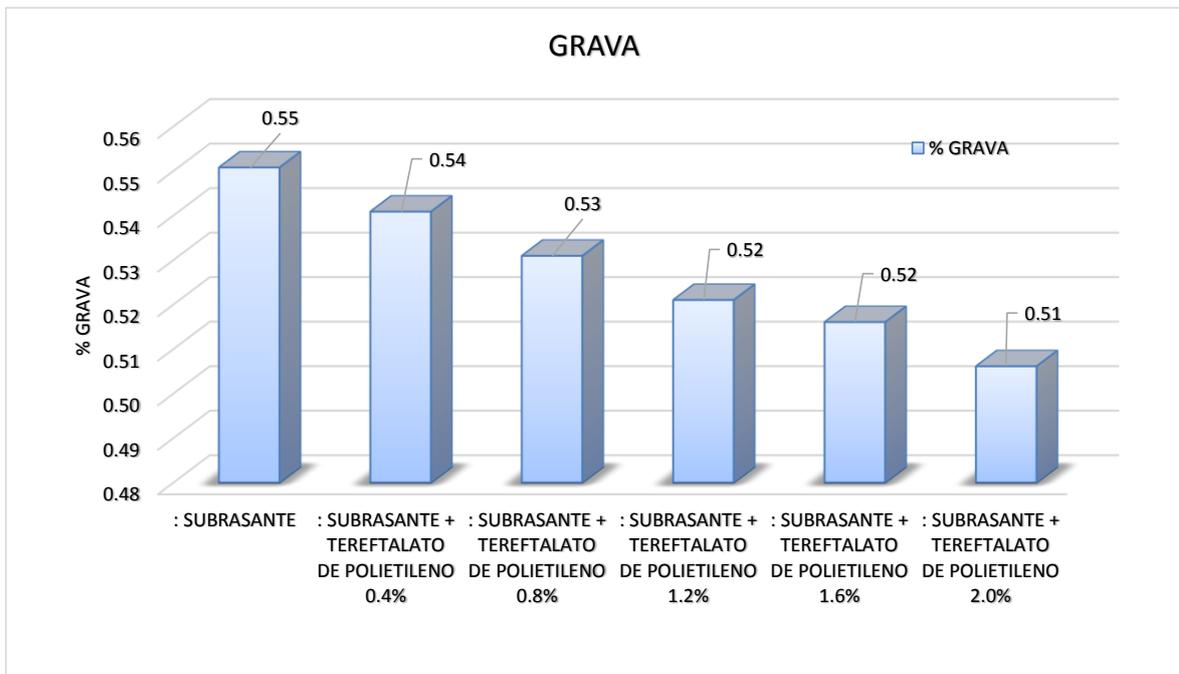


Figura 13: Variación de los porcentajes de grava en función a la adición del tereftalato de polietileno reciclado

En la siguiente gráfica se observa la variación de los porcentajes de arena respecto a la adición del tereftalato de polietileno reciclado. Para la muestra de suelo en estado natural se observa un porcentaje de arena de 15.99%, para la muestra de subrasante con la adición del 0.4% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de arena de 15.99%, para la muestra de suelo con la adición del 0.8% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de arena de 15.98%, para la muestra de suelo con adición del 1.2% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de arena de 15.98%, para la muestra de suelo con adición del 1.6% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de arena de 15.97% y para la muestra de suelo con la adición del 2.0% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de arena de 15.96%.

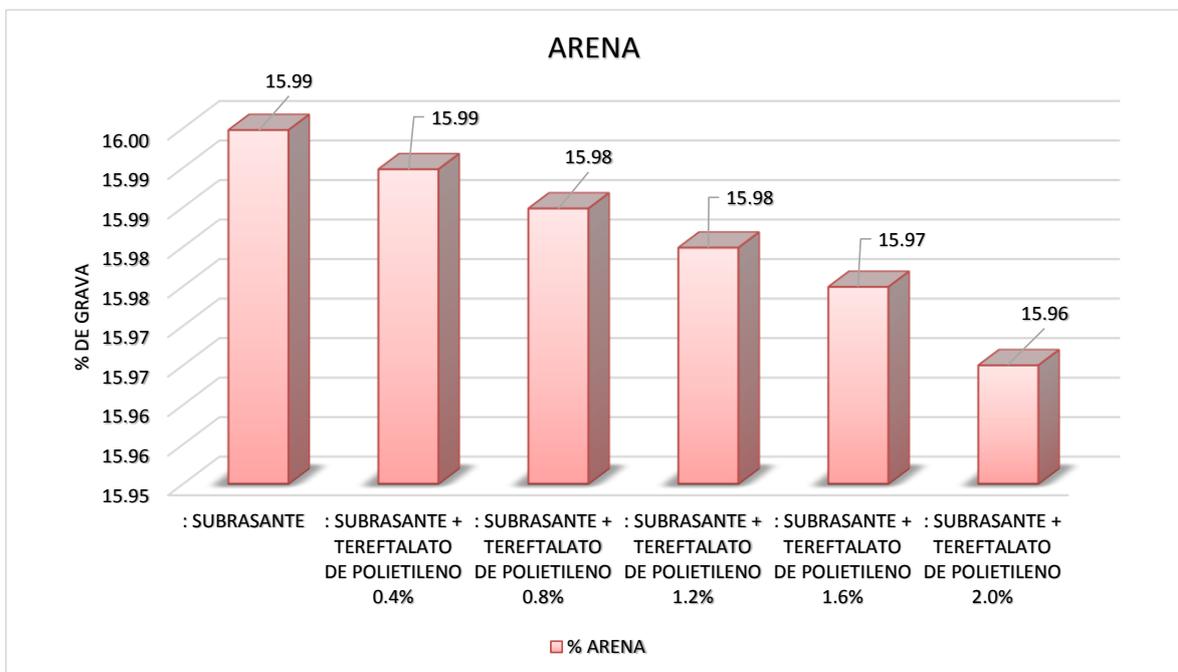


Figura 14: Variación de los porcentajes de arena en función a la adición del tereftalato de polietileno reciclado

En la siguiente grafica se observa la variación de los porcentajes de finos respecto a la adición del tereftalato de polietileno reciclado. Para una muestra de suelo en estado natural se observa un porcentaje de finos de 83.45%, para la muestra de suelo con la adición del 0.4% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de finos de 83.47%, para la muestra de suelo con la adición del 0.8% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de finos de 83.48%, para la muestra de suelo con adición del 1.2% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de finos de 83.50%, para una muestra de suelo con adición del 1.6% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de finos de 83.51% y para la muestra de suelo con adición del 2.0% del tereftalato de polietileno se observa un porcentaje de finos de 83.53%.

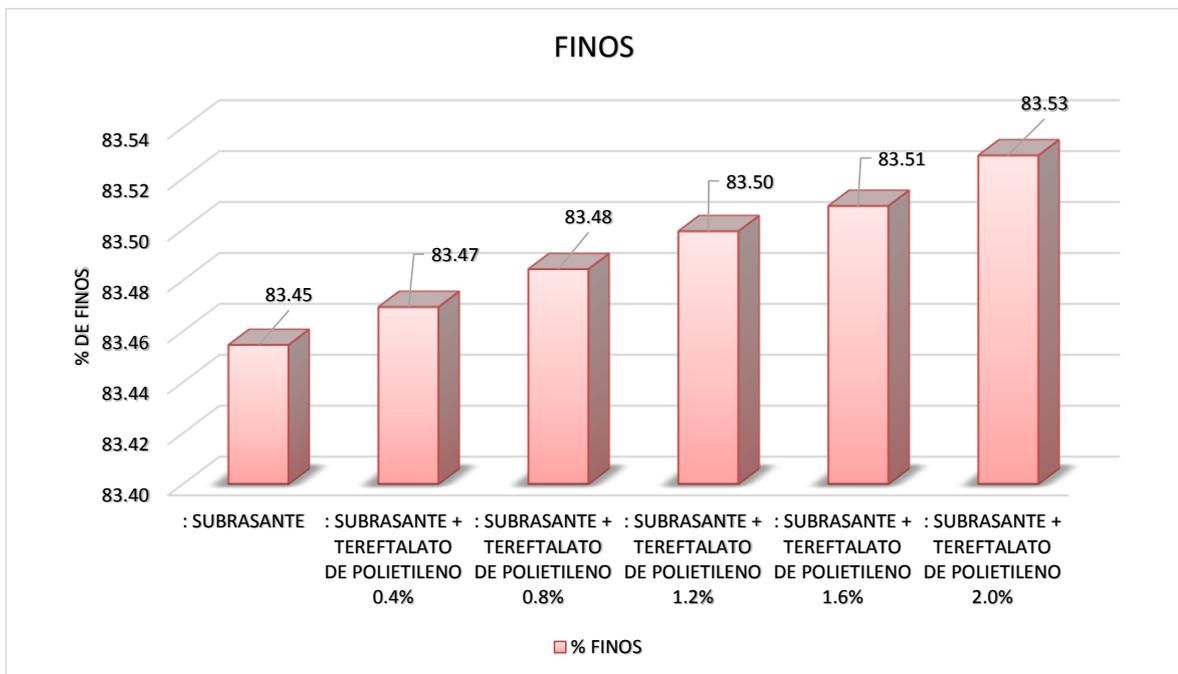


Figura 15: Variación de los porcentajes de finos en función a la adición del tereftalato de polietileno reciclado



Figura 16: Vista del ensayo de granulometría

### Límite de Atterberg ASTM 4318

En la tabla 8 se determinó los límites de Atterberg de la muestra natural, con un Límite plástico LP=29.9%, Límite Líquido LL=18.0%, e índice plástico IP=11.9% de la muestra natural.

Tabla 8: Ensayos de plasticidad de suelos

MUESTRA		ENSAYOS DE PLASTICIDAD (PASANTE MALLA N° 40)										
MUESTRA		Plasticidad en función al LL	LL %	Índice de Compresibilidad Cc=0.009(LL-10)	Clasificación de la Compresibilidad	LP %	Plasticidad en función al IP	Clasificación del suelo en función al IP	IP %	Índice de Fluidéz IL	Consistencia de la fracción fina según el Índice de Fluidéz	
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE	Baja	29.9%	0.179	Baja	18.0%	Media	Arcilloso	11.9%	-0.4	Estado Semisólido	Muy Duro

Fuente: Ingeotecon, laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.



Figura 17: Vista del ensayo de límites de consistencia

## Clasificación de suelo

En la tabla N° 9, se muestra la clasificación AASTHO, SUCS y nombre de grupo (ASTM D-2487) en función al ensayo de granulometría y plasticidad de los suelos. La muestra natural y con la adición del tereftalato de polietileno reciclado al 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0% se clasifican como una arcilla ligera con arena, como un A-6 (9) en el sistema AASTHO, como un CL en el sistema SUCS y se clasifica en función al índice de grupo como pobre.

Tabla 9: Clasificación de suelos

MUESTRA		CLASIFICACION DE SUELOS			
MUESTRA		Clasificación AASTHO	Clasificación del suelo en función al Índice de Grupo	Clasificación SUCS	Nombre de Grupo (ASTM D-2487)
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE	A-6 (9)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.4%	A-6 (9)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.8%	A-6 (9)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%	A-6 (9)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.6%	A-6 (9)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 2.0%	A-6 (9)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA

Fuente: Ingeotecon, laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

## Proctor modificado ASTM D 1557

Para realizar el ensayo de Proctor Modificado se empleó el método "A", a través de este método se determinó el contenido de humedad con relación a su densidad seca, donde se pudo determinar la curva de compactación. Como primer paso es importante conocer la máxima densidad seca de la muestra de suelo en estado natural y la muestra con la adición del tereftalato de polietileno reciclado al 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%, de modo que se pudo conocer objetivamente el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima seca.

En la figura 18 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo en estado natural, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 15.60% y la máxima densidad seca es de 1.867 g/cm<sup>3</sup>.

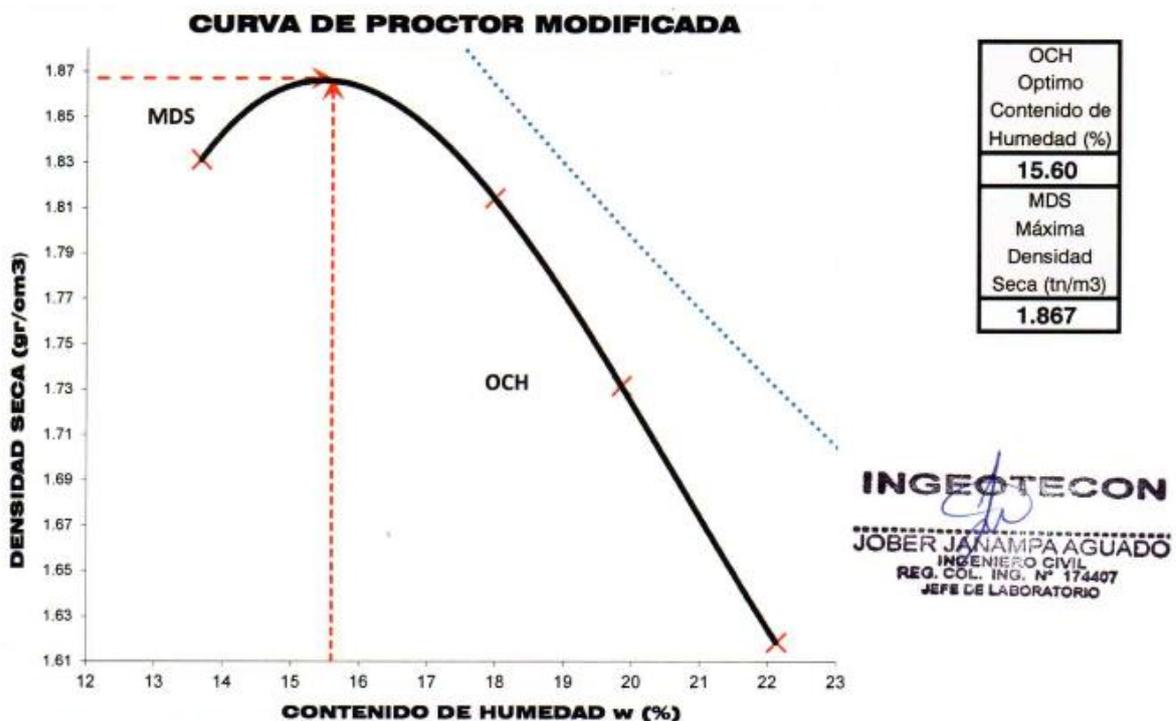


Figura 18: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo

Fuente: Ingeotecon, especialistas en geología, geotecnia y pavimentos.

En la figura 19 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo + 0.4% del tereftalato de polietileno, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 15.10% y la máxima densidad seca es de 1.863 g/cm<sup>3</sup>.

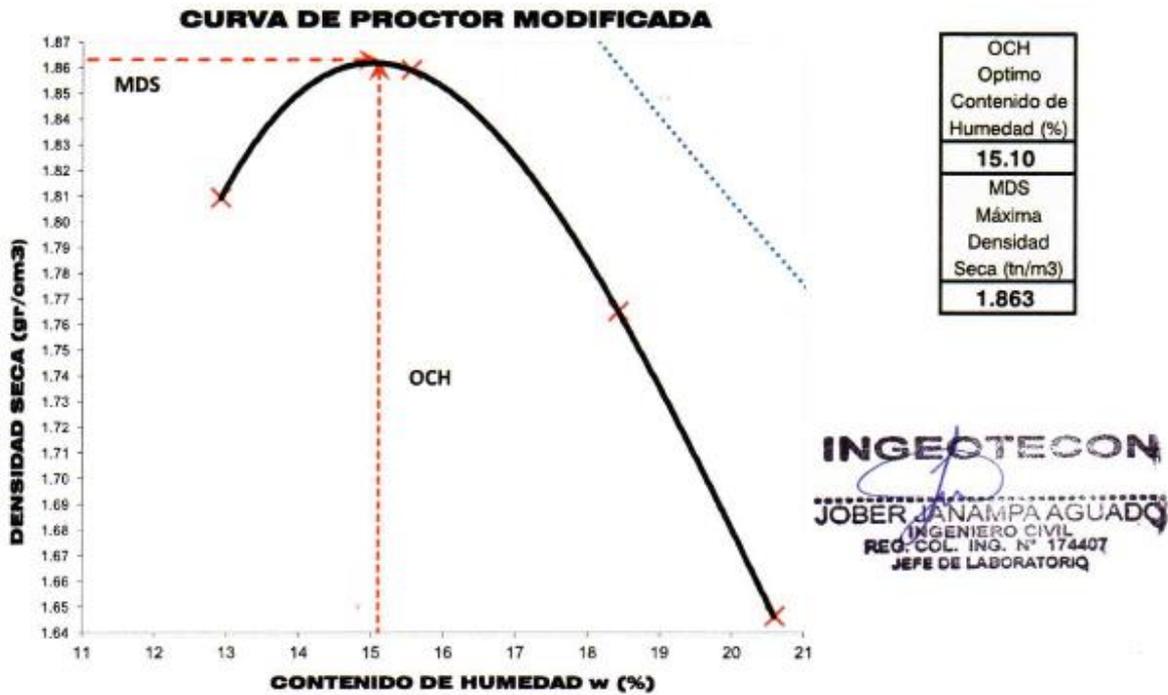


Figura 19: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 0.4% del tereftalato de polietileno

Fuente: Ingeotecon, especialistas en geología, geotecnia y pavimentos.

En la figura 20 se observa la curva de contenido de humedad óptima en relaciona su máxima densidad seca de la muestra de suelo + 0.8% del tereftalato de polietileno, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 15.30% y la máxima densidad seca es de 1.860 g/cm<sup>3</sup>.

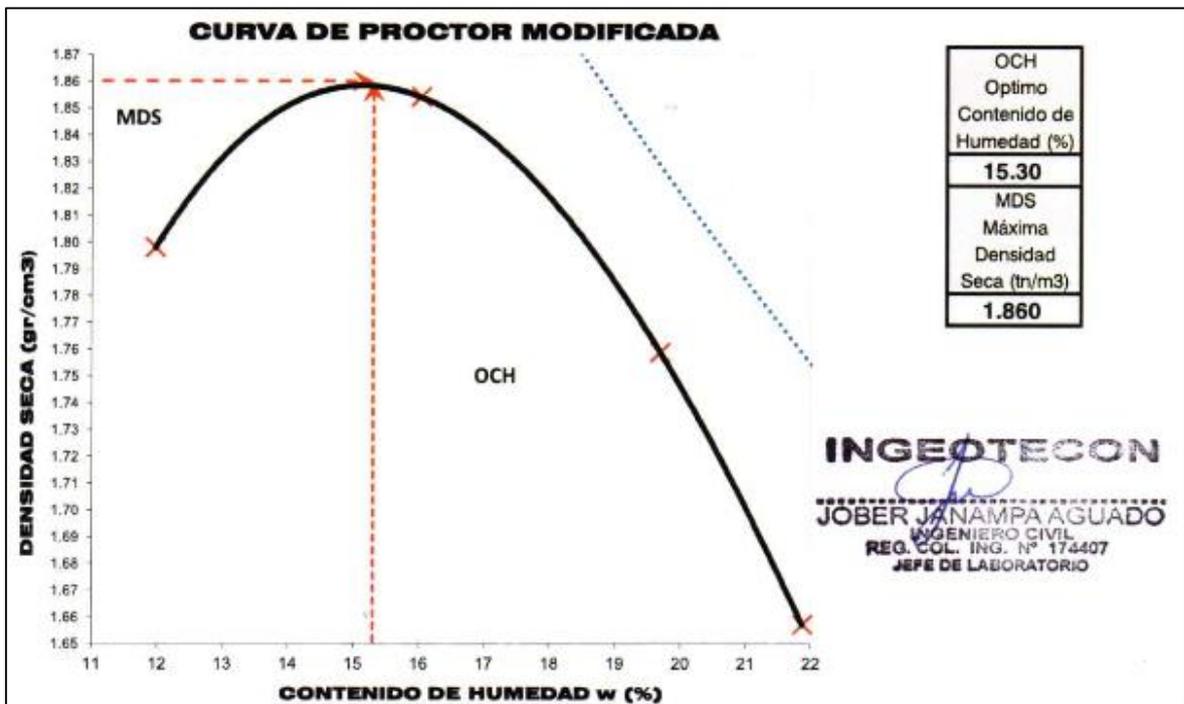


Figura 20: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 0.8% del tereftalato de polietileno

En la figura 21 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo + 1.2% del tereftalato de polietileno, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 15.40% y la máxima densidad seca es de 1.854 g/cm<sup>3</sup>.

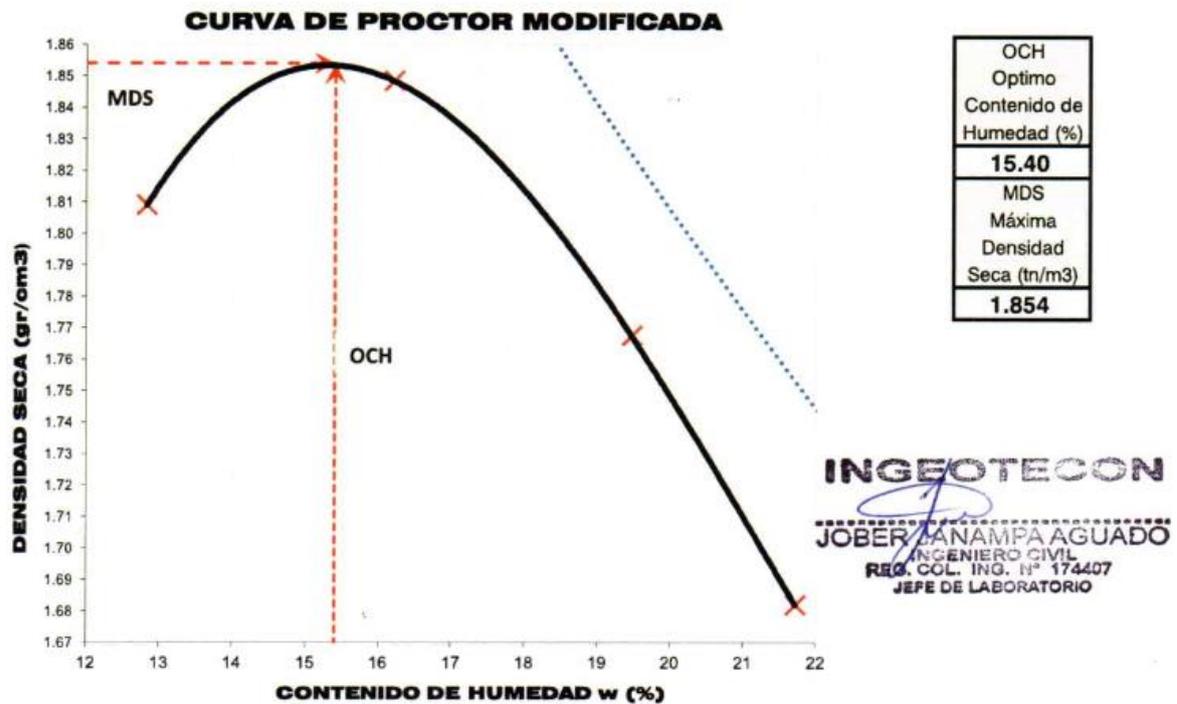


Figura 21: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 1.2% del tereftalato de polietileno

En la figura 22 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo + 1.6% del tereftalato de polietileno, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 15.80% y la máxima densidad seca es de 1.842 g/cm<sup>3</sup>.

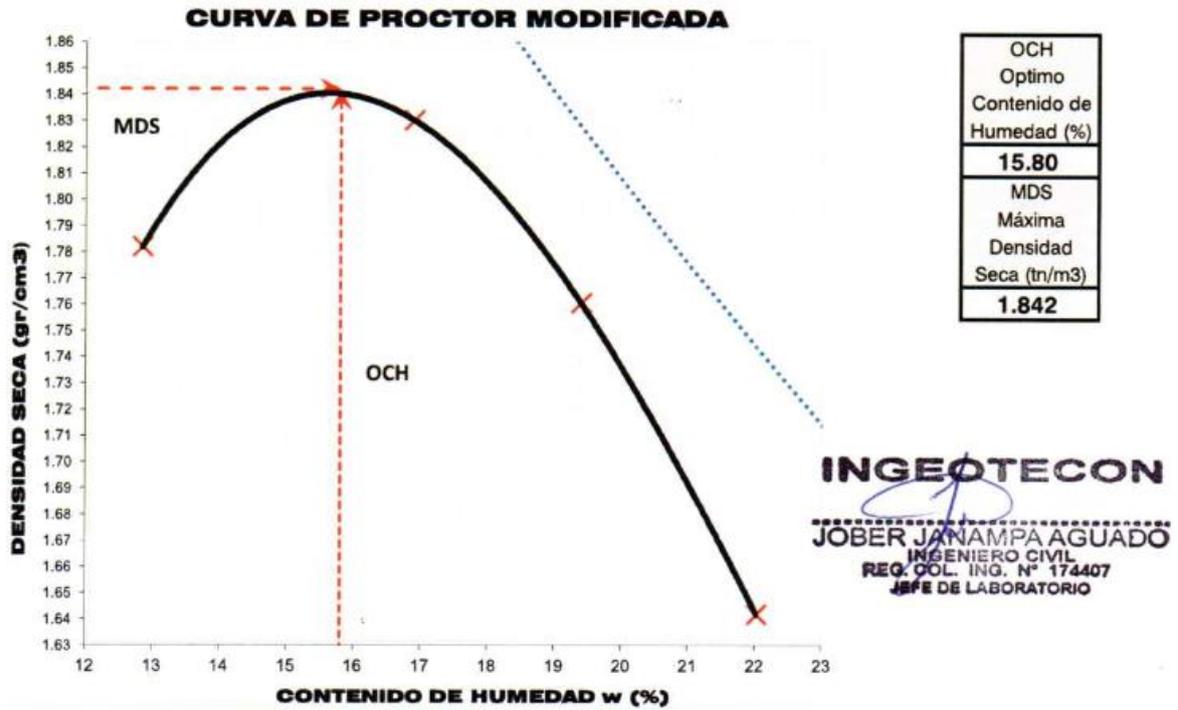


Figura 22: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 1.6% del tereftalato de polietileno

En la figura 23 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo + 2.0% del tereftalato de polietileno, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 15.70% y la máxima densidad seca es de 1.834 g/cm<sup>3</sup>.



Figura 23: Curva del proctor modificado en la muestra de suelo + 2.0% del tereftalato de polietileno

En la siguiente figura se muestra los resultados de los ensayos de proctor modificado de la muestra de suelo de subrasante, la máxima densidad seca varió desfavorablemente conforme se fue adicionando el tereftalato de polietileno reciclado en porcentajes del 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0% respecto al peso seco de la muestra. De acuerdo al ensayo de proctor modificado, en la muestra de suelo natural se obtuvo una máxima densidad seca de 1.867 g/cm<sup>3</sup> y con la adición del tereftalato de polietileno del 2.0% se obtuvo hasta una máxima densidad seca de humedad de 1.834 g/cm<sup>3</sup>.

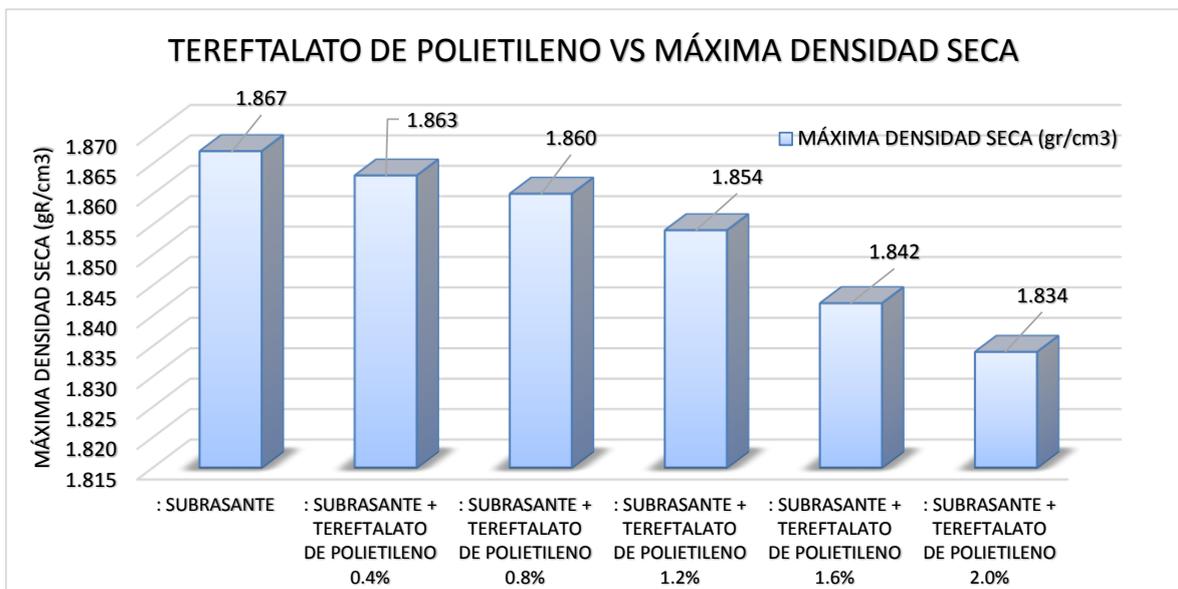


Figura 24: Variación de las máximas densidades secas en función a los porcentajes del tereftalato de polietileno reciclado



Figura 25: Vista del ensayo de proctor modificado

### **California Baring Ratio (CBR) ASTM D 1883**

Este ensayo se realiza con el objetivo de determinar la relación de soporte de suelos en la muestra de subrasante, en la tabla 10 se determinó el CBR en porcentajes de 100% y 95% de la máxima densidad seca. Para la presente investigación se usó el CBR al 95% del proctor modificado, del que evaluamos para la compactación de subrasantes.

En la tabla 10 se observa los resultado de la muestra de la calicata C-01 en estado natural, para el ensayo CBR al 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{100\%MDS} = 7.10 \%$  para una penetración de 0.1”, así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{95\%MDS} = 3.5 \%$  para una penetración de 0.1”, por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada como subrasante insuficiente, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que para un  $CBR < 6\%$  y  $CBR > 3\%$  es igual a subrasante insuficiente.

Tabla 10: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante en estado natural.

MUESTRA		CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Expansion en 4 dias (%)
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE	8.7	5.5	0.05%

Fuente: Elaboración propia

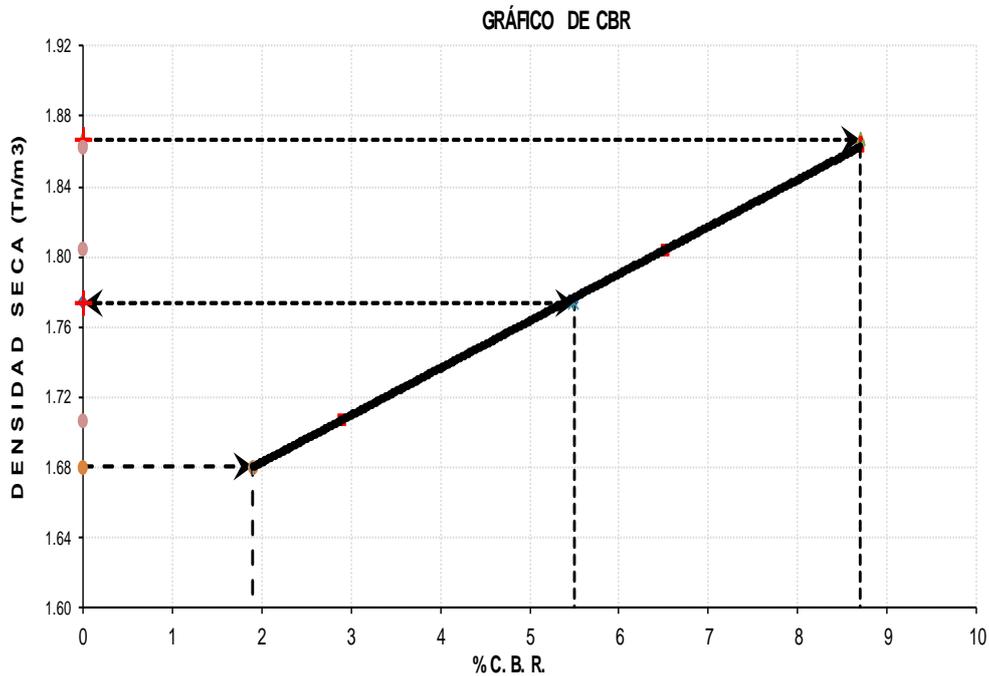


Figura 26: Gráfico del CBR de la muestra de suelo en estado natural

En la tabla 11 se observa los resultado de la muestra de la calicata C-01 más la adición del 0.4% del tereftalato de polietileno reciclado, el ensayo CBR de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{100\%MDS} = 8.8\%$  para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{95\%MDS} = 6.1 \%$  para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada como subrasante regular, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que para un  $CBR > 6\%$  y  $CBR < 10\%$  es igual a una subrasante regular.

Tabla 11: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 0.4% del tereftalato de polietileno reciclado

MUESTRA		CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Expansion en 4 dias (%)
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.4%	8.8	6.1	0.03%

Fuente: Elaboración propia

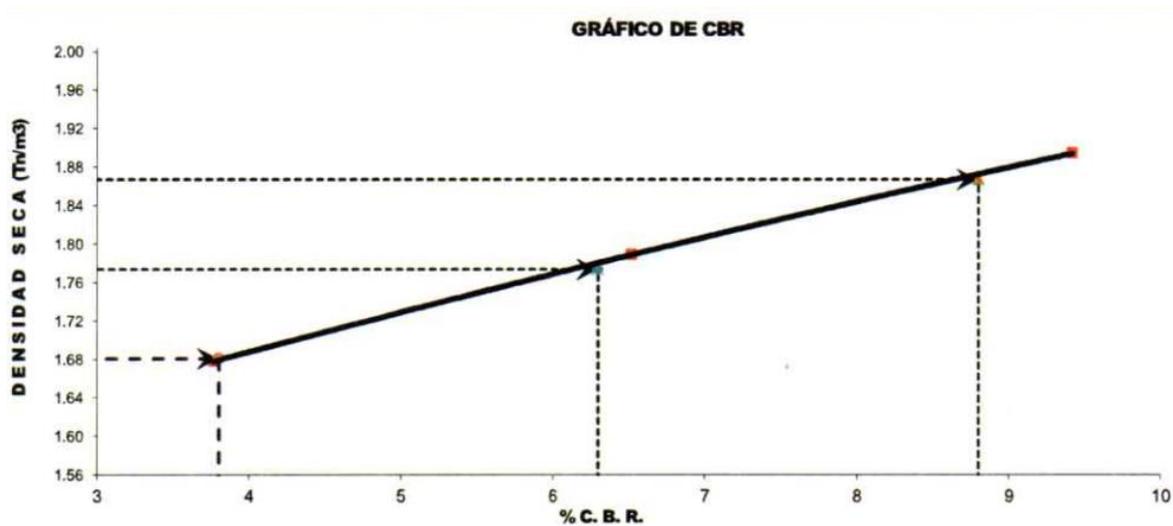


Figura 27: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 0.4% del tereftalato de polietileno reciclado

En la tabla 12 se observa los resultados de la muestra de la calicata C-01 más la adición del 0.8% del tereftalato de polietileno reciclado, el ensayo CBR al 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{100\%MDS} = 8.9\%$  para una penetración de 0.1”, así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{95\%MDS} = 6.8\%$  para una penetración de 0.1”, por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada como subrasante regular, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que para un  $CBR > 6\%$  y  $CBR < 10\%$  es igual a una subrasante regular.

Tabla 12: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 0.8% del tereftalato de polietileno reciclado

MUESTRA		CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Expansion en 4 días (%)
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.8%	8.9	6.8	0.03%

Fuente: Elaboración propia

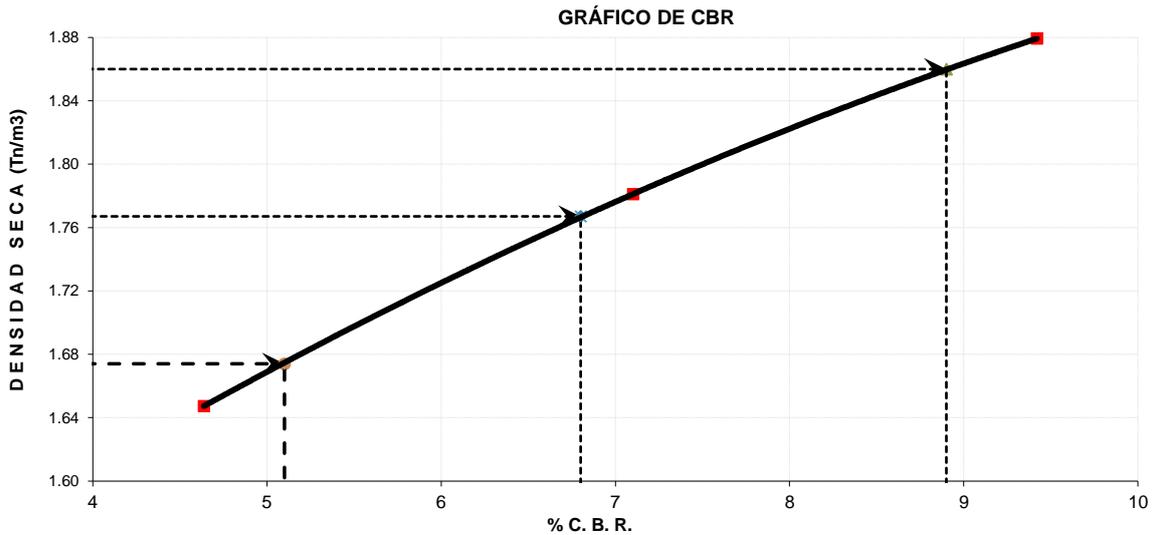


Figura 28: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 0.8% del tereftalato de polietileno reciclado

En la tabla 13 se observa los resultados de la muestra de la calicata C-01 más la adición del 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado, el ensayo CBR al 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{100\%MDS} = 9.0\%$  para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{95\%MDS} = 7.0\%$  para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada como subrasante regular, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que para un  $CBR > 6\%$  y  $CBR < 10\%$  es igual a una subrasante regular.

Tabla 13: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado

MUESTRA		ENSAYOS DE RESISTENCIA		
MUESTRA		CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Expansion en 4 días (%)
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%	9.0	7.0	0.02%

Fuente: Elaboración propia

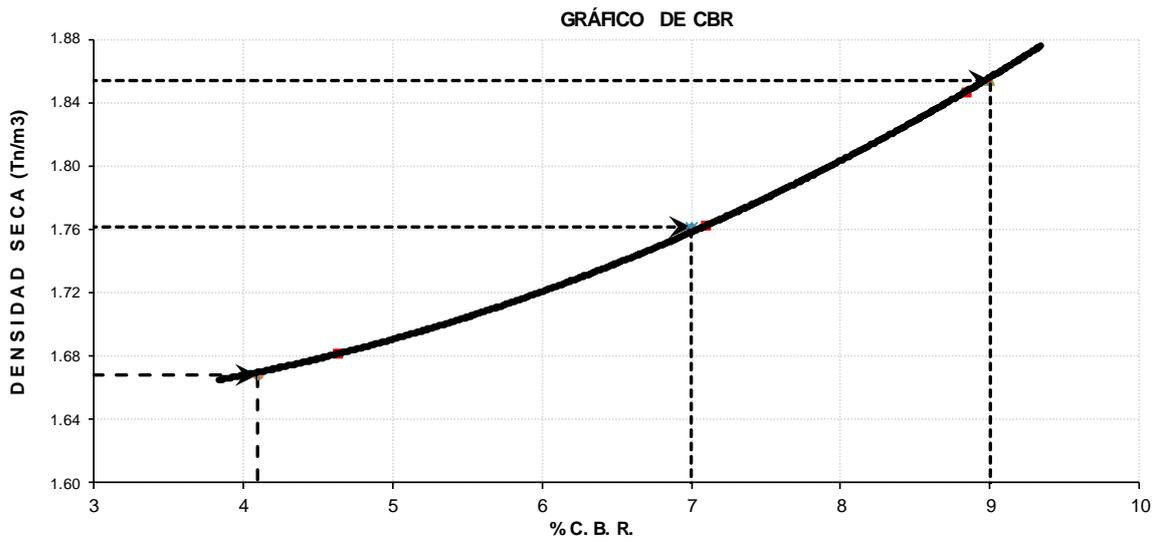


Figura 29: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado

En la tabla 14 se observa los resultados de la muestra de la calicata C-01 más la adición del 1.6% del tereftalato de polietileno reciclado. El ensayo CBR AL 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{100\%MDS} = 7.1\%$  para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{95\%MDS} = 4.9\%$  para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada como subrasante insuficiente, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que para un  $CBR < 6\%$  y  $CBR > 3\%$  es igual a una subrasante insuficiente.

Tabla 14: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 1.6% del tereftalato de polietileno reciclado

MUESTRA		CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Expansion en 4 días (%)
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.6%	7.1	4.9	0.02%

Fuente: Elaboración propia

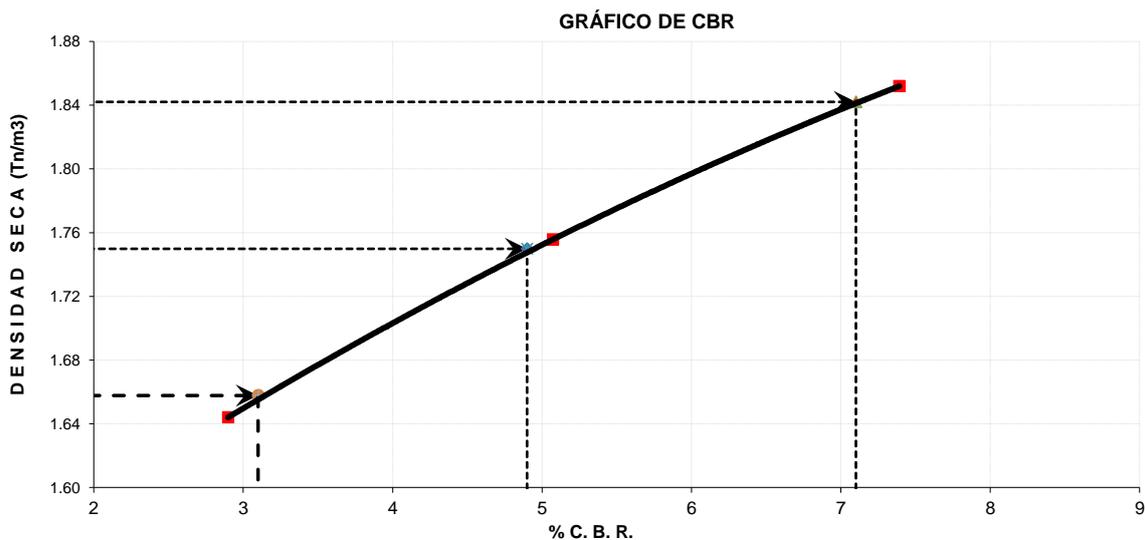


Figura 30: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 1.6% del tereftalato de polietileno reciclado

En la tabla 15 se observa los resultados de la muestra de la calicata C-01 más la adición del 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado. Con el ensayo CBR AL 100% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{100\%MDS} = 5.0\%$  para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un  $CBR_{95\%MDS} = 3.1\%$  para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada como subrasante insuficiente, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que para un  $CBR < 6\%$  y  $CBR > 3\%$  es igual a una subrasante insuficiente.

Tabla 15: Resultado de ensayo de CBR de la muestra de la subrasante + 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado

MUESTRA		CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Expansion en 4 días (%)
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 2.0%	5.0	3.1	0.02%

Fuente: Elaboración propia

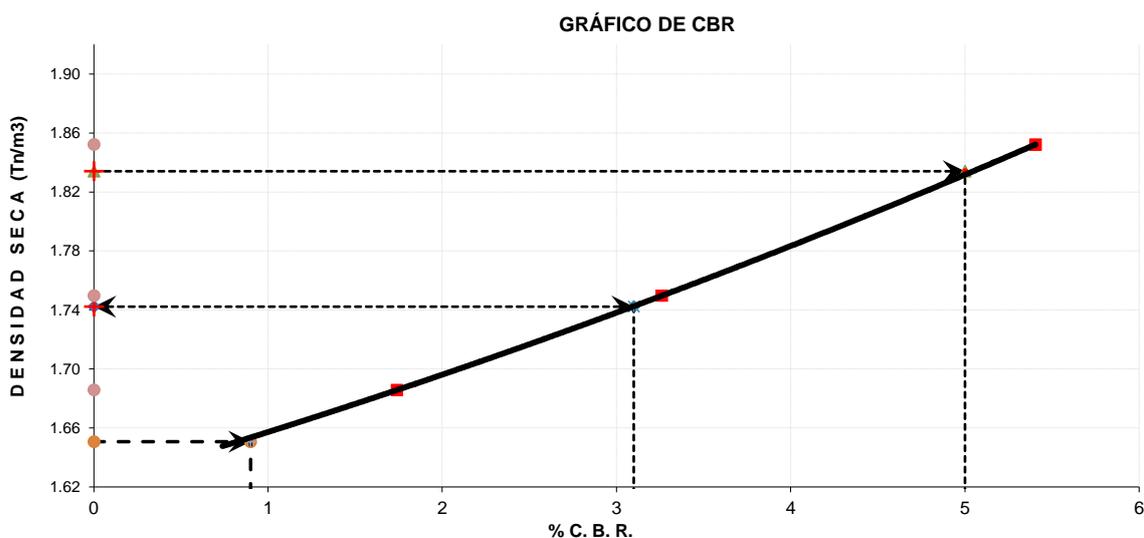


Figura 31: Gráfico del CBR de la muestra de suelo de la subrasante + 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado

En la siguiente figura se observa los resultados de los ensayos de CBR de laboratorio realizados a las muestras de suelo en estado natural y con la adición del tereftalato de polietileno al 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%. Se muestra una variación favorable del  $CBR_{95\%MDS} = 5.5\%$  para la muestra natural hasta un  $CBR_{95\%MDS} = 7.0$  para una adición de 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado. Para una adición del 1.6% del tereftalato de polietileno se observa una disminución del  $CBR_{95\%MDS} = 4.9$  y para una adición de 2.0% del tereftalato de polietileno una disminución del  $CBR_{95\%MDS} = 3.1\%$ .

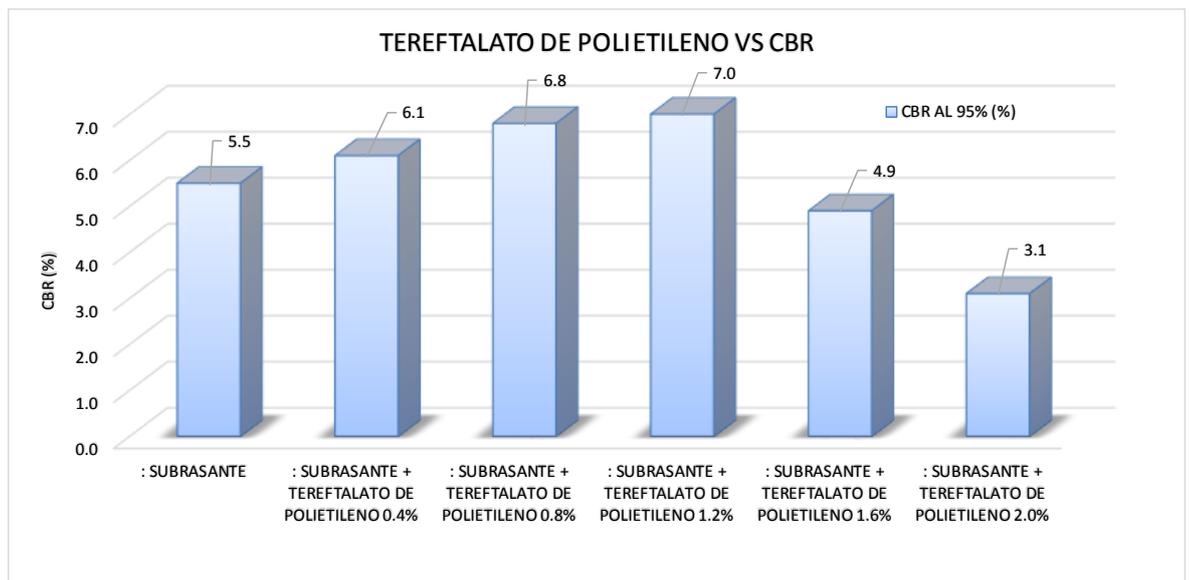


Figura 32: CBR en función de los porcentajes de tereftalato de polietileno reciclado

En la siguiente tabla se observa los incrementos del CBR en un 23.64% para una adición de 0.8% y 1.2% del tereftalato de polietileno y una disminución del CBR en un porcentaje de hasta 43.64% con la adición del 2.0% del tereftalato de polietileno.

Tabla 16: Porcentajes del tereftalato de polietileno reciclado

ENSAYO	PORCENTAJE TEREFTALATO DE POLIETILENO (%)	CBR AL 95% (%)	INCREMENTO (%)
1	: SUBRASANTE	5.5	
2	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.4%	6.1	10.91
3	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.8%	6.8	23.64
4	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%	7.0	27.27
5	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.6%	4.9	-10.91
6	: SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 2.0%	3.1	-43.64

Fuente: Elaboración propia



Figura 33: Vista del control de expansión de la muestra



Figura 34: Vista del equipo multiusos para ensayo CBR

## **Contrastación de hipótesis**

Con los resultados obtenidos en laboratorio de suelos INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L. GEOLOGIA, GEOTECNIA GEOTECNIA Y PAVIMENTOS y representadas en los reportes de ensayos, se aprueba la hipótesis que la adición del tereftalato de polietileno reciclado, influyen en las propiedades de la subrasante en el tramo Pucaloma - Maukallaqta 2021, el porcentaje de adición más óptimo para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante es del .8% y 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado.

Con las tablas, gráficas y figuras elaboradas en base a los resultados obtenidos en laboratorio y las propiedades del suelo de la subrasante, se comprueba que el tereftalato de polietileno reciclado, influyen de manera efectiva en las propiedades del suelo de la subrasante para su uso en el tramo Pucaloma – Maukallaqta - 2021.

Mediante el ensayo de Proctor Modificado se obtuvo resultados, los cuales se representaron en las tablas y figuras, de estos se afirma la hipótesis que la adición del tereftalato de polietileno reciclado no influyen de manera efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca de suelos para uso como subrasante en el tramo Pucaloma – Maukallaqta 2021, los resultados de una menor densidad seca se obtienen con un porcentaje del 2.0 del tereftalato de polietileno.

Por medio del ensayo de CBR se obtuvo resultados, los cuales se representaron en las tablas y gráficas de estos, se afirma la hipótesis que la adición del tereftalato de polietileno reciclado influyen de manera efectiva en el mejoramiento de la subrasante en el tramo Pucaloma - Maukallaqta, el porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento efectivo de la resistencia de los suelos de la subrasante es del 1.2% del peso seco de la muestra.

## **V. DISCUSIÓN**

## V. DISCUSIÓN

**OG. Evaluar cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de subrasantes en la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho – 2021**, en la investigación de Carbajal y Garzón (2019) en su tesis titulada *“Evaluación de la resistencia de un suelo de arenas arcillosas con refuerzos de fibras PET”*, los autores buscan establecer la mejora de las propiedades mecánicas de un material areno arcilloso después de la incorporación de fibras PET (3mm - 2mm) en porcentajes de 1%, recomendando que es conveniente emplear las fibras PET en un suelo areno arcilloso, ya que se presentó un incremento del CBR.

Flores (2019) en su tesis titulada *“Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018 - 2019”*, el autor busca determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos de arcilla de baja plasticidad a través de la adición del tereftalato de polietileno reciclado (1”, ½”, 2.5” y 4”), recomendando utilizar un 1.15% de las fibras PET respecto al peso seco de la muestra para estabilizar un suelo de CL (arcilla de baja plasticidad) debido a que aumenta su CBR y su MDS a un porcentaje óptimo.

En la presente investigación se utilizó el tereftalato de polietileno reciclado con dimensiones de 50mm x 2mm x 0.2mm en porcentajes de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0%, de las cuales se obtuvieron la clasificación de suelos, se graficaron los resultados de las máximas densidades secas del proctor modificado y del CBR en función de los porcentajes del tereftalato de polietileno, recomendando utilizar el tereftalato de polietileno reciclado al 1.2% del peso seco de la muestra, ya que con este porcentaje de adición se obtuvo un  $CBR_{95\%MDS} = 7.0\%$ .

Por lo tanto, realizando una comparación podemos decir que los resultados tienen coincidencias, pero poseen resultados diferentes debido al tipo de suelo las que poseen propiedades diferentes, se puede decir que se determinó las propiedades de la subrasante obteniendo resultados objetivos y reales, por lo tanto, se puede decir que estas investigaciones dan valiosos aportes.

**O1. Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la plasticidad de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021.**

Para la investigación de Marquez (2019) en su tesis titulada *"Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropon - Piura 2019"*, el autor corrobora a través de los ensayos físicos la clasificación de su muestra, estableciendo mediante el sistema SUCS y AASHTO es CL (Arena ligera y tipo grava con arena), el autor define un porcentaje de 33.0% de índice de plasticidad para su muestra, la cual indica que es un suelo con baja resistencia, se determinó que al adicionar 6%, tiene un Índice de plasticidad de 34.0% respectivamente.

En la presente investigación de acuerdo a los ensayos de plasticidad se obtuvo un límite líquido de 29.9%, un límite plástico de LP=29.9% y un índice plástico IP=11.9%, a los cuales no se les pudo adicionar el tereftalato de polietileno reciclado ya que este posee dimensiones de 50mm x 2mm x 0.2mm, siendo superiores al tamiz N° 40 por lo tanto no se pudo realizar los procedimientos del ensayo y podemos decir que los resultados tienen coincidencias ya que el tereftalato de polietileno no influye en la plasticidad del suelo.

Por lo tanto, realizando una comparación podemos decir que los resultados no tienen coincidencias, ya que en la presente investigación el tereftalato de polietileno no pudo pasar el tamiz N° 40 necesarios para el ensayo de plasticidad y en la investigación de Marquez (2019) el plástico PET pasó el tamiz N° 40, pero no hubo influencia significativa en la plasticidad de los suelos. Por lo tanto, se puede finalizar que estos aditivos no influyen en la plasticidad de suelos analizados.

## **O2. Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la compactación de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021.**

Flores (2019) en su tesis titulada "*Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018 - 2019*", para establecer la severidad mecánica de un material para subrasante tras la incorporación del tereftalato de polietileno reciclado (1", ½", 2.5" y 4"), en un suelo CL (Arcilla de baja plasticidad), obtuvo una Máxima Densidad Seca (MDS) de 1.844 g/cm<sup>3</sup> en la muestra natural, y al adicionar las fibras PET al 1.0%, 1.5%, 1.15%, 1.25% y 2.5% para los tamaños de 1", ½", 2.5" y 4", se determinó que ésta obtiene valores máximos de MDS de 1.998tn/m<sup>3</sup> a un porcentaje de fibras PET de 1.15% del peso seco de la muestra y una MDS de 2.017tn/m<sup>3</sup> a un porcentaje de fibras PET de 1.25% del peso seco de la muestra.

Ramos y Seminario (2019) en su tesis titulada "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", en un suelo tipo CL (arcilla de baja plasticidad) según la clasificación SUCS, presentó una MDS de 2.0 g/cm<sup>3</sup> y adicionando PET triturado en un porcentaje de 10% aumento la máxima densidad seca a 2.046 g/cm<sup>3</sup> y adicionando PET triturado en un porcentajes de 15% aumento la máxima densidad seca a 2.071 g/cm<sup>3</sup> respectivamente.

En la presente investigación la muestra patrón se clasifica como una arcilla ligera con arena CL y A-6 (9) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, su MDS fue 1.867 g/cm<sup>3</sup> y al adicionar el tereftalato de polietileno reciclado a un porcentaje de 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% y 2.0% del peso seco de la muestra, la máxima densidad seca disminuye hasta 1.834g/cm<sup>3</sup> al adicionar tereftalato de polietileno al 2.0%, en ese sentido se puede afirmar la máxima densidad seca disminuye conforme se va adicionando el tereftalato de polietileno reciclado, finalizando que no favorece a la compactación.

Por lo tanto, realizando una comparación en los resultados del ensayo de proctor modificado no se tienen coincidencias, por que poseen valores distintos, se puede decir que la adición del tereftalato de polietileno disminuye la máxima densidad seca con respecto a la máxima densidad seca, por lo tanto, se concluye que estas investigaciones dan una importante información.

### **O3. Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la resistencia de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021.**

Carbajal y Garzón (2019) en su tesis titulada "*Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET*", para establecer la severidad mecánica de un suelo de arena arcillosa tras la incorporación de las fibras PET (3mm-2mm), en un suelo SC (Arena arcillosa), obtuvo un CBR de 1.60%, y al adicionar 1%, se determinó que ésta aumenta a un valor de 1.90% respectivamente.

Flores (2019) en su tesis titulada "Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018 - 2019", para determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, en un suelo tipo CL (arcilla de baja plasticidad) según la clasificación SUCS, presentó un CBR de 16.91% y adicionando PET triturado en un porcentaje de 1.25% el CBR baja a 15.53% respectivamente.

Ramos (2019) en su tesis titulada "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", para determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, en un suelo tipo CL (arcilla de mediana y baja plasticidad) según la clasificación SUCS, presentó

un CBR de 2.00% y adicionando PET triturado en porcentajes de 10% y 15%, determina que el CBR incrementa a 3.0% y 4.0% respectivamente.

Márquez (2019) en su tesis titulada "Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropon - Piura 2019", para determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, en un suelo tipo CL (Arena ligera y tipo grava con arena) según la clasificación SUCS, presentó un CBR de 4.7% y adicionando plásticos PET en un porcentaje de 6.0% el CBR incrementa a 9.8% respectivamente.

En la presente investigación la muestra se clasifica como una acilla ligera con arena CL y A-6 (9) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, su MDS fue de 1.867 g/cm<sup>3</sup> y un  $CBR_{95\%MDS} = 5.5\%$  clasificado como una subrasante insuficiente y al adicionar el tereftalato de polietileno reciclado de 1.2% del peso seco de la muestra se incrementó el CBR a 7.0% clasificándose como una subrasante regular.

Por lo tanto, realizando una comparación con los resultados de los ensayos de CBR de laboratorio estos presentan coincidencias, pero poseen resultados diferentes debido al tipo de suelo y a las dimensiones de los PET, por lo tanto, en ese sentido se pueden afirmar que se pudo determinar que la adición del tereftalato de polietileno en un porcentaje óptimo favorece al CBR de los suelos de una subrasante.

## **VI. CONCLUSIONES**

## VI. CONCLUSIÓN

1. Se determinó que la adición del tereftalato de polietileno reciclado en 0.40%, 0.80%, 1.20%, 1.60% y 2.00%, a un porcentaje óptimo estabiliza el suelo de suelos CL (arcilla ligera con arena) y A-6 (9), según la clasificación SUCS y AASHTO, extraídos del tramo Pucaloma - Maukallaqta, por consiguiente, se determina que el tereftalato de polietileno reciclado es un aditivo estabilizador económico, sustentable y sostenible que mejora las propiedades de la subrasante.
2. Mediante los ensayos realizados en el laboratorio a la muestra de suelo de la calicata C-01 en estado natural, se pudo obtener las propiedades de subrasante que posee este, se determinó que el suelo analizado por los tamices define que el material que pasa por la malla N° 200 es del 83.5%, la cual determina que la muestra de suelo de la calicata C-01 se clasifica en el sistema SUCS como un CL la cual se define como una arcilla ligera con arena, su clasificación mediante el sistema AASHTO es A-6 (9), el Limite Liquido (LL) es de 29.9%, el Limite Plástico (LP) es de 18.0% y el índice de plasticidad (IP) es de 11.9%, por consiguiente la máxima densidad seca para la muestra de la calicata C-01 en estado natural es de 1.867g/cm<sup>3</sup>, el óptimo contenido de humedad es de 15.60% en estado natural, por lo tanto se concluye que se determinó objetivamente las características de subrasante de la muestra de suelo de la calicata C-01.
3. A través de los ensayos de Proctor Modificado realizados a la muestra de suelo de la calicata C-01 se pudo determinar que al adicionar el tereftalato de polietileno reciclado a la muestra de suelo de la calicata C-01 disminuye la máxima densidad seca de la muestra natural de 1.867 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad es de 15.6%, hasta una máxima densidad seca de 1.834g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 15.7% para un porcentaje de 2.0% del tereftalato de polietileno reciclado, de tal modo se concluye que la adición del tereftalato de polietileno reciclado influyen negativamente en la máxima densidad seca de la muestra para su uso como subrasante.

4. De acuerdo a los ensayos de CBR realizados a la muestra de suelo de la calicata C-01, se obtiene el más alto valor de  $CBR_{95MDS} = 7.0\%$  con la adición del tereftalato de polietileno reciclado al 1.2% del peso seco de la muestra, con este aditivo se pudo determinar que el CBR aumenta hasta un 1.27 veces su valor, siendo el CBR de la muestra en estado natural de 5.5% considerada como subrasante insuficiente y con una adición del 1.2% del tereftalato de polietileno reciclado el CBR aumento a 7.0% considerada como una subrasante regular, se concluye que el tereftalato de polietileno reciclado influye positivamente en el mejoramiento de la resistencia del suelo de arcilla ligera con arena para su uso como subrasante.

## **VII. RECOMENDACIONES**

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere al ministerio de transportes y comunicaciones utilizar el tereftalato de polietileno reciclado como una nueva alternativa ambiental para estabilizar los suelos de subrasantes.
2. Se debe buscar nuevos métodos de estabilización de suelos con materiales reciclados provenientes de los desperdicios de hidrocarburos (residuos de plástico) que son desechados en toneladas cada año, estos materiales son perjudiciales para el medio ambiente, pudiendo aprovechar sus propiedades como la rugosidad y su descomponían lenta, ya que estas propiedades son idóneas para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos para la construcción de carreteras.
3. Se recomienda a las empresas proveedores en el rubro de la construcción de infraestructuras viales y a las empresas constructoras implementarse de máquinas sofisticados para el corte del tereftalato de polietileno a gran escala o realizar pedidos de tereftalato de polietileno reciclado con las dimensiones mencionadas en la presente investigación a las empresas que realizan la comercialización de plásticos para el uso de este material como estabilizante de suelos.
4. Se debe realizar estudios del uso del tereftalato reciclado de polietileno en otros tipos de suelos y también su uso en suelos arcillosos para la construcción de otros materiales para construcción.

## REFERENCIAS

**Alejandra, Carvajal. 2019.** *Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET.* Cundinamarca : Universidad Piloto de Colombia, 2019.

**Ambientum. 2002.** Reciclado de envases PET. *Ambientum.* [En línea] 2002. [http://www.ambientum.com/revista/2002\\_31/ENVSSPET1.asp](http://www.ambientum.com/revista/2002_31/ENVSSPET1.asp).

**Arbelaez Varon, Juan y Fernando Gongora, Daniel. 2019.** *Refuerzo de estructuras terreas utilizando tereftalato de polietileno PET.* Ibagué : Universidad de Ibagué, 2019.

**Camargos Lucarelli, Daniely. 2018.** *Estudo do comportamento mecânico de solos reforçado com fibras de polietileno tereftalato (pet) de distribuição aleatória.* Minas Gerais : Universidade Federal de Viçosa, 2018.

**Ecoembes. 2018.** Blog educativo de Ecoembes. *amarilloverdeyazul.* [En línea] 31 de Julio de 2018. <http://www.amarilloverdeyazul.com/proyecto-plasticroad-holanda-construira-carreteras-fabricadas-con-botellas-de-plastico-recicladas/>.

*Effects of Plastic Waste Materials on Geotechnical Properties of Clayey Soil.*

**Hassan Aswad, Hussein Jalal, Rasul, Jabar y Samin, Maleaha. 2021.** Kurdistán : s.n., 2021, Transportation Infrastructure Geotechnology, págs. 2-24.

*EVALUATION OF THE EFFECT OF PLASTIC BOTTLE (PET) WASTE ON STABILIZATION OF CLAY.* **Mohammed, M A, y otros. 2018.** Jartum : s.n., 2018, International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, págs. 101-109.

**Flores León, Paola. 2019.** *Evaluación de la adición de fibras de PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018 2019.* Chiclayo : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.

**Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación.* Sexta. México : Interamericana, 2014.

**Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. 2006.** *Metodología de la Investigación*. Mexico : Mc Graw Hill INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2006.

—. **1997.** *Metodología de la Investigación*. Mexico : Mc Graw Hill, 1997.

**Leiva Gonzales, Roly Roberth. 2016.** *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva KM 0+000 - KM 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción*. Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016.

**Marquez Martinez, Diana Karolina. 2019.** *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropon – Piura 2019*. Piura : Universidad Nacional de Piura, 2019.

**Menéndez Acurio, José Rafael. 2012.** *Ingeniería de pavimentos*. Lima : Fondo editorial ICG, 2012.

**Menéndez, J. 2012.** *Ingeniería de Pavimentos: Materiales, Diseño y Conservación*. Segunda. Lima : Editorial ICG, 2012.

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014.** Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. [aut. libro] MTC. *Capítulo III: Componentes de la Infraestructura del camino*. Lima : s.n., 2014, pág. 20.

—. **2014.** Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. [aut. libro] MTC. *Capítulo IX: Estabilización de suelos*. Lima : s.n., 2014, págs. 92-93.

—. **2014.** Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. [aut. libro] MTC. *Capítulo IV: Suelos*. Lima : s.n., 2014, págs. 30-35.

—. **2016.** Manual de ensayos de materiales. [aut. libro] MTC. *Sección N° 1 Suelos*. Lima : s.n., 2016, pág. 105.

**Pascual, Esther. 2015.** La clasificación de los plásticos. *El blog Verde*. [En línea] 26 de octubre de 2015. <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>.

**Portal Quicaña, Victor. 2021.** *Resultados de ensayos de laboratorio en suelos.* Ayacucho : INGEOTECON : Geotecnia, concreto y pavimentos, 2021.

**Quintero Díaz, Laura Andrea. 2016.** *Diseño de una planta de reciclado de Tereftalato de polietileno (PET).* España : Universidad Politécnica de Valencia, 2016.

**Ramos Gonzales, Yanella y Seminario Chira, Wilmer. 2019.** *Uso de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado La Golondrina entre el progresivo 0 + 000 a 1 + 000 del Distrito Marcavelica - Sullana - Piura.* Piura : Universidad Cesar Vallejo, 2019.

**Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl. 2014.** *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.

**Romero Romero, Rocío Milagros y Sañac Vilca, Cynthia. 2016.** *Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para subrasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico.* Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2016.

**Semana sostenible. 2016.** PET un plástico amigable pero no inofensivo. *Semana sostenible.* [En línea] 13 de octubre de 2016. <http://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/plastico-pet-un-amigable-pero-no-inofensivo/36282>.

**Valerino, Elizabethe, Yaber , Guillermo y Cemborain, María. 2015.** *Metodología de la Investigación: Paso a paso.* Trillas : ISBN: 978-607-17-0511-2, 2015. pág. 309.

# ANEXOS

## **ANEXO 1: Matriz de operacionalización de la variable**

TÍTULO:	"INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021"				
AUTOR:	GUTIERREZ YUPANQUI, LUIS ANGEL				
VARIABLES	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL			
VARIABLE INDEPENDIENTE (X1) TEREFALATO DE PLIETILENO RECICLADO	La página web Ambientum, define que el tereftalato de polietileno es un elemento que se caracteriza por su gran resistencia a la compresión (propiedad mecánica), gran ligereza, brillo, alto grado de transparencia, conserva la aroma y el sabor de los alimentos, es una barrera que atrapa a los gases, se recicla al 100% y se puede crear envases reutilizables, esta propiedad ha generado al PET ser superior y mejor que otros materiales como el PVC. (2002)	La variable independiente es el tereftalato de polietileno reciclado tiene una dimensión, 10 indicadores y un instrumento con la que será medido	DOSIFICACIÓN	S + 0.40% TEREFALATO	Razón
				S + 0.80% TEREFALATO	
				S + 1.20% TEREFALATO	
				S + 1.60% TEREFALATO	
				S + 2.00% TEREFALATO	
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) SUB RASANTE	Según el MTC, la sub rasante es la nivel superior del terraplén o fondo de las excavaciones del terreno natural, que resistirá las capas que compone la estructura del pavimento, y está compuesto por un material granular seleccionado de acuerdo a sus características específicas y compactados en capas para formar parte de un cuerpo sólido en buen estado, por lo cual no se vea comprometido por la carga de diseño que son transmitidas por el tránsito y por las características de los materiales que se usan en construcción de una superficie de rodadura. (2014. p.20)	La variable dependiente tiene 3 dimensiones y 6 indicadores los cuales tienen un instrumento con la que serán medidos	PLASTICIDAD	LÍMITE LÍQUIDO	Razón
				LÍMITE PLÁSTICO	
				ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
			COMPACTACIÓN	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Razón
				ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD Y MÁXIMA DENSIDAD SECA	Razón
			RESISTENCIA	CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE	Razón

## **ANEXO 2: Matriz de consistencia**

Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de subrasantes de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?	Evaluar cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de subrasantes en la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho - 2021	El tereftalato de polietileno reciclado estabiliza las subrasantes en la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho - 2021	Variable dependiente (Y): Subrasante.	PLASTICIDAD	LÍMITE LÍQUIDO LÍMITE PLÁSTICO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG FICHA TÉCNICA
				COMPACTACIÓN	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	ENSAYO DE GRANULOMETRÍA FICHA TÉCNICA
					ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD Y MÁXIMA DENSIDAD SECA	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO FICHA TÉCNICA
				RESISTENCIA	CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE	ENSAYO DE CBR
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipotesis Especificos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la plasticidad de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?	Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la plasticidad de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021	El tereftalato de polietileno reciclado influye en la plasticidad de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021	VARIABLE INDEPENDIENTE (X): TEREFTALATO DE POLIETILENO REICLADO	DOSIFICACIÓN	S + 0.40% Tereftalato (50mm x 2mm x 0.2mm)	BALANZA DE MEDICIÓN DE PESO
¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la compactación de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?	Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la compactación de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021	El tereftalato de polietileno reciclado influye en la compactación de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021			S + 0.80% Tereftalato (50mm x 2mm x 0.2mm)	
¿Cómo influye el tereftalato de polietileno reciclado en la resistencia de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?	Determinar la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la resistencia de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021	El tereftalato de polietileno reciclado influye en la resistencia de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021			S + 1.20% Tereftalato (50mm x 2mm x 0.2mm)	
¿Cómo influye la dosificación del tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021?	Determinar la influencia de la dosificación del tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021	La dosificación del tereftalato de polietileno reciclado influye en la estabilización de la subrasante de la carretera tramo Pucaloma Maukallaqta, Ayacucho 2021			S + 1.60% Tereftalato (50mm x 2mm x 0.2mm)	
					S + 2.00% Tereftalato (50mm x 2mm x 0.2mm)	

### **ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos**

## INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Janampa Aguado, Jober  
 Institución donde labora : INGEOTECON Contratistas y ejecutores E.I.R.L  
 Especialidad : Ingeniero Civil - Consultor en geotecnia  
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado,  
Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s): GUTIERREZ YUPANQUI, Luis Angel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Subrasante</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>Subrasante</b>				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Subrasante</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Los instrumentos cumplen con los requisitos para su aplicación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

Lima, 12 de mayo de 2021

**INGEOTECON**  
  
 JOBER JANAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. REG. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Portal Quicaña, Víctor  
 Institución donde labora : INGENIERON CONTRATISTAS Y EJECUTORES C.I.R.L.  
 Especialidad : Ingeniero Civil - Consultor en geotécnico  
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s): GUTIERREZ YUPANQUI, Luis Angel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <u>Subrasante</u> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <u>Subrasante</u>					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <u>Subrasante</u>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>					48	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

Los instrumentos cumplen con los requisitos para su aplicación

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Lima, 10 de mayo de 2021

  
 Víctor Portal Quicaña  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 1239

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Quispe Bautista, Remigio  
 Institución donde labora : Municipalidad Provincial de Huamanga  
 Especialidad : Especialista en Obras Viales  
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s): GUTIERREZ YUPANQUI, Luis Angel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Subrasante</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>Subrasante</b>				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Subrasante</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						47

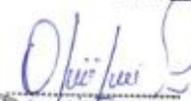
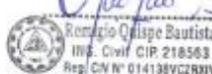
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

El instrumento es aplicable, responde al problema planteado

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Lima, 07 de mayo de 2021

## **ANEXO 4: Cuadro de dosificaciones**

AUTOR	TEMA DE INVESTIGACIÓN	AÑO	TIPO DE ESTABILIZADOR	TAMAÑO	DOSIFICACIONES	CLASIFICACIÓN DE SUELO		LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	MÁXIMA DENSIDAD SECA	CBR	
CARVAJAL - GARZÓN	"Evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzos de fibras PET"	2019	Botellas recicladas	3cm x 2mm	0.0%	SC	Arena arcillosa	40.00	16.00	24.00	1.725	1.60%	
					1.0%							1.90%	
PAOLA IMELDA FLORES LEÓN	"Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019"	2019	Botellas recicladas		0	CL	Arcilla de baja plasticidad	23.99	15.00	8.99	1.844	16.91	
					1"						1%	1.765	--
											1.5%	1.793	--
											1.15%	1.998	17.93
											1.25%	2.017	15.53
											2.50%	1.697	--
					1/2"						1.15%	1.720	--
											1.25%	1.810	--
											1.00%	1.800	--
											1.50%	1.760	--
					2.5"						1.15%	1.817	--
											1.25%	1.803	--
											2.50%	1.817	--
											1.00%	1.787	--
											1.15%	1.743	--
											1.25%	1.810	--
4"	1.00%	1.787	--										
1.15%	1.743	--											
1.25%	1.810	--											
RAMOS - SEMINARIO	"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"	2019	Botella de plástico triturado	PET Triturado	0%	CL	Arcilla de baja plasticidad	43.80	22.80	21.00	2.00	2.00%	
					10%						2.046	3.00%	
					15%						2.071	4.00%	
MARQUEZ DIANA	"Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropon - Piura 2019"	2019	Plástico reciclado	--	0%	CL	Arena ligera y tipo grava con arena	33.00	19.00	14.00	1.278	4.7%	
					6%			34.00	20.00	14.00	1.593	9.8%	
Hassan, H.J.A., Rasul, J. & Samin, M.	"Effects of Plastic Waste Materials on Geotechnical Properties of Clayey Soil"	2021	botellas de agua (PE)		0	Arcilla de baja plasticidad	CL	48.20	29.10	19.10	1.645	4.0%	
					1 cm							4.9%	
					2 cm							5.4%	
					1 cm							5.1%	
					2 cm							6.0%	
					1 cm							5.9%	
					2 cm							6.7%	
					1 cm							6.2%	
					2 cm							7.2%	

## **ANEXO 5: Cálculo del índice medio diario anual**

**FORMATO CLASIFICACION VEHICULAR**  
**ESTUDIO DE TRAFICO - CALCULO DE INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL (IMDS)**

<b>PROYECTO</b>	: "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECIKLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".	<b>Región/Provinc.</b>	: AYACUCHO / HUAMANGA
<b>Codigo</b>	: TESIS	<b>Distrito</b>	: SOCOS
<b>Solicitante</b>	: LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI	<b>Lugar</b>	: PUCALOMA - MAUKALLAQTA
<b>Fecha</b>	: ABRIL DEL 2021		

F.C.E. Vehículos ligeros:	0.958
F.C.E. Vehículos pesados:	1.010

DIAS	AUTO	CAMIONETA RURAL			BUS			CAMION			TRAYLER			TOTAL
		2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2S1	2S2	2S3	
DIAGRA. VEH.														
LUNES	30	16	11	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	68
MARTES	31	18	13	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	74
MIERCOLES	31	18	12	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	73
JUEVES	30	17	12	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	68
VIERNES	35	16	15	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	80
SABADO	39	20	16	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	93
DOMINGO	40	22	15	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	95
TOTAL POR SEMANA	236	127	94	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	551
IMDS	34	18	13	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	79
FC	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	--
IMDA	33	18	13	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	78

**Cuadro 4.1**  
**Número de Calicatas para Exploración de Suelos**

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

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

Para la presente investigación se tiene un IMDA de 78 veh/día y un tramo de estudio de 0.98 km, por lo tanto, se realizó la exploración de una calicata

## **ANEXO 6: Factura de los ensayos en laboratorio**

**INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.**

MZA. P2 LOTE. 8 A.H. COVADONGA AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO

AYACUCHO - (PE)

TELF.: 006-318525 CEL: 961372637 RPM: #999402095 RPC. 989900609

RUC 20494918910

**FACTURA  
ELECTRÓNICA  
F001-00002267****CLIENTE**

RUC : 10739928503

DENOMINACIÓN : GUTIERREZ YUPANQUI LUIS ANGEL

DIRECCIÓN :

FECHA DE EMISIÓN : 2021-03-27

MONEDA : SOLES

IGV : 18.00 %

CANT.	UM	DESCRIPCIÓN	P/U	IMPORTE
2.000	NIU	ENSAYOS DE GRANULOMETRIA	50.00	100.00
1.000	NIU	ENSAYOS DE LÍMITE	50.00	50.00
2.000	NIU	ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO	100.00	200.00
11.000	NIU	ENSAYOS DE CBR	200.00	2,200.00

DESCUENTO (-)	S/	0.00
GRAVADA	S/	2,161.02
IGV	S/	388.98
ICB PER	S/	0.00
TOTAL	S/	2,550.00

**IMPORTE EN LETRAS : DOS MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y 00/100 SOLES****INFORMACION ADICIONAL****CUENTA CORRIENTE INGEOTECON:**

BCP (SOLES): 220-1910757-0-96

BPC (DOLARES): 220-2303734-1-71

BANCO DE LA NACION (SOLES): 401-150285

CCI N°: 00222000191075709622

CCI N°: 00222000230373417128

CCI N°: 01840100040115028505

**CUENTA DE DETRACCIÓN**

BANCO DE LA NACIÓN (SOLES): 401-083235

*Representación impresa de la FACTURA ELECTRÓNICA, para consultar el documento visita*

**ANEXO 7: Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos**



**CERTIFICADOS DE CALIBRACION  
ANALISIS GRANULOMETRICO  
DEL SUELO POR TAMIZADO  
(MTC E 107)**



VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.A. N.º 17 71238



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**  
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

**M-22933-001 R0**

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	AXB201/E	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	B644227517	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	BLZ - 006	
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum Load</i>	5200 g	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGEOTECN CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Mza. P2 Lota. 8 A.H. Covadonga Ayacucho - Huamanga - Ayacucho	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Huamanga - Ayacucho	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 02 - 26	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2021 - 03 - 17	

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**  
*Number of pages of the certificate and documents attached*

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.  
*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
Ing. Francisco Darán Romero  
Metólogo Laboratorio de Metrología

  
VICTOR PORTAL QUICHA  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.O.C. N° 71228

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: C/ 18 #1009-72 | T: 051 745 4588 - 0174223640 | [inform@tecnologia-pinzuar.com.pe](mailto:inform@tecnologia-pinzuar.com.pe) | [www.pinzuar.com.pe](http://www.pinzuar.com.pe)





**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleados</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	B644227517
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 006
<b>Resolución</b>	0,1 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 8200 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1
<b>Certificado No.</b>	M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ±g	k <sup>1</sup> , p=95,45%
1,00	1,0	1,0	0,00	0,00	0,14	2,12
500,00	500,0	500,0	0,00	0,00	0,14	2,11
1 000,00	1 000,0	1 000,0	0,00	0,00	0,14	2,11
2 000,00	2 000,0	2 000,0	0,00	0,00	0,15	2,10
3 000,00	3 000,0	3 000,0	0,00	0,00	0,15	2,08
3 999,99	4 000,0	4 000,0	0,01	0,01	0,16	2,06
5 000,00	5 000,0	5 000,0	0,00	0,00	0,17	2,05
6 000,00	6 000,0	6 000,0	0,00	0,00	0,19	2,03
7 000,00	7 000,0	7 000,0	0,00	0,00	0,20	2,03
8 200,00	8 200,1	8 200,0	0,10	0,00	0,22	2,02

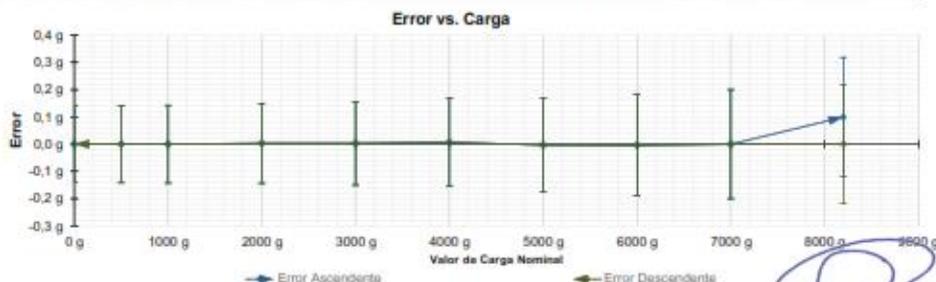


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-24-E-01 R7.3

**VICTOR PORTAL QUICENA**  
INGENIERO EN METROLOGÍA  
EST. CAL. 117 11238



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 2800 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
----	g	g
1	2 800,0	-----
2	2 800,0	0,0
3	2 800,0	0,0
4	2 799,9	- 0,1
5	2 799,9	- 0,1
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,1</b>

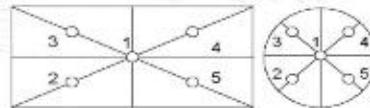


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	4100 g	8200 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	4 100,0	8 200,1
2	4 099,9	8 200,0
3	4 100,0	8 200,1
4	4 100,0	8 200,1
5	4 099,9	8 200,0
6	4 100,0	8 200,0
7	4 100,0	8 200,1
8	4 099,9	8 200,0
9	4 100,0	8 200,0
10	4 100,0	8 200,1
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,048 g</b>	<b>0,053 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue Laboratorio, INGEOCON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.; Huamanga - Ayacucho. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

<b>Temperatura Máxima:</b>	21,5 °C	<b>Temperatura Mínima:</b>	20,1 °C
<b>Humedad Máxima:</b>	47 % HR	<b>Humedad Mínima:</b>	45 % HR
<b>Presión Barométrica Máxima:</b>	1000,1 hPa	<b>Presión Barométrica Mínima:</b>	1000,1 hPa

LM-PC-24-F-01 02.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD Y SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl 18 #1038-72 | Bxk 67 (1) 745 4556 | [informacion@metrologiaayacucho.com.co](mailto:informacion@metrologiaayacucho.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)

VICTOR PORTO  
REG. EGI



#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 2,96 E-06 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 4,44 E-03 + 1,35 E-09 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-001**



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**  
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

**M-22933-002 R0**

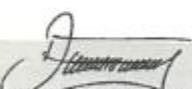
Página / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	NO PRESENTA	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	ING - 021	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	No Presenta	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	BLZ - 003	
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum load</i>	2000 g	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Mza. P2 Lote. 8 A.H. Covadonga Ayacucho - Huamanga - Ayacucho	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Huamanga - Ayacucho	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 02 - 26	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2021 - 03 - 17	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

En la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los partes del certificado no se separen de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.  
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

  
Ing. Sergio Nán Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
Yecq. Francisco Durán Romero  
Metólogo Laboratorio de Metrología



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1029-72 | FÓN: 57 (0) 745 4565 - 3174232540 | labmetrologia@pinzuar.com | WWW.PINZUAR.COM





**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	No Presenta
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 003
<b>Resolución</b>	0,01 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 2000 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1
<b>Certificado No.</b>	M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ±g	k <sup>1</sup> , p=95,45%
1,000	1,00	1,00	0,000	0,000	0,028	2,25
2,000	2,00	2,00	0,000	0,000	0,028	2,25
5,000	5,00	5,00	0,000	0,000	0,028	2,25
10,000	10,00	10,00	0,000	0,000	0,028	2,25
50,000	49,98	49,98	- 0,020	- 0,020	0,028	2,25
100,000	99,98	99,97	- 0,020	- 0,030	0,028	2,25
500,000	500,02	500,01	0,020	0,010	0,031	2,11
1 000,000	1 000,01	1 000,01	0,010	0,010	0,042	2,03
1 500,000	1 500,02	1 500,02	0,020	0,020	0,056	2,02
1 999,997	2 000,16	2 000,15	0,163	0,153	0,071	2,01



Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-24-F-01 R73

VICTOR PORTIL QUICENA  
INGENIERO EN METROLOGÍA  
RES. 004-JUN-17-21238



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 700 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
-----	g	g
1	699,97	-----
2	699,97	0,00
3	699,93	-0,04
4	699,93	-0,04
5	699,99	0,02
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,04</b>

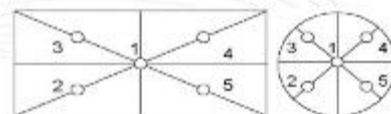


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	1000 g	2000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	1000,02	2000,16
2	1000,00	2000,16
3	999,99	2000,14
4	1000,01	2000,16
5	1000,00	2000,17
6	1000,03	2000,16
7	1000,01	2000,17
8	1000,02	2000,16
9	1000,01	2000,16
10	1000,01	2000,15
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,011 5 g</b>	<b>0,008 8 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue Laboratorio, INGEOCON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.; Huamanga - Ayacucho. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

<b>Temperatura Máxima:</b>	18,0 °C	<b>Temperatura Mínima:</b>	17,0 °C
<b>Humedad Máxima:</b>	50 % HR	<b>Humedad Mínima:</b>	49 % HR
<b>Presión Barométrica Máxima:</b>	1000,1 hPa	<b>Presión Barométrica Mínima:</b>	1000,0 hPa

LM-PO-24-F-01 R7.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Q 18 #1036-72 | PBX. 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO

VICTOR PORTAL GUICARDO  
INGENIERO CIVIL  
Nº 71238



#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 3,58 E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,50 E-04 + 5,42 E-08 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-002**

VICTOR PORTAL QUICENA  
INGENIERO CIVIL  
REG. COG. 1147 71338



LABORATORIO DE  
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 071-2021 GLW

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2021-04-16

1. SOLICITANTE : INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L

DIRECCIÓN : MZA. P2 LOTE. 8 A.H. COVADONGA AYACUCHO – HUAMANGA – AYACUCHO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA : NO PRESENTA  
MODELO : NO PRESENTA  
NÚMERO DE SERIE : NO PRESENTA  
ALCANCE DE : 0 a 999 VUELTAS  
DIV. DE ESCALA : 1 VUELTAS  
FECHA DE INSPECCIÓN : 2021-04-14

PROCEDENCIA : NO PRESENTA  
IDENTIFICACIÓN : (\*) 0106  
TIPO : MANUAL  
UBICACIÓN : LABORATORIO

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La verificación se realizó en el LAB. DE MASA Y LONGITUD DE G&L LABORATORIO S.A.C.  
AV. MIRAFLORES MZ. E LT. 60 URB. SANTA ELISA II ETAPA LOS OLIVOS – LIMA

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	23.2	23.4
Humedad Relativa %HR	69	69

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de inspección documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

7. OBSERVACIONES

(\*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.  
El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	205.00	g
Espesor de la copa	2.03	mm
Profundidad de la copa	26.89	mm
Altura de la base	50.17	mm
Ancho de la base	124.63	mm
Longitud de la base	150.55	mm



Téc. Germán Antonio Masana Porquima.  
Responsable de la actividad de Metrología.

G & L LABORATORIO S.A.C

TRAZABILIDAD: G&L LABORATORIO S.A.C. asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección.

(\*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

VICTOR PORTAL QUICANDA  
INGENIERO CIVIL  
REG. COG. 17077233



Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.



**CERTIFICADOS DE CALIBRACION  
COMPACTACION DE SUELOS  
EN LABORATORIO UTILIZANDO  
UNA ENERGIA MODIFICADA  
(MTC E 115)**

  
VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO CIVIL  
MTC. COL. 100-773318



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-22933-005 R0

Página / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NC AUTOMÁTICO
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	R31P30
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	83374290343
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	BLZ - 008
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum Load</i>	30000 g
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Mza. P2 Lote 8 A.H. Covadonga Ayacucho - Huamanga - Ayacucho
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Huamanga - Ayacucho
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 02 - 25
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2021 - 03 - 17

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**  
*Number of pages of the certificate and documents attached*

04

En la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el íntegro, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

Ing. Francisco Durán Romero  
Métrólogo Laboratorio de Metrología

UNICORPOT 873



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: C/ 18 #1078-72 | PBR. 57 (1) 745 4675 - 3174232563 | administr@labora.pinzuar.com | WWW.PINZUAR.COM





**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleada</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	83374290343
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 008
<b>Resolución</b>	1 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 30000 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1 y F1
<b>Certificado No.</b>	M-4689 Unión Metrología / M-20632-001 PINZUAR / M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesas de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una pre carga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ±g	$k^1$ , $p=95,45\%$
1,00	1	1	0,00	0,00	0,82	2,01
500,00	500	500	0,00	0,00	0,82	2,01
1 000,00	1 000	1 000	0,00	0,00	0,82	2,01
2 000,00	2 000	2 000	0,00	0,00	0,82	2,01
5 000,02	5 000	5 000	- 0,02	- 0,02	0,82	2,01
10 000,01	10 000	10 000	- 0,01	- 0,01	0,82	2,01
15 000,03	15 000	15 000	- 0,03	- 0,03	0,82	2,01
20 000,02	20 000	20 000	- 0,02	- 0,02	0,82	2,01
25 000,04	25 000	25 000	- 0,04	- 0,04	0,82	2,01
30 000,04	30 000	30 000	- 0,04	- 0,04	0,82	2,01

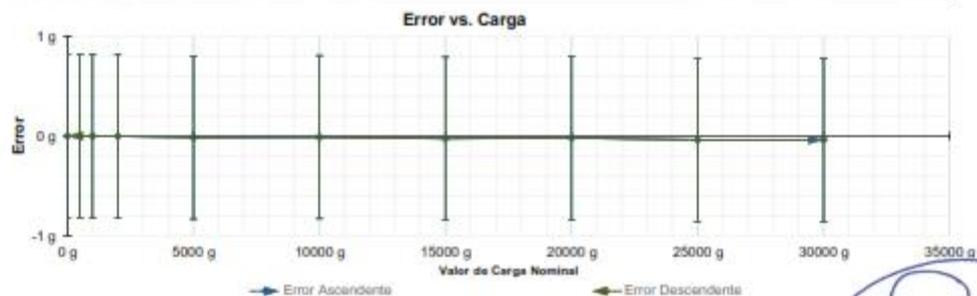


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-26-F-01 R72

*(Firma manuscrita)*  
VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO CIVIL  
899. C.C. No. 17 71328



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 10000 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
-----	g	g
1	10 000	-----
2	10 000	0
3	10 000	0
4	10 000	0
5	10 000	0
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0</b>

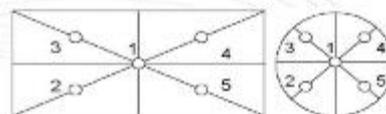


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	15000 g	30000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	15 000	30 000
2	15 000	30 000
3	15 000	30 000
4	15 000	30 000
5	15 000	30 000
6	15 000	30 000
7	15 000	30 000
8	15 000	30 000
9	15 000	30 000
10	15 000	30 000
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,00 g</b>	<b>0,00 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue Laboratorio, INGEOCON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.; Huamanga - Ayacucho. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

<b>Temperatura Máxima:</b>	20,5 °C	<b>Temperatura Mínima:</b>	20,1 °C
<b>Humedad Máxima:</b>	47 % HR	<b>Humedad Mínima:</b>	46 % HR
<b>Presión Barométrica Máxima:</b>	1000,1 hPa	<b>Presión Barométrica Mínima:</b>	1000,0 hPa

LM-PO-24-F-01 R2.0

VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. 1107 21328

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: ☎ 18 #1036 72 | PBX 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = -1,37 E-06 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,67 E-01 + 6,58 E-12 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



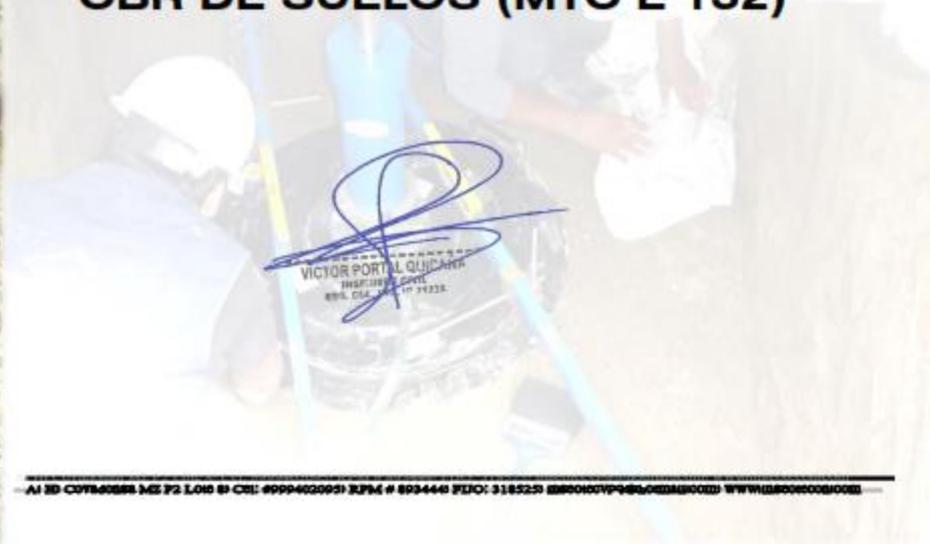
#### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-005**

  
VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO CIVIL  
RES. CCL. 1117 17133



**CERTIFICADOS DE CALIBRACION  
CBR DE SUELOS (MTC E 132)**



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

**M-22933-005 R0**

Página / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	R31P30	Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	83374290343	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	BLZ - 008	El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum Load</i>	30000 g	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.	The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Mza. P2 Lote 8 A.H. Covadonga Ayacucho - Huamanga - Ayacucho	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Huamanga - Ayacucho	This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 02 - 25	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2021 - 03 - 17	The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

En la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S. no se puede reproducir el ítem, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.  
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*



Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología



Yeag. Francisco Durán Romero  
Métrólogo Laboratorio de Metrología



ALTA TECNOLOGÍA CON CARIÑO HUMANO AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: C/ 18 #1078-72 | PBR. 67 | (1) 745 4665 | 3174231560 | administr@pinzuar.com.pe | WWW.PINZUAR.COM





**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleada</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	83374290343
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 008
<b>Resolución</b>	1 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 30000 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1 y F1
<b>Certificado No.</b>	M-4689 Unión Metrología / M-20632-001 PINZUAR / M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una pre carga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ±g	k <sup>1</sup> , p=95,45%
1,00	1	1	0,00	0,00	0,82	2,01
500,00	500	500	0,00	0,00	0,82	2,01
1 000,00	1 000	1 000	0,00	0,00	0,82	2,01
2 000,00	2 000	2 000	0,00	0,00	0,82	2,01
5 000,02	5 000	5 000	- 0,02	- 0,02	0,82	2,01
10 000,01	10 000	10 000	- 0,01	- 0,01	0,82	2,01
15 000,03	15 000	15 000	- 0,03	- 0,03	0,82	2,01
20 000,02	20 000	20 000	- 0,02	- 0,02	0,82	2,01
25 000,04	25 000	25 000	- 0,04	- 0,04	0,82	2,01
30 000,04	30 000	30 000	- 0,04	- 0,04	0,82	2,01

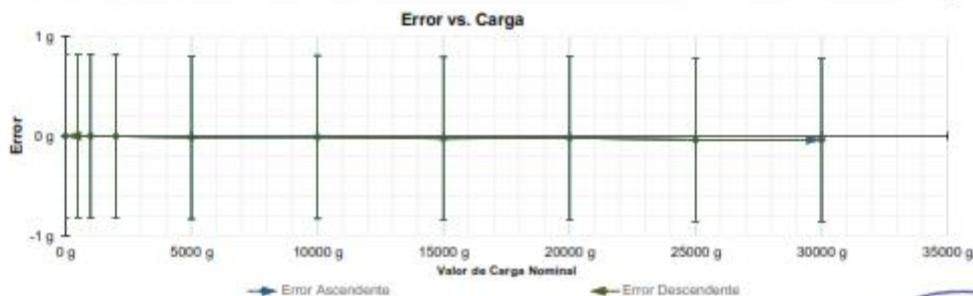


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-26-F-01 R72



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 10000 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
-----	g	g
1	10 000	-----
2	10 000	0
3	10 000	0
4	10 000	0
5	10 000	0
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0</b>

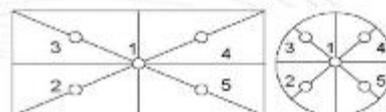


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	15000 g	30000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	15 000	30 000
2	15 000	30 000
3	15 000	30 000
4	15 000	30 000
5	15 000	30 000
6	15 000	30 000
7	15 000	30 000
8	15 000	30 000
9	15 000	30 000
10	15 000	30 000
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,00 g</b>	<b>0,00 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue Laboratorio, INGEOCON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.; Huamanga - Ayacucho. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

<b>Temperatura Máxima:</b>	20,5 °C	<b>Temperatura Mínima:</b>	20,1 °C
<b>Humedad Máxima:</b>	47 % HR	<b>Humedad Mínima:</b>	46 % HR
<b>Presión Barométrica Máxima:</b>	1000,1 hPa	<b>Presión Barométrica Mínima:</b>	1000,0 hPa

LM-PO-24-F-01 R7.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Q 18 #1036-72 | PBX. 57 (1) 745 4555 - 3174033640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO

VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO CIVIL  
REG. SCL. 11017 21328



#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = -1,37 E-06 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,67 E-01 + 6,58 E-12 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-005**

  
VICTOR PORTAL QUICANA  
INGENIERO CIVIL  
RES. CGR. 1463 DE 1977

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
*Calibration Certificate - Laboratory of Force*

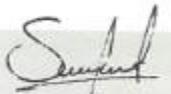
**F-22933-013 R0**

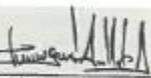
Page / Pág. 1 de 5

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA MULTIUSOS PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the international System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR S.A.S.	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PS-27	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	186	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	PRC-001	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	50000 N	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Manzana, P2 Lote. 8 A.H. Covadonga Aysoucho - Huamanga - Ayacucho	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Huamanga - Ayacucho	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2021 - 02 - 25	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2021 - 03 - 17	
<b>Número de páginas del certificado, Incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, where it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

  
**Ing. Sergio Iván Martínez**  
*Director Laboratorio de Metrología*

  
**Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda**  
*Metrología Laboratorio de Metrología*

VICTOR PORTAL QUICAMA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CO. 107123

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: C/ 18 W1028-72 | TAY. 07 (1) 745 4255 - 317-532543 | labmetrologia@pinzuar.com.pe | www.pinzuar.com.pe





**DATOS TÉCNICOS**

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
<b>Clase</b>	1,0	<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 50 kN
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión	<b>Modelo</b>	14711
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital	<b>Clase</b>	0.0
<b>División de Escala</b>	1 N	<b>Número de Serie</b>	620
<b>Resolución</b>	1 N	<b>Certificado de Calibración</b>	4277 del INM
<b>Intervalo de Medición Calibrado</b>	Del 10 % al 100 % de la carga máxima.	<b>Próxima Calibración</b>	2021-12-11
<b>Limite Inferior de la Escala</b>	200 N		

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

**Tabla 1.**

Indicaciones como se recibió y se entregó la máquina después de ajuste

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio $S_{1,2 \text{ y } 3}$ N
	N	$S_1$	$S_2$	$S_2'$	$S_3$	$S_4$	
		Ascendente	Ascendente	No Aplica	Ascendente	No Aplica	
10	5 000	5 013,6	5 013,1	---	5 013,9	---	5 013,6
20	10 000	10 025,5	10 025,6	---	10 025,7	---	10 025,6
30	15 000	15 036,8	15 037,3	---	15 036,7	---	15 036,9
40	20 000	20 047,6	20 047,0	---	20 047,3	---	20 047,3
50	25 000	25 057,2	25 056,5	---	25 056,7	---	25 056,8
60	30 000	30 066,3	30 066,2	---	30 065,8	---	30 066,1
70	35 000	35 075,6	35 074,9	---	35 074,9	---	35 075,1
80	40 000	40 084,2	40 084,9	---	40 084,5	---	40 084,5
90	45 000	45 094,4	45 095,0	---	45 094,4	---	45 094,6
100	50 000	50 104,8	50 104,7	---	50 104,6	---	50 104,7

LM-PC-05-F-01 R12.0

  
VICTOR PORTILLO QUICENA  
INGENIERO EN METROLOGÍA  
RES. COLOMBIANA 17 21338





**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 2.**

Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

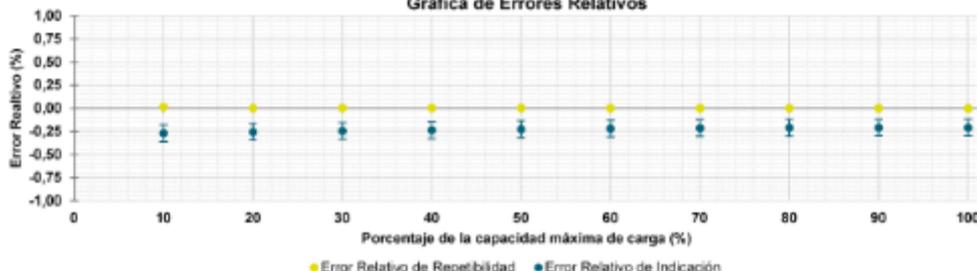
$f_{0,51}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,53}$ %	$f_{0,54}$ %
0,000	0,000	---	0,000	---

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC %	N	Errores Relativos			Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U		k <sub>p=95%</sub> -----
		Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %		N	%	
10	5 000,0	-0,270	0,016	---	0,020	4,5	0,090	2,01
20	10 000,0	-0,255	0,002	---	0,010	9,0	0,090	2,01
30	15 000,0	-0,245	0,004	---	0,007	14	0,090	2,01
40	20 000,0	-0,236	0,003	---	0,005	18	0,090	2,01
50	25 000,0	-0,227	0,003	---	0,004	23	0,090	2,01
60	30 000,0	-0,220	0,002	---	0,003	27	0,090	2,01
70	35 000,0	-0,214	0,002	---	0,003	32	0,090	2,01
80	40 000,0	-0,211	0,002	---	0,003	36	0,090	2,01
90	45 000,0	-0,210	0,001	---	0,002	41	0,090	2,01
100	50 000,0	-0,209	0,000	---	0,002	45	0,090	2,01

**Gráfica de Errores Relativos**



**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de la empresa INGEOTECON CONTRATISTAS Y EJECUTORES E.I.R.L. ubicada en Ayacucho - Huamanga - Ayacucho. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 20,4 °C  
Humedad Relativa Máxima: 47 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 20,1 °C  
Humedad Relativa Mínima: 47 % HR

LMP-05-F-01 R12.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1038-72 | PBX 57 (1) 745 4556 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO

**VICTOR PORTAL QUICANA**  
INGENIERO CIVIL  
REG. COLOMBIA Nº 21338





**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 4.**

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R<sup>2</sup>, el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	R <sup>2</sup>
-1,83833 E-01	1,00289 E00	-3,30427 E-08	3,44646 E-13		1,0000 E00

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada

Indicación N	Indicación				
	0	500	1 000	1 500	2 000
5 000	5 013,5	5 514,8	6 016,0	6 517,3	7 018,5
7 500	7 519,8	8 021,0	8 522,2	9 023,4	9 524,6
10 000	10 025,8	10 526,9	11 028,1	11 529,2	12 030,3
12 500	12 531,5	13 032,6	13 533,7	14 034,7	14 535,8
15 000	15 036,9	15 538,0	16 039,0	16 540,1	17 041,1
17 500	17 542,1	18 043,1	18 544,2	19 045,2	19 546,2
20 000	20 047,2	20 548,1	21 049,1	21 550,1	22 051,1
22 500	22 552,0	23 053,0	23 554,0	24 054,9	24 555,9
25 000	25 056,8	25 557,7	26 058,7	26 559,6	27 060,5
27 500	27 561,5	28 062,4	28 563,3	29 064,2	29 565,2
30 000	30 066,1	30 567,0	31 067,9	31 568,8	32 069,8
32 500	32 570,7	33 071,6	33 572,5	34 073,4	34 574,3
35 000	35 075,3	35 576,2	36 077,1	36 578,0	37 079,0
37 500	37 579,9	38 080,8	38 581,8	39 082,7	39 583,7
40 000	40 084,6	40 585,6	41 086,5	41 587,5	42 088,4
42 500	42 589,4	43 090,4	43 591,4	44 092,4	44 593,4
45 000	45 094,4	45 595,4	46 096,4	46 597,4	47 098,4
47 500	47 599,5	48 100,5	48 601,6	49 102,6	49 603,7
50 000	50 104,8				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC N	Promedio S1, 2 y 3 N	Por Interpolación N	Residuales N
5 000	5 013,6	5 013,5	0
10 000	10 025,6	10 025,8	0
15 000	15 036,9	15 036,9	0
20 000	20 047,3	20 047,2	0
25 000	25 056,8	25 056,8	0
30 000	30 066,1	30 066,1	0
35 000	35 075,1	35 075,3	0
40 000	40 084,5	40 084,6	0
45 000	45 094,6	45 094,4	0
50 000	50 104,7	50 104,8	0

LMPC-05-F-01 R12.0

VICTOR PORTAL QUINTERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.C.G. Nº 10 7123

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1033-72 | Bxk 57 (1) 745 4555 - 3174253640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUARCCMCO





#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.3), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k = 2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

#### OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. NTC-ISO 7500-1:2007
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-22933-013

Fin del Certificado

LMPC-05-F-01 R12.0

VICTOR PORTAL QUINTERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COG. 107 71328

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl. 18 #1038-72 | PBX. 57 (1) 745 4558 - 3174233640 | labmetrologiapinzuar.com.co | WWW.PINZUARCOMCO

## **ANEXO 8: Ensayos de laboratorio**

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS :  
 "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE  
 LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQA, AYACUCHO - 2021".



MUESTRA		ENSAYOS DE GRANULOMETRIA										
MUESTRA		Cantidad	% GRAVA	Cantidad	% ARENA	Cantidad	% FINOS	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	Cu	Cc
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE	Trazos	0.5	Pequeña	16.0	Bastante	83.5	0.0060	0.0270	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.4%	Trazos	0.5	Pequeña	16.0	Bastante	83.5	0.0060	0.0270	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.8%	Trazos	0.5	Pequeña	16.0	Bastante	83.5	0.0060	0.0270	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 1.2%	Trazos	0.5	Pequeña	16.0	Bastante	83.5	0.0060	0.0269	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO 1.6%	Trazos	0.5	Pequeña	16.0	Bastante	83.5	0.0060	0.0269	0.0539	6.0	1.5
: CALICATA C-01	: MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO 2.0%	Trazos	0.5	Pequeña	16.0	Bastante	83.5	0.0060	0.0269	0.0539	6.0	1.5

**INGEOTECON**

JOBERT J. RAMÍREZ AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COLEGIADO N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021".



MUESTRA	ENSAYOS DE PLASTICIDAD (PASANTE MALLA N° 60)										CLASIFICACION DE SUELOS		
	Plasticidad en función al LL	LL %	Índice de Compresibilidad $C_c = \frac{0.0095(L-10)}{e-0.95}$	Índice de Compresibilidad	LP %	Plasticidad en función al IP	Clasificación del suelo en función al IP	IP %	w (%)	Índice de Plasticidad $I_p = w - w_p$	Consistencia de la fracción fina según el índice de Plasticidad	Clasificación SUCS	Nombre de Grupo (ASTM D-3407)
CALEATA C-01 SUBRASANTE	Baja	20.0%	0.173	Baja	16.0%	Meda	Arctico	11.0%	12.30%	-1.4	Estado Semisólido	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
CALEATA C-01 SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.5%	Baja	20.0%	0.173	Baja	16.0%	Meda	Arctico	11.0%	12.30%	-1.4	Estado Semisólido	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
CALEATA C-01 SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.5%	Baja	20.0%	0.173	Baja	16.0%	Meda	Arctico	11.0%	17.67%	0.0	Estado Semisólido	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
CALEATA C-01 SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 1.2%	Baja	20.0%	0.173	Baja	16.0%	Meda	Arctico	11.0%	17.67%	0.0	Estado Semisólido	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
CALEATA C-01 MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO 1.5%	Baja	20.0%	0.173	Baja	16.0%	Meda	Arctico	11.0%	17.67%	0.0	Estado Semisólido	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
CALEATA C-01 MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO 2.0%	Baja	20.0%	0.173	Baja	16.0%	Meda	Arctico	11.0%	17.67%	0.0	Estado Semisólido	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA

**INGEOTECON**

**JOBER JAJAMPA AGUADO**  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 172407  
JEFE DE LABORATORIO



**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE  
LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DEL  
TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA  
SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO  
PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".**

MUESTRA		ENSAYOS DE COMPACTACION		ENSAYOS DE RESISTENCIA		
MUESTRA		Máxima Densidad Seca MDS (Proctor Modificado Int'l)	Óptimo Contenido de Humedad OCH (Proctor Modificado %)	CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Expansión en 4 días (%)
CAUCATA C-01	SUBRASANTE	1.857	15.0	6.7	5.5	0.05%
CAUCATA C-01	SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.4%	1.863	15.1	8.8	6.1	0.02%
CAUCATA C-01	SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.8%	1.860	15.3	8.9	6.8	0.02%
CAUCATA C-01	SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%	1.864	15.4	9.0	7.0	0.02%
CAUCATA C-01	MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.6%	1.862	15.8	7.1	4.9	0.02%
CAUCATA C-01	MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 2.0%	1.854	15.7	6.0	3.1	0.02%

  
**INGEOTECON**  
**JOBERTO ANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO



## LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)

Código del formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento:  
FOR-OPE-10.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".  
Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON  
Solicitante : TESISISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI  
Exploración : CALICATA C-01  
Estrecho / Nivel : SUBRASANTE  
Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA  
Distrito : SOCOS  
Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA  
Fecha : ABRIL DEL 2021

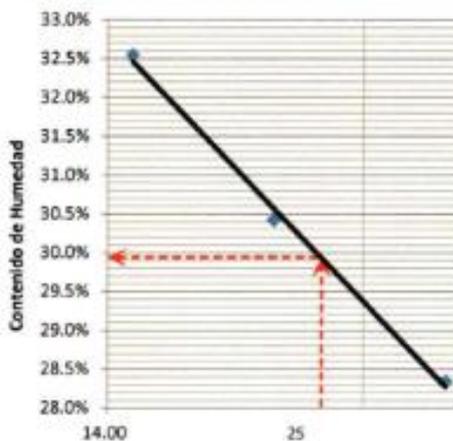
### DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)

	RECIPIENTE	Nº	53	294		
1	PESO SUELO HUMEDO+ RECIPIENTE	gr	25.944	25.917		
2	PESO SUELO SECO+ RECIPIENTE	gr	25.409	25.550		
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.450	23.511		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.54	0.37		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	2.86	2.04		
6	HUMEDAD	%	18.06%	18.00%		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>			<b>%</b>		<b>18.0%</b>	

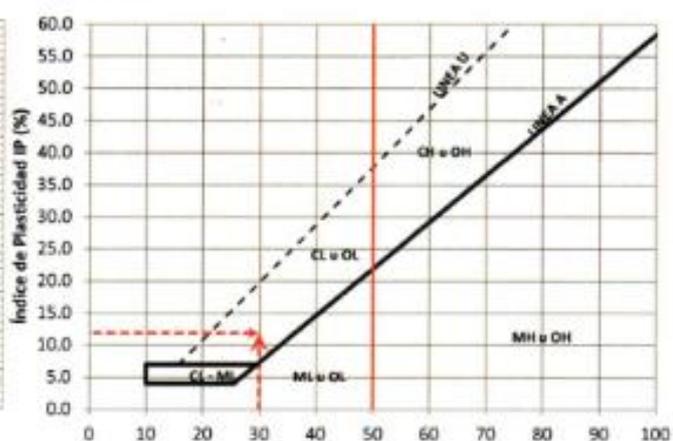
### DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			297	95	305	
1	PESO SUELO HUMEDO+ RECIPIENTE	gr	39.319	39.806	37.029	
2	PESO SUELO SECO+ RECIPIENTE	gr	35.886	36.401	34.363	
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.773	25.208	23.406	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	3.433	3.405	3.566	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	12.113	11.193	10.957	
6	HUMEDAD	%	28.34%	30.42%	32.55%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	22	15	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>			<b>%</b>		<b>29.9%</b>	

**INDICE PLÁSTICO (%)  $IP = LL - LP = 11.9%$**



**CURVA DE FLUIDEZ**



**CARTA DE PLASTICIDAD**

**INGEOTECON**  
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

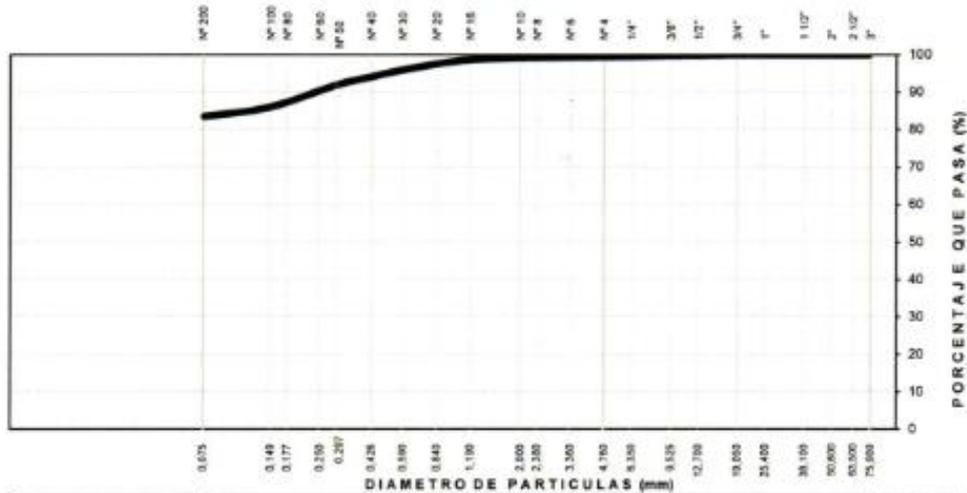
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)</b>	Código del formato base FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPE-12.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".  
 Trezabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON  
 Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI  
 Exploración : CALICATA C-01  
 Estrato/Nivel : SUBRASANTE

Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Distrito : SOCOS  
 Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQT  
 Fecha : ABRIL DEL 2021

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
<b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>						
3"	75.000	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr) 2015.4
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr) 333.5
2"	50.800	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr) 1681.9
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Humedad (%) 17.97
1"	25.400	-	-	-	100.00	% Grava <b>0.6</b>
3/4"	19.000	-	-	-	100.00	% Grava gruesa 0.0
1/2"	12.700	2.90	0.14	0.14	99.86	% Grava fina 0.6
3/8"	9.500	1.60	0.08	0.22	99.78	% Arena <b>16.0</b>
1/4"	6.350	4.70	0.23	0.46	99.54	% Arena grueso 0.4
N° 4	4.750	1.90	0.09	0.55	99.45	% Arena medía 5.1
N° 8	2.360	5.30	0.26	0.81	99.19	% Arena fina 10.5
N° 10	2.000	2.00	0.10	0.91	98.42	% de Finos <b>83.5</b>
N° 16	1.100	13.50	0.67	1.58	95.91	D <sub>10</sub> = D <sub>10(mm)</sub> = 0.0090
N° 30	0.590	50.60	2.51	4.09	94.00	D <sub>30(mm)</sub> = 0.0270
N° 40	0.425	38.50	1.91	6.00	91.87	D <sub>40(mm)</sub> = 0.0539
N° 50	0.297	42.90	2.13	8.13	85.98	Cu = --
N° 100	0.149	118.70	5.89	14.02	83.45	Cc = --
N° 200	0.075	50.85	2.52	16.55		
Fondo		-	-	16.55		
Lavado		1,681.9	83.45	100.00		
<b>TOTAL</b>		<b>2015.4</b>	<b>100.0</b>			
<b>ARCILLA LIGERA CON ARENA</b>						<b>CL</b>

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOTECON**  
 JOBER JANAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO



## CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS (MTC E 108)

Código formato base:

FOR-SIG-01.00

Código del documento

FOR-OPE-27.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Región/Prov. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-01

Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA

Estrato/Nivel : SUBRASANTE

Fecha : ABRIL DEL 2021

### DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

RECIPIENTE	Nº	5	84
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	198.09	186.82
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	183.37	174.85
PESO RECIPIENTE	gr	78.00	73.75
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	14.72	11.97
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	105.37	101.10
HUMEDAD	%	14.0%	11.8%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**%**

**12.9%**

**INGEOTECON**  
  
**JOBERT JAXXAMPA AGUADO**  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO

TRAZABILIDAD: HORNO MARCA PINZLIAR PG190 SERIE 298 CALIBRACION CERTIF. T-3015. BALANZA MARCA OHAUS PAJA1102 SERIE B640110613 CALIBRACION CERTIFICADO M-5097 ISO 17025. BALANZA OHAUS AX8201E SERIE B644227517 CERTIFICADO M-5096

A. H. Cavallero Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 066-318125 RUM 999402095, BPC: 989993605, Correo: ingetecopq@hotmail.com, Web: www.ingeteccon.com

	<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b>	Código formato base:
		FOR-SIG-01.00
		Código del documento:
		FOR-OPE-35.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQT, AYACUCHO - 2021".

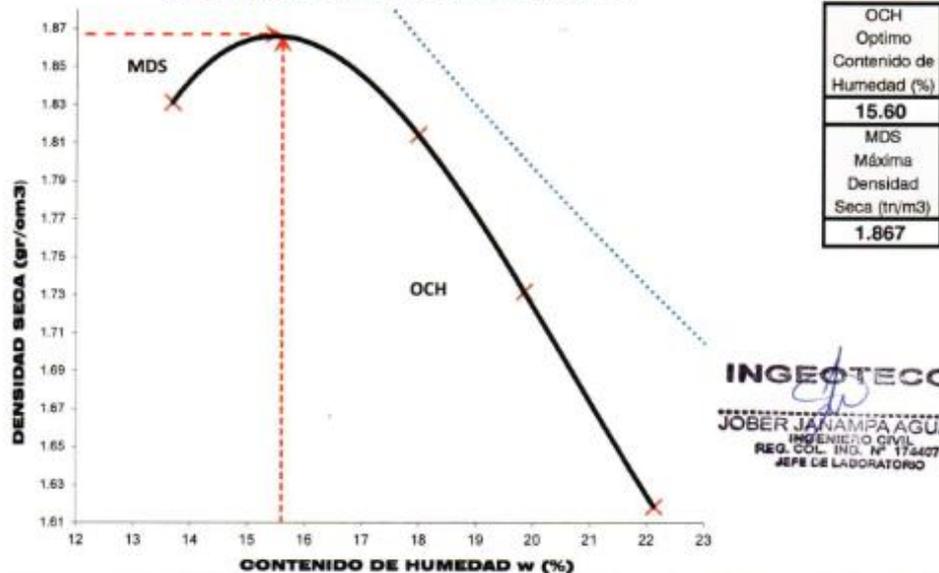
Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
Solicitante : TESISISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAG  
Estrato/Nivel : SUBRASANTE      Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA CON ARENA		METODO A
Clasificación AASHTO :	A-6 (9)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	0.6	Material Pasante a usar	PASA N° 4 *
% Retenido acumulado malla 3/8" :	0.2	Molde (Pulg)	4      Código      M3
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.0	Peso Molde (gr) :	4081.00      Volumen :      933.38

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	6,024	6,079	6,018	5,926
Peso de la muestra compactada	gr	1,943.0	1,998.0	1,937.0	1,845.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.08	2.14	2.08	1.98
Densidad seca	gr/cc	1.83	1.81	1.73	1.62

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		233.0	355.0	114.0	116.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	549.10	517.00	461.00	579.70
Peso de tarro + suelo seco	gr	493.80	451.80	399.30	490.70
Peso del tarro	gr	89.450	89.220	88.440	88.500
Peso del agua	gr	55.30	65.20	61.70	89.00
Peso del suelo seco	gr	404.35	362.58	310.86	402.20
Contenido de humedad	%	13.68	17.98	19.85	22.13

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADA**





## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento:  
FOR-OPF-50.00  
Página 1 de 2

**Proyecto :** "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021".  
**Trazabilidad :** INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      **Región/Provi :** AYACUCHO / HUAMANGA  
**Solicitante :** TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      **Distrito :** SOCOS  
**Exploración :** CALICATA C-01      **Lugar :** PUCALOMA - MAUKALLAGTA  
**Estrato/Nivel :** SUBRASANTE      **Fecha :** ABRIL DEL 2021

COMPACTACION DEL CBR												
MOLDE N°	20			4			25					
CAPAS N°	5			5			5					
GOLPES POR CAPA	54			24			12					
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO		SUMERG.		HUMEDO		SUMERG.		HUMEDO		SUMERG.	
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	12,644		12,749		12,173		12,300		11,614	12,007	
PESO DEL MOLDE	gr	8,002.00			7,727.00			7,572.00				
PESO SUELO HÚM.	gr	4,642.00		4,747.00		4,446.00		4,573.00		4,242.00	4,435.00	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,146.00			2,121.86			2,139.92				
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.16		2.21		2.10		2.16		1.99	2.07	
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.86		1.85		1.80		1.80		1.71	1.71	
TARRO N°	Nro.	274	73	107	274	73	362	274	73	115		
TARRO+SUELO HÚM.	gr	105.1	110.2	356.3	105.1	110.2	221.9	105.1	110.2	456.6		
TARRO+SUELO SECO	gr	96.3	102.5	307.1	96.3	102.5	196.0	96.3	102.5	392.5		
AGUA	gr	6.85	7.66	49.26	6.85	7.66	25.93	6.85	7.66	64.06		
PESO DEL TARRO	gr	56.12	54.72	44.24	56.12	54.72	66.27	56.12	54.72	67.87		
PESO SUELO SECO	gr	42.17	47.78	262.82	42.17	47.78	129.72	42.17	47.78	304.62		
% DE HUMEDAD	%	16.24	16.03	18.74	16.24	16.03	19.99	16.24	16.03	21.04		
HUMEDAD	%	16.14		18.74		16.14		19.99		16.14		21.04

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
1	0.04	127.04	0.03%	0.05	127.05	0.04%	0.06	127.06	0.05%
2	0.05	127.05	0.04%	0.05	127.05	0.04%	0.06	127.06	0.05%
3	0.05	127.05	0.04%	0.05	127.05	0.04%	0.06	127.06	0.05%
4	0.05	127.05	0.04%	0.05	127.05	0.04%	0.06	127.06	0.05%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (p/g)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.53	0.53	0.28	0.52	0.52	0.27	0.15	0.15	0.08
1.270	0.050		0.75	0.75	0.39	0.64	0.64	0.33	0.23	0.23	0.12
1.900	0.075		0.97	0.97	0.50	0.76	0.76	0.39	0.30	0.30	0.16
2.540	0.100	6.9	1.19	1.19	0.62	0.87	0.87	0.45	0.39	0.39	0.20
3.170	0.125		1.41	1.41	0.73	0.98	0.98	0.51	0.47	0.47	0.25
3.810	0.150		1.63	1.63	0.84	1.08	1.08	0.56	0.54	0.54	0.28
4.445	0.175		1.86	1.86	0.96	1.17	1.17	0.61	0.60	0.60	0.31
5.080	0.200	10.35	2.05	2.05	1.06	1.26	1.26	0.65	0.67	0.67	0.34
7.620	0.300		2.65	2.65	1.37	1.57	1.57	0.81	0.90	0.90	0.46
10.160	0.400		3.10	3.10	1.60	1.86	1.86	0.96	1.11	1.11	0.57
12.700	0.500		3.51	3.51	1.81	2.15	2.15	1.11	1.30	1.30	0.67

**INGEOTECON**  
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.O.S. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento:  
FOR-DFE-50.00  
Página 2 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : TESISISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-01

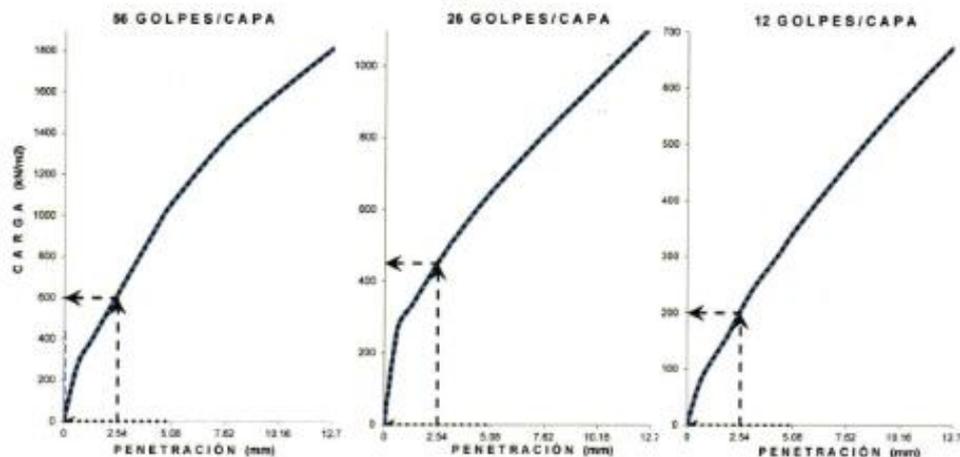
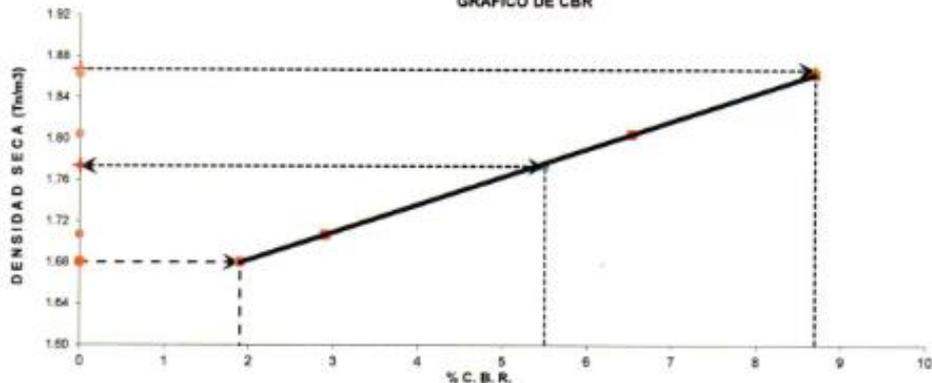
Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA

Estrato/Nivel : SUBRASANTE

Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO				
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA	Clasificación AASHTO :	A-6 (B)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m <sup>3</sup> ) :	1.87		Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	15.60
% Grava = 0.6	% Arena = 16.0	% Finos = 83.5	LL % = 29.9%	LP % = 18.0%
Expansión % = 0.05%	Embebido (días) = 4.0	IP % = 11.9%		
RESULTADOS DEL ENSAYO (01' DE PENETRACIÓN)				
CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 8.7		CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 5.5		CBR AL 90% MDS = 1.9

GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECON**

JOBER JAMAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO



**LIMITES DE PLASTICIDAD DE  
LOS SUELOS (PASANTE LA  
MALLA N° 40)**

Código del formato base:  
FOR-SIG-01-00  
Código del documento  
FOR-CPE-10-00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".  
Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON  
Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI  
Exploración : CALICATA C-01  
Estrato / Nivel : SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.4%  
Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA  
Distrito : SOCOS  
Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA  
Fecha : ABRIL DEL 2021

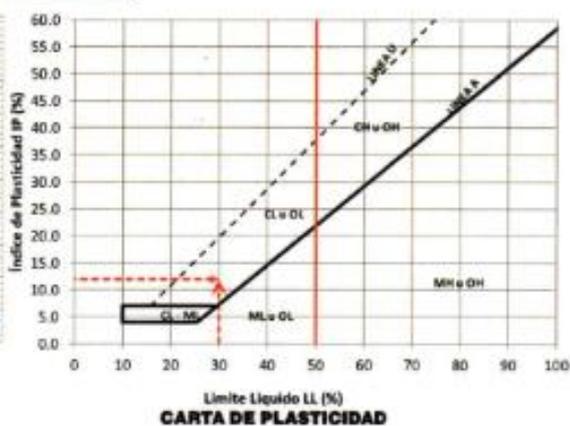
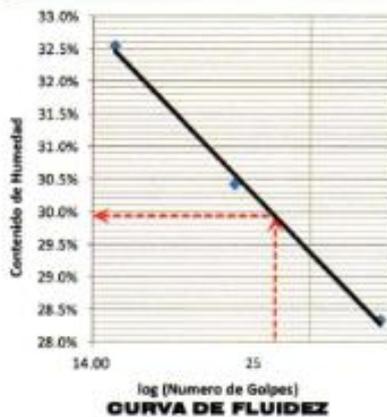
**DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº	53	294		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	25.944	25.917		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	25.408	25.550		
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.450	23.511		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.54	0.37		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	2.96	2.04		
6	HUMEDAD	%	18.08%	18.00%		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>		<b>%</b>	<b>18.0%</b>			

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)**

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	39.319	39.806	37.929	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	35.886	36.401	34.363	
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.773	25.208	23.406	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	3.433	3.405	3.566	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	12.113	11.193	10.957	
6	HUMEDAD	%	28.34%	30.42%	32.55%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	22	15	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>	<b>29.9%</b>			

**INDICE PLÁSTICO (%)  $IP=LL-LP=$  11.9%**



**INGEOTECON**

**JOBER JAHAMPA AGUADO**  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Código del formato base:  
FOR-SIG-01.00

Código del documento  
FOR-OPE-12.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRANO PUCALOMA - MAUKALLAOTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-01

Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAOTA

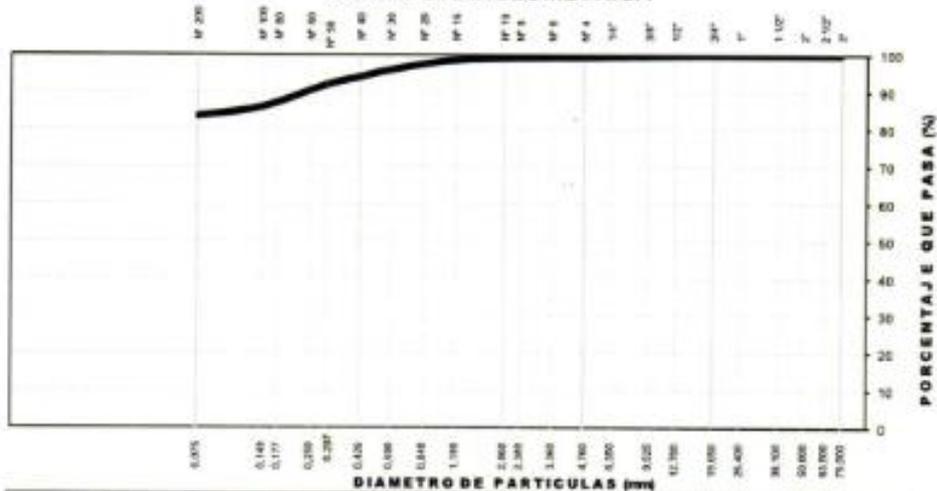
Extrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.4%

Fecha : ABRIL DEL 2021

TAMIZ ASTM	Apertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
						ENSAYOS ESTÁNDAR	
3"	75.000	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	2015.4
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	333.2
2"	50.800	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)	1682.2
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Humedad (%)	17.97
1"	25.400	-	-	-	100.00	% Grava	0.5
3/4"	19.000	-	-	-	100.00	% Grava gruesa	0.0
1/2"	12.700	2.90	0.14	0.14	99.86	% Grava fina	0.5
3/8"	9.500	1.60	0.08	0.22	99.78	% Arena	16.9
1/4"	6.350	4.70	0.23	0.45	99.54	% Arena gruesa	0.4
N° 4	4.750	1.70	0.08	0.54	99.46	% Arena mediana	5.1
N° 8	2.360	5.20	0.26	0.80	99.20	% Arena fina	10.5
N° 10	2.000	2.00	0.10	0.90	99.10	% de Fines	83.5
N° 16	1.100	13.50	0.67	1.57	95.92	$D_{10} = D_{(10)\%}$	0.0090
N° 30	0.590	50.60	2.51	4.08	94.01	$D_{30} = D_{(30)\%}$	0.0270
N° 40	0.425	38.50	1.91	5.99	91.89	$D_{40} = D_{(40)\%}$	0.0530
N° 50	0.297	42.90	2.13	8.12	85.99	$C_u =$	..
N° 100	0.149	118.70	5.89	14.01	83.47	$C_c =$	..
N° 200	0.075	50.85	2.52	16.53			
Fondo				16.53			
Lavado		1.682.2	83.47	100.00			
<b>TOTAL</b>		<b>2015.4</b>	<b>100.0</b>			CLASIFICACIÓN	
						AASHTO	<b>A-6 (9)</b>
						Clasificación SUCS	<b>CL</b>

ARCILLA LIGERA CON ARENA

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOTECON**

**JÓBER JAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO



**COMPACTACIÓN DE  
SUELOS EN  
LABORATORIO  
UTILIZANDO UNA  
ENERGÍA MODIFICADA  
(MTC E 115)**

Código formato base:

FOR-SIG-01.00

Código del documento

FOR-OPE-35.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

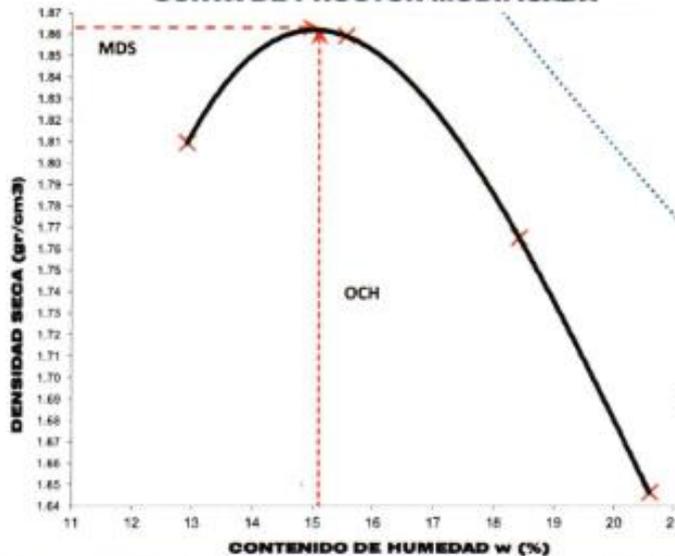
Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAC  
Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.4%      Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA CON ARENA	METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-6 (9)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	0.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4 *
% Retenido acumulado malla 3/8" :	0.2	Molde (Puig)	4      Código M3
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.0	Peso Molde (gr) :	4081.00      Volumen : 933.38

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,988	6,086	6,032	5,934
Peso de la muestra compactada	gr	1,907.0	2,005.0	1,951.0	1,853.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.04	2.15	2.09	1.99
Densidad seca	gr/cc	1.81	1.86	1.76	1.65

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		328.0	339.0	322.0	329.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	506.30	516.10	560.70	747.50
Peso de tarro + suelo seco	gr	463.40	464.70	494.20	642.40
Peso del tarro	gr	131.320	134.060	133.350	132.120
Peso del agua	gr	42.90	51.40	66.50	105.10
Peso del suelo seco	gr	332.08	330.64	360.85	510.28
Contenido de humedad	%	12.92	15.55	18.43	20.60

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADA**



OCH	Óptimo
Contenido de	
Humedad (%)	15.10
MDS	Máxima
Densidad	
Seca (gr/m³)	1.863

**INGEOTECON**  
  
**JOBERT JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

TRAZABILIDAD: BALANZA MARCA OHAUS MODELO K1116 S000 E1197902 CALIBRACIÓN CERTIFICADO M-S001.200.090.1102

A. H. Corvalán M2 P2 L2 S Ayacucho, T.01 04 34025 EPM 00940291, RUC: 00900005, Correo: aguarco@ingetec.com Web: www.ingetec.com

	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento: FOR-OPF-00.00
		Página 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021",  
 Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provir : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANGUI      Distrito : SOCOS  
 Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAGTA  
 Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.4%      Fecha : ABRIL DEL 2021

COMPACTACION DEL CBR							
MOLDE Nº	12		10		2C		
CAPAS Nº	5		5		5		
GOLPES POR CAPA	56		26		12		
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	SUMERG.	HUMEDO	SUMERG.	HUMEDO	SUMERG.	
PESO MOLDE+S. HUM.	gr	12,415	12,590	12,240	12,415	11,031	11,315
PESO DEL MOLDE	gr	7,829.00		7,883.00		6,912.00	
PESO SUELO HUM.	gr	4,589.00	4,761.00	4,357.00	4,532.00	4,119.00	4,403.00
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,121.38		2,118.58		2,135.80	
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.16	2.24	2.06	2.14	1.93	2.06
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.88	1.89	1.78	1.78	1.67	1.67
TARRO Nº	Nro.	36	75	36	75	36	75
TARRO+SUELO HUM.	gr	117.8	117.4	216.0	117.8	117.4	222.9
TARRO+SUELO SECO	gr	109.3	109.9	191.8	109.3	109.9	192.0
AGUA	gr	8.47	7.55	24.21	8.47	7.55	29.96
PESO DEL TARRO	gr	55.22	58.74	63.73	55.22	58.74	66.26
PESO SUELO SECO	gr	54.10	51.11	126.06	54.10	51.11	123.54
% DE HUMEDAD	%	15.66	14.77	18.91	15.66	14.77	23.05
HUMEDAD	%	15.22		20.13		23.65	

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
1	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.04	127.04	0.03%
2	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%
3	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%
4	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (Mg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calc. (kN)	Esfuerzo (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calc. (kN)	Esfuerzo (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calc. (kN)	Esfuerzo (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.31	0.31	0.16	0.36	0.36	0.19	0.28	0.28	0.15
1.270	0.050		0.58	0.58	0.30	0.56	0.56	0.29	0.35	0.35	0.18
1.800	0.075		0.83	0.83	0.43	0.73	0.73	0.38	0.44	0.44	0.23
2.540	0.100	6.9	1.10	1.10	0.57	0.87	0.87	0.45	0.50	0.50	0.26
3.170	0.125		1.31	1.31	0.66	1.00	1.00	0.51	0.56	0.56	0.29
3.810	0.150		1.53	1.53	0.79	1.10	1.10	0.57	0.62	0.62	0.32
4.445	0.175		1.72	1.72	0.89	1.20	1.20	0.62	0.67	0.67	0.35
5.080	0.200	10.35	1.91	1.91	0.99	1.29	1.29	0.67	0.71	0.71	0.37
7.820	0.300		2.56	2.56	1.34	1.60	1.60	0.83	0.87	0.87	0.46
10.180	0.400		3.23	3.23	1.67	1.87	1.87	0.97	1.02	1.02	0.53
12.700	0.500		3.83	3.83	1.96	2.14	2.14	1.10	1.16	1.16	0.60

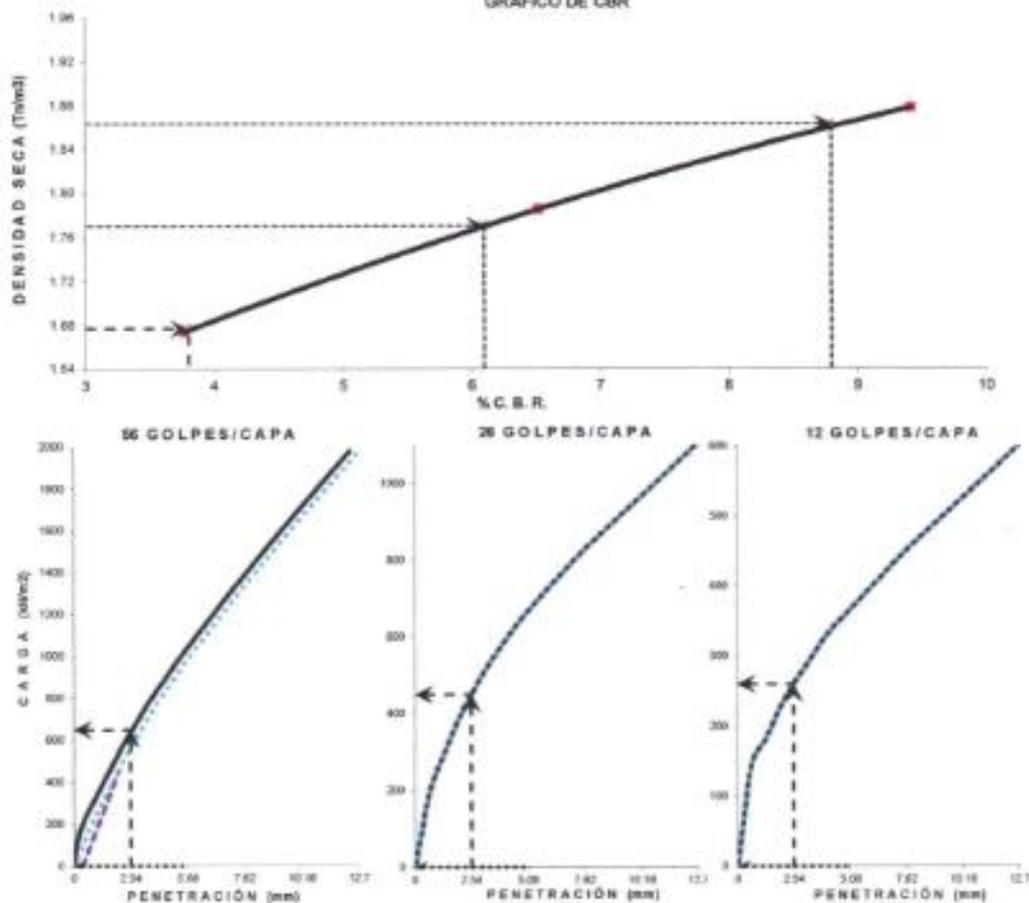
**INGEOTECON**  
  
**JOBER J. AMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CC. ING. N° 173407  
 JEFE DE LABORATORIO

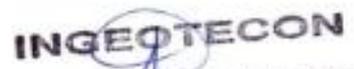
Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021",

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON	Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante : TESISITA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI	Distrito : SOCOS
Exploración : CALICATA C-01	Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAGTA
Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.4%	Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO				
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA	Clasificación AASHTO :	A-6 (S)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	1.86	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	15.10	
% Grava =	0.0	% Arena =	16.0	% Finos = 83.5
		LL % =	29.9%	LP % = 18.0%
Expansión % =	0.03%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 11.9%
RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1° DE PENETRACIÓN)				
CBR AL 100% DE MDS (0.1°) = 8.8		CBR AL 95% DE LA MDS (0.1°) = 6.1		CBR AL 90% MDS = 3.8

GRÁFICO DE CBR



  
**JOBER JAMAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. REG. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Exploración : CALCATA C-01

Extrato / Nivel : SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.8%

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Distrito : SOCOS

Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQT

Fecha : ABRIL DEL 2021

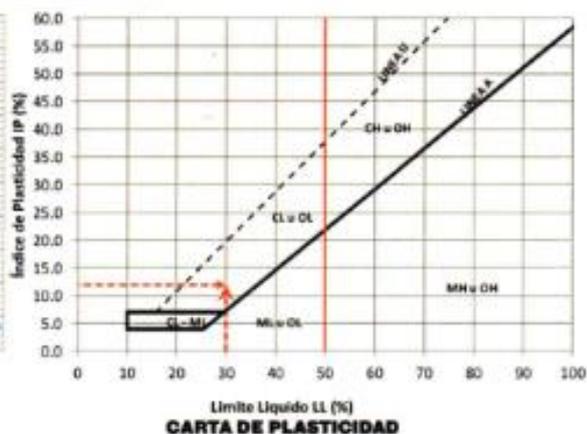
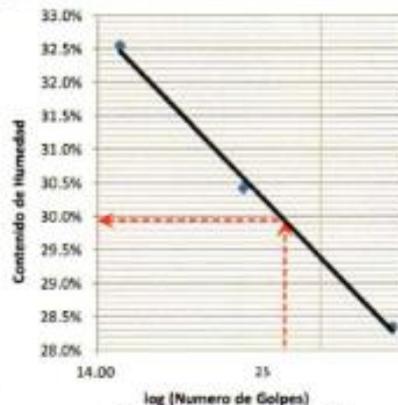
**DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)**

	RECIPIENTE	N°	53	294		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	25.944	25.917		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	25.409	25.550		
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.450	23.511		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.54	0.37		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	2.06	2.04		
6	HUMEDAD	%	18.08%	18.00%		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>		<b>%</b>	<b>18.0%</b>			

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)**

	RECIPIENTE	N°	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			297	95	305	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	39.319	39.806	37.929	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	35.888	36.401	34.363	
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.773	25.208	23.406	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	3.433	3.405	3.566	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	12.113	11.193	10.867	
6	HUMEDAD	%	28.34%	30.42%	32.55%	
7	NUMERO DE GOLPES	N°	35	22	15	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>	<b>29.9%</b>			

**INDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 11.9%**



**INGEOTECON**

**JOBER JANAMPA AGUADO**  
INGENIERO CIVIL  
REG. S.C.L. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO



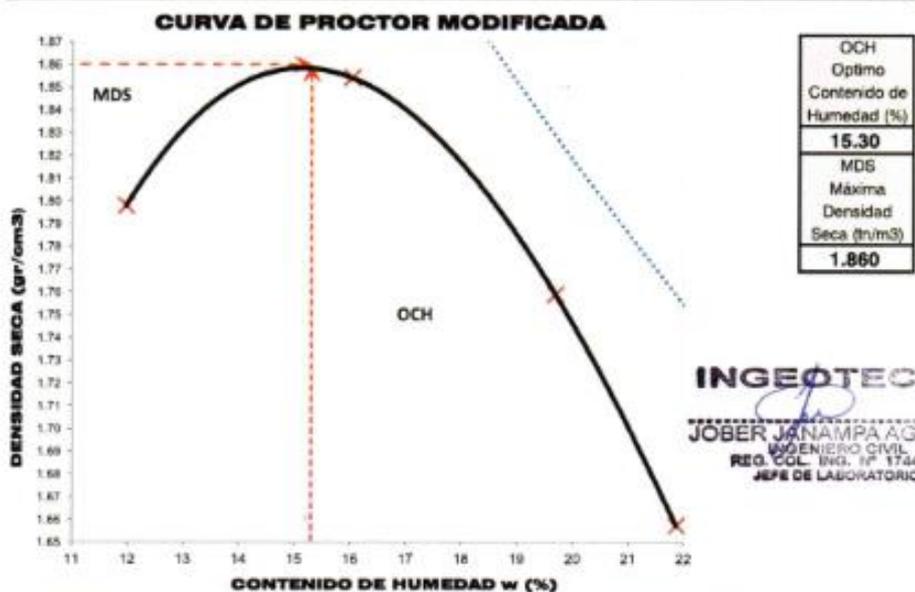
	<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b>	Código formato base:
		FOR-SIG-01.00
		Código del documento:
		FOR-OPE-35.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".  
 Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
 Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAC  
 Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 0.8%      Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA CON ARENA	METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-6 (B)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	0.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4 *
% Retenido acumulado malla 3/8" :	0.2	Molde (Pulg)	4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.0	Peso Molde (gr) :	4081.00
		Volumen :	933.38

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,960	6,089	6,046	5,966
Peso de la muestra compactada	gr	1,879.0	2,008.0	1,965.0	1,885.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.01	2.15	2.11	2.02
Densidad seca	gr/cc	1.80	1.85	1.76	1.66

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		129.0	132.0	112.0	111.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	578.80	531.80	591.40	624.40
Peso de tarro + suelo seco	gr	524.00	467.70	505.12	524.40
Peso del tarro	gr	66.164	67.780	66.997	67.273
Peso del agua	gr	54.80	64.10	86.28	100.00
Peso del suelo seco	gr	457.84	399.92	438.12	457.13
Contenido de humedad	%	11.97	16.03	19.69	21.88





## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento:  
FOR-OPS-50.00  
Página 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAOTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 901-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Región/Provin : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : TESISISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-01

Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAOTA

Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.8%

Fecha : ABRIL DEL 2021

COMPACTACION DEL CBR									
MOLDE N°	36			32			19		
CAPAS N°	5			5			5		
GOLPES POR CAPA	56			26			12		
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO		SUMERG.	HUMEDO		SUMERG.	HUMEDO		SUMERG.
PESO MOLDE + S. HUM.	gr	12,274	12,416	11,970	12,163	11,078	12,155		
PESO DEL MOLDE	gr	7,736.00		7,619.00		7,851.00			
PESO SUELO HUM.	gr	4,538.00	4,680.00	4,351.00	4,544.00	4,027.00	4,304.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,103.43		2,127.87		2,129.42			
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.16	2.22	2.04	2.14	1.89	2.02		
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.88	1.88	1.78	1.78	1.65	1.85		
TARRO N°	Nro.	51	66	354	51	66	231	51	66
TARRO + SUELO HUM.	gr	97.4	110.4	225.9	97.4	110.4	215.4	97.4	110.4
TARRO + SUELO SECO	gr	91.4	104.1	204.6	91.4	104.1	194.0	91.4	104.1
AGUA	gr	6.05	6.35	21.27	6.05	6.35	21.46	6.05	6.35
PESO DEL TARRO	gr	49.92	61.75	87.97	49.92	61.75	85.53	49.92	61.75
PESO SUELO SECO	gr	41.43	42.33	116.63	41.43	42.33	108.45	41.43	42.33
% DE HUMEDAD	%	14.60	15.00	18.24	14.60	15.00	19.79	14.60	15.00
HUMEDAD	%	14.80	18.24	14.80	19.79	14.80	22.53		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
1	0.03	127.03	0.02%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%
2	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%
3	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%
4	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (psi)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.54	0.54	0.26	0.48	0.48	0.25	0.40	0.40	0.20
1.270	0.050		0.76	0.76	0.40	0.66	0.66	0.34	0.46	0.46	0.25
1.800	0.075		1.03	1.03	0.53	0.83	0.83	0.43	0.55	0.55	0.29
2.540	0.100	6.9	1.27	1.27	0.66	0.96	0.96	0.50	0.62	0.62	0.32
3.170	0.125		1.49	1.49	0.77	1.09	1.09	0.56	0.68	0.68	0.35
3.810	0.150		1.70	1.70	0.88	1.20	1.20	0.62	0.74	0.74	0.38
4.445	0.175		1.89	1.89	0.98	1.31	1.31	0.68	0.79	0.79	0.41
5.080	0.200	10.35	2.11	2.11	1.09	1.42	1.42	0.73	0.84	0.84	0.43
7.620	0.300		2.86	2.86	1.48	1.79	1.79	0.92	1.04	1.04	0.54
10.160	0.400		3.62	3.62	1.87	2.16	2.16	1.12	1.24	1.24	0.64
12.700	0.500		4.51	4.51	2.33	2.52	2.52	1.30	1.43	1.43	0.74

**INGEOTECON**

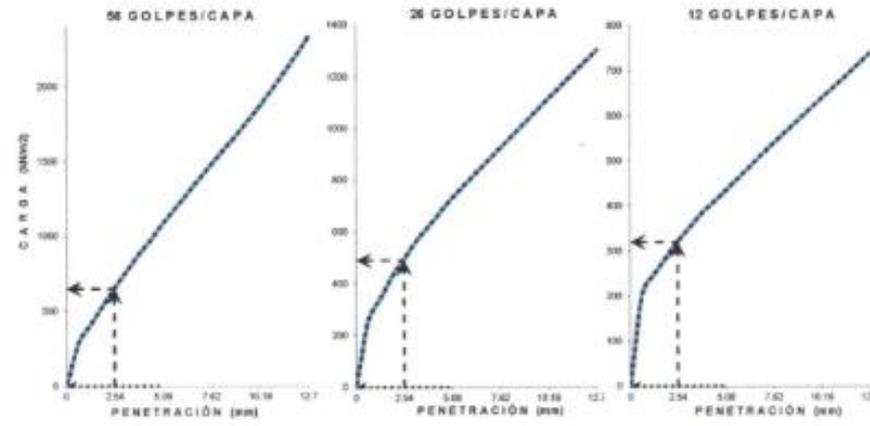
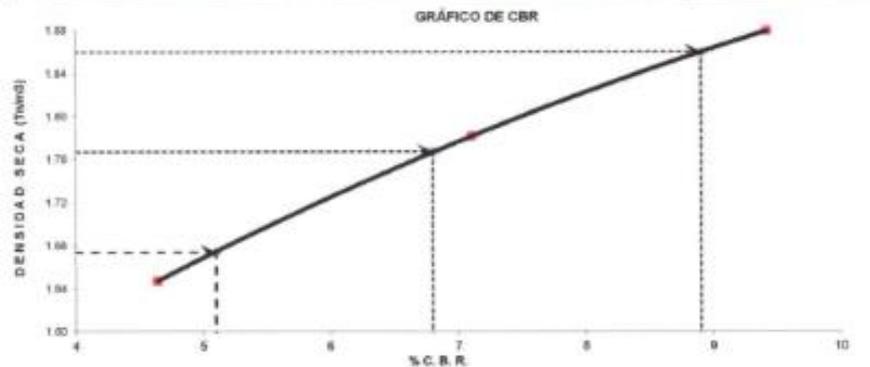
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON  
Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANGUI  
Exploración : CALICATA C-01  
Estado/Nivel : SUBRASANTE + TEREFALATO DE POLIETILENO 0.8%

Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
Distrito : SOCOS  
Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAGTA  
Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO				
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA	Clasificación AASHTO :	A-6 (B)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> )	1.80		Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	15.30
% Grava =	0.5	% Arena = 16.0	% Finos = 83.5	LL % = 29.9% LP % = 18.0%
Expansión % =	0.03%	Embestido (días) =	4.0	IP % = 11.9%
RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1° DE PENETRACIÓN)				
CBR AL 100% DE MDS (0.1°) = 8.9		CBR AL 95% DE LA MDS (0.1°) = 6.8		CBR AL 90% MDS = 5.1



**INGEOTECON**  
  
**JOBERTO CAMPAGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.O.C. ING. N° 173407  
 JEFE DE LABORATORIO





	<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b>	Código formato base
		FOR-SIG-01.00
		Código del documento
		FOR-OPE-35.00

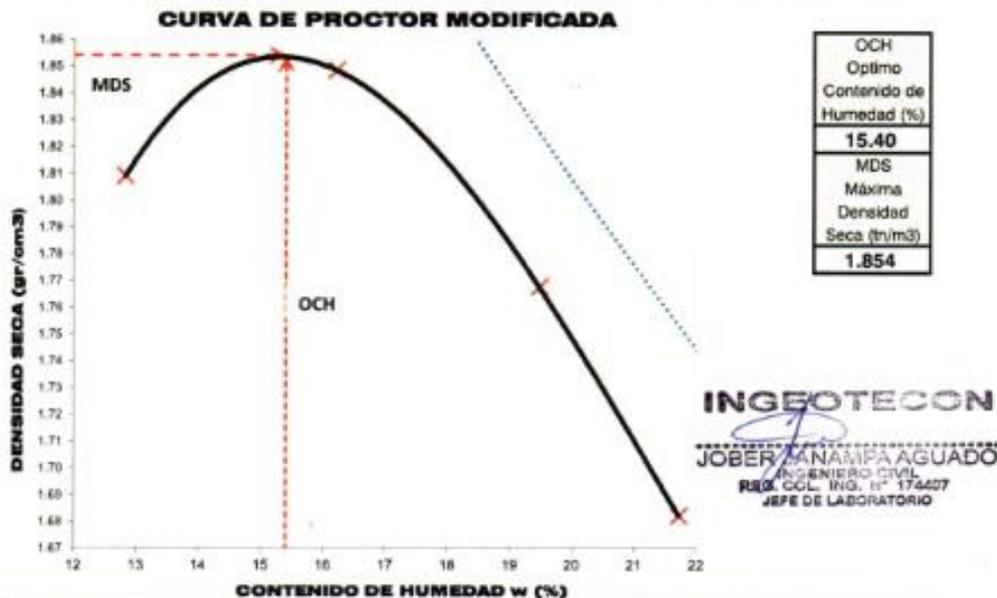
Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQT, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Solicitante : TESISISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
 Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAC  
 Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%      Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA CON ARENA	METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-6 (9)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	0.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4
% Retenido acumulado malla 3/8" :	0.2	Molde (Pulg)	4      Código      M3
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.0	Peso Molde (gr) :	4081.00      Volumen :      833.38

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,986	6,086	6,052	5,992
Peso de la muestra compactada	gr	1,905.0	2,005.0	1,971.0	1,911.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.04	2.15	2.11	2.05
Densidad seca	gr/cc	1.81	1.85	1.77	1.68

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		326.0	328.0	337.0	321.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	800.40	800.70	800.80	800.40
Peso de tarro + suelo seco	gr	724.50	707.30	692.50	681.60
Peso del tarro	gr	132.850	131.320	136.500	134.880
Peso del agua	gr	75.90	93.40	108.30	118.80
Peso del suelo seco	gr	591.65	575.98	556.00	546.72
Contenido de humedad	%	12.83	16.22	19.48	21.73



TRAZABILIDAD: BALANZA MARIKÁ 010A10 MODELO K11719 SERIE 81147902 CALIBRACION CERTIFICADO N.º 006.2004.209.2691.0102

A. M. Condalpa M. P. S. & Asociados, Tel: 054 31821 8PM 099402041, RPO: 089900495, Calle Ingeotecopq@telcel.com, Web: www.ingetecsa.com

	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	Código formato base: FOR-IG-01.00
		Código del documento: FOR-DFE-06.00
		Página 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Región/Provi : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : TESISISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-01

Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA

Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%

Fecha : ABRIL DEL 2021

COMPACTACION DEL CBR											
MOLDE Nº	21		22		23						
CAPAS Nº	5		5		5						
GOLPES POR CAPA	56		26		12						
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	SUMERG.	HUMEDO	SUMERG.	HUMEDO	SUMERG.					
PESO MOLDE+S. HUM	gr	12,450	12,456	12,170	12,299	12,202	12,364				
PESO DEL MOLDE	gr	7,837.00		7,806.00		8,090.00					
PESO SUELO HUM	gr	4,513.00	4,599.00	4,362.00	4,491.00	4,112.00	4,274.00				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,114.41		2,141.66		2,116.13					
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.13	2.16	2.04	2.10	1.94	2.02				
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.85	1.85	1.76	1.76	1.68	1.68				
TARRO Nº	Nro.	361	136	121	361	136	361	136			
TARRO+SUELO HUM.	gr	421.5	344.5	524.9	421.5	344.5	513.4	421.5	344.5	530.2	
TARRO+SUELO SECO	gr	373.6	306.3	463.1	373.6	306.3	442.1	373.6	306.3	451.5	
AGUA	gr	47.90	38.20	61.80	47.90	38.20	71.30	47.90	38.20	78.70	
PESO DEL TARRO	gr	63.73	62.23	94.80	63.73	62.23	63.73	63.73	62.23	62.23	
PESO SUELO SECO	gr	309.87	244.07	368.30	309.87	244.07	378.37	309.87	244.07	386.27	
% DE HUMEDAD	%	15.46	15.65	16.78	15.46	15.65	16.84	15.46	15.65	20.22	
HUMEDAD	%	15.55		16.78		16.84		15.55		20.22	

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
1	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%
2	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%
3	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%
4	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (pig)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuers. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuers. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuers. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.15	0.15	0.06	0.17	0.17	0.09	0.23	0.23	0.12
1.270	0.050		0.43	0.43	0.22	0.38	0.38	0.20	0.37	0.37	0.19
1.900	0.075		0.75	0.75	0.39	0.62	0.62	0.32	0.52	0.52	0.27
2.540	0.100	6.9	1.03	1.03	0.53	0.87	0.87	0.45	0.63	0.63	0.33
3.170	0.125		1.25	1.25	0.65	1.08	1.08	0.56	0.75	0.75	0.39
3.810	0.150		1.44	1.44	0.74	1.25	1.25	0.65	0.84	0.84	0.43
4.445	0.175		1.73	1.73	0.90	1.52	1.52	0.78	0.98	0.98	0.51
5.080	0.200	10.35	2.13	2.13	1.10	1.92	1.92	0.99	1.21	1.21	0.63
7.620	0.300		3.17	3.17	1.64	2.24	2.24	1.16	1.40	1.40	0.72
10.160	0.400		3.58	3.58	1.85	2.57	2.57	1.33	1.60	1.60	0.82
12.700	0.500		3.98	3.98	2.06	2.89	2.89	1.49	1.79	1.79	0.92

**INGEOTECON**

JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO

TRAZAMIENTO: MODELO METRICO AUTOMATICO. MARGEN: 20MM. BARRIDO: 75.27. SERIE: 04. CALIBRACION: CERTIFICADO F-022 001 1702

A. H. Coronado Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 066 216323 80PM 0909402095, RPC: 989900649, Correo: ingeotep@igmail.com, Web: www.ingeotep.com

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : TESISISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-01

Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA

Estrato/Nivel : SUBRASANTE + TEREFTALATO DE POLIETILENO 1.2%

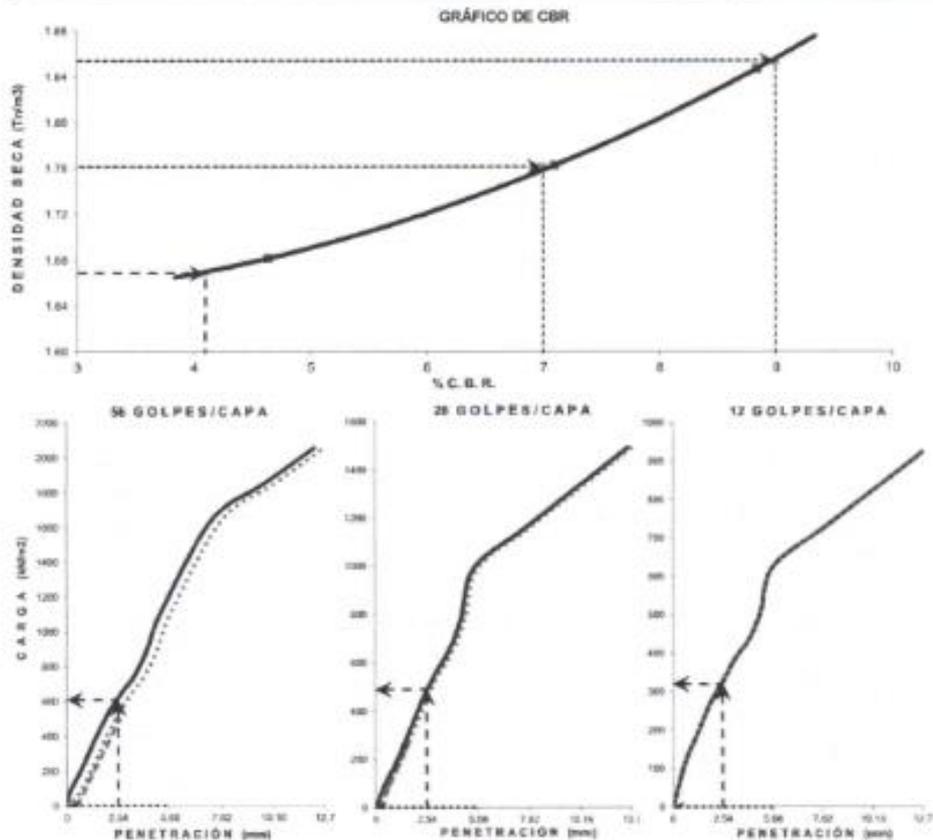
Fecha : ABRIL DEL 2021

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA	Clasificación AASHTO :	A-6 (R)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	1.85	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	15.40	
% Grava = 0.5	% Arena = 18.0	% Finos = 83.5	LL % = 29.9%	LP % = 18.0%
Expansión % = 0.02%	Embebido (dias) = 4.0	IP % = 11.9%		

### RESULTADOS DEL ENSAYO (01' DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1') = 9.0	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1') = 7.0	CBR AL 90% MDS = 4.1
---------------------------------	-----------------------------------	----------------------



**INGEOTECON**

JOBER JAMAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. C. L. ING. N° 173407  
JEFE DE LABORATORIO







**COMPACTACIÓN DE  
SUELOS EN  
LABORATORIO  
UTILIZANDO UNA  
ENERGÍA MODIFICADA  
(MTC E 115)**

Código formato base:

FOR-SIG-01.00

Código del documento:

FOR-OPR-35.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

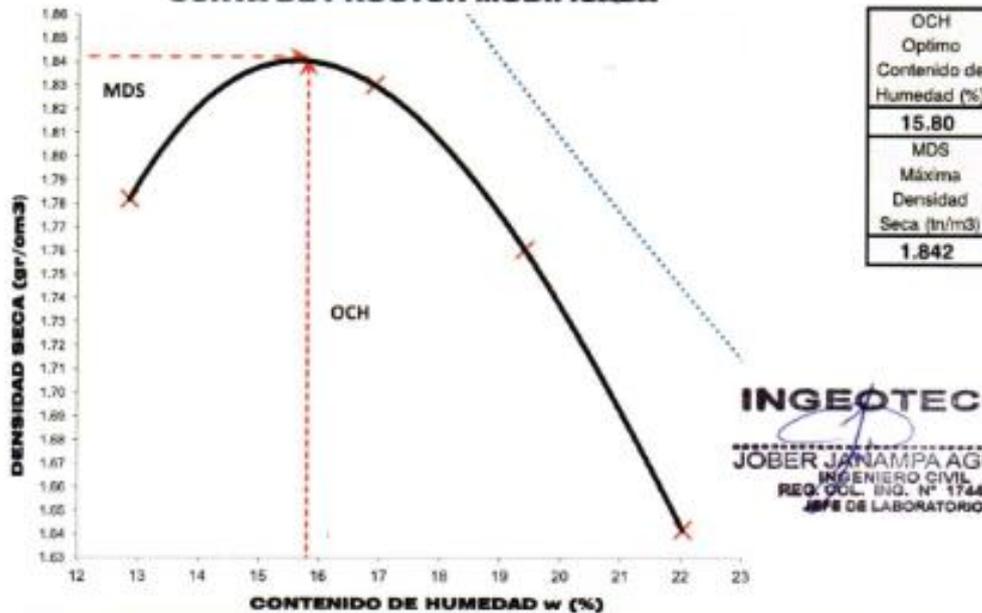
Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAC  
Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO      Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA CON ARENA	METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-6 (9)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	0.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4
% Retenido acumulado malla 3/8" :	0.2	Molde (Pulg)	4      Código M3
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.0	Peso Molde (gr) :	4061.00      Volumen : 933.38

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,958	6,078	6,043	5,951
Peso de la muestra compactada	gr	1,877.0	1,997.0	1,862.0	1,870.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.01	2.14	2.10	2.00
Densidad seca	gr/cc	1.78	1.83	1.76	1.64

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		337.0	359.0	323.0	324.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	772.20	699.00	727.60	769.90
Peso de tarro + suelo seco	gr	699.60	616.90	631.60	654.20
Peso del tarro	gr	136.500	131.160	136.780	129.180
Peso del agua	gr	72.40	82.10	95.00	115.70
Peso del suelo seco	gr	563.30	485.74	494.82	525.02
Contenido de humedad	%	12.85	16.90	19.40	22.04

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADA**



TRAZABILIDAD: BALANZA MARCA OHAUS MODELO K1100 SERIE 34507000 CALIBRACIÓN CERTIFICADO M-160, 2009, 1000, 1100

A. H. Cevallos M. P. E. Asociada. T. 051 980 318121 R.M. 479602015, RUC: 199700015. Correo: hys@cevallosm.com Web: www.ingeotecon.com

	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	Código formato base FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPR-00.00
		Página 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021".  
 Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provir : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
 Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAGTA  
 Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO 1.6%      Fecha : ABRIL DEL 2021

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE N°	21			23			22			
CAPAS N°	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	5G			2G			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO		SUMERG.	HUMEDO		SUMERG.	HUMEDO		SUMERG.	
PESO MOLDE+S HUM.	gr	12,369	12,600	12,295	12,565	11,793	12,147			
PESO DEL MOLDE	gr	7,937.00			8,090.00			7,808.00		
PESO SUELO HUM.	gr	4,432.00	4,663.00	4,205.00	4,480.00	3,985.00	4,339.00			
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,114.41			2,115.13			2,141.66		
DENSIDAD HUMEDA	g/cm3	2.10	2.21	1.99	2.13	1.86	2.03			
DENSIDAD SECA	g/cm3	1.85	1.87	1.76	1.76	1.64	1.64			
TARRO N°	Nro.	35	15	230	35	15	249	35	15	110
TARRO+SUELO HUM.	gr	117.9	119.6	298.3	117.9	119.6	308.7	117.9	119.6	192.4
TARRO+SUELO SECO	gr	109.9	111.6	266.1	109.9	111.6	263.7	109.9	111.6	164.7
AGUA	gr	8.03	7.95	32.24	8.03	7.95	44.95	8.03	7.95	27.78
PESO DEL TARRO	gr	48.40	51.88	88.69	48.40	51.88	48.20	48.40	51.88	45.18
PESO SUELO SECO	gr	81.50	89.74	177.37	81.50	89.74	215.51	81.50	89.74	119.50
% DE HUMEDAD	%	13.06	13.31	18.18	13.06	13.31	20.86	13.06	13.31	23.25
HUMEDAD	%	13.18		18.18	13.18		20.86	13.18		23.25

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
1	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%
2	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%
3	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%
4	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%

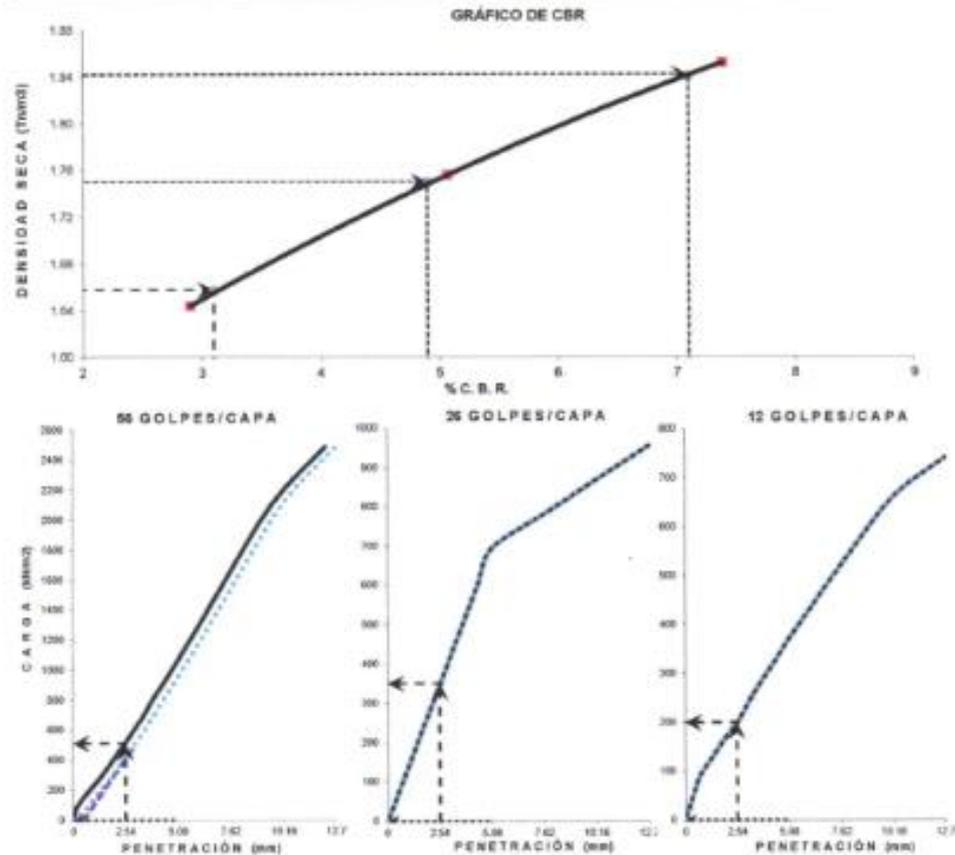
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuorz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuorz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuorz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.630	0.025		0.15	0.15	0.08	0.17	0.17	0.09	0.16	0.16	
1.270	0.050		0.36	0.36	0.19	0.34	0.34	0.17	0.24	0.24	
1.900	0.075		0.57	0.57	0.30	0.50	0.50	0.26	0.32	0.32	
2.540	0.100	6.9	0.81	0.81	0.42	0.67	0.67	0.35	0.38	0.38	
3.170	0.125		1.05	1.05	0.54	0.84	0.84	0.43	0.48	0.48	
3.810	0.150		1.31	1.31	0.68	1.01	1.01	0.52	0.56	0.56	
4.445	0.175		1.59	1.59	0.82	1.18	1.18	0.61	0.64	0.64	
5.080	0.200	10.35	1.85	1.85	0.96	1.34	1.34	0.69	0.72	0.72	
7.620	0.300		2.96	2.96	1.53	1.51	1.51	0.78	1.01	1.01	
10.160	0.400		4.09	4.09	2.11	1.88	1.88	0.87	1.28	1.28	
12.700	0.500		4.81	4.81	2.40	1.85	1.85	0.96	1.43	1.43	

**INGEOTECON**

JOBER JANTAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. INGS. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECIKLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021".  
 Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
 Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAGTA  
 Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO 1,6%      Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA	Clasificación AASHTO : A-6 (R)
Máxima Densidad Seca MDS (g/m <sup>3</sup> ) :	1.84	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	15.80
% Grava =	0.5	% Arena = 16.0	% Finos = 83.5    LL % = 29.9%    LP % = 18.0%
Expansión % =	0.02%	Embebido (dias) =	4.0    IP % = 11.9%
RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)			
CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	7.1	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") =	4.9
		CBR AL 90% MDS =	3.1



**INGEOTECON**  
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO





## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Código del formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento:  
FOR-CPE-12.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

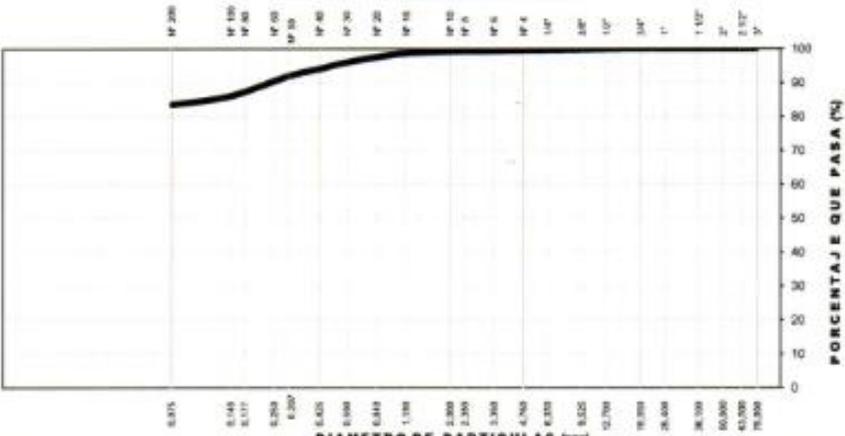
Trabaja/d : INF. N° 061-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON  
Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI  
Exploración : CALICATA C-01  
Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO 2.0%

Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
Distrito : SOCOS  
Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA  
Fecha : ABRIL DEL 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
	3"	75.000	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr) 2015.4
	2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr) 332.0
	2"	50.800	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr) 1683.4
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Humedad (%) 17.97
	1"	25.400	-	-	-	100.00	% Grava 8.5
	3/4"	19.000	-	-	-	100.00	% Grava gruesa 0.0
	1/2"	12.700	2.90	0.14	0.14	99.86	% Grava fina 0.5
	3/8"	9.500	1.80	0.08	0.22	99.54	% Arena 16.0
	1/4"	6.350	4.70	0.23	0.46	99.49	% Arena gruesa 0.3
	N° 4	4.750	1.00	0.05	0.51	99.25	% Arena media 5.1
	N° 8	2.360	4.70	0.23	0.74	99.16	% Arena fina 10.5
	N° 10	2.000	2.00	0.10	0.84	98.49	% de Fines 83.5
	N°16	1.100	13.50	0.67	1.51	95.98	D <sub>10</sub> = D <sub>60</sub> = 0.0000
	N° 30	0.580	50.60	2.51	4.02	94.07	D <sub>30</sub> = 0.0269
	N° 40	0.425	38.50	1.91	5.93	91.94	D <sub>40</sub> = 0.0539
	N° 50	0.297	42.90	2.13	8.06	85.05	C <sub>u</sub> = -
	N° 100	0.149	116.70	5.89	13.95	83.53	C <sub>c</sub> = -
	N° 200	0.075	50.85	2.52	16.47		
	Fondo				16.47		
	Lavado		1.683.4	83.53	100.00		
	TOTAL		2015.4	100.0			CLASIFICACIÓN
							AASHTO <b>A-6 (G)</b>
							Clasificación SUCS <b>CL</b>

ARCILLA LIGERA CON ARENA

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOTECON**  
  
**JOBERT JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

	<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b>	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPE-05.00

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Solicitante : TESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
 Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAC  
 Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO + TEREFALATO DE POLIETILENO : Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA CON ARENA		METODO A
Clasificación AASHTO :	A-6 (9)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	0.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4 *
% Retenido acumulado malla 3/8" :	0.2	Molde (Pulg)	4      Código      M3
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.0	Peso Molde (gr) :	4081.00      Volumen :      933.38

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,965	6,061	6,023	5,999
Peso de la muestra compactada	gr	1,884.0	1,880.0	1,942.0	1,918.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.02	2.12	2.08	2.05
Densidad seca	gr/cc	1.78	1.81	1.75	1.69

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		311.0	313.0	318.0	315.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	548.90	538.70	558.00	577.40
Peso de tarro + suelo seco	gr	491.50	469.10	478.80	485.60
Peso del tarro	gr	67.830	65.040	66.210	67.200
Peso del agua	gr	57.40	69.60	79.20	91.80
Peso del suelo seco	gr	423.67	404.06	412.59	418.40
Contenido de humedad	%	13.55	17.23	19.20	21.94



TRAZABILIDAD: BALANZA MARCA OHAUS MODELO 511756 0000 01107903 CALIBRACIÓN CERTIFICADO N-496 2005 2006 1041 1342

A. H. Condalpa M. P. S. E. Ayacucho, Tel: 061 218251 804 099443451, RUC: 980000498. Correo: ingeotec@pujibonaf.com. Web: www.ingeotec.com

	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	Código formato base FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPF-50.00
		Página 1 de 3

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAQTA, AYACUCHO - 2021".

Trazabilidad : INF. N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON

Región/Prov: AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : YESISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI

Distrito : SOCOS

Exploración : CALICATA C-01

Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAQTA

Estado/Nivel : MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 2.0%

Fecha : ABRIL DEL 2021

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	19			20			24			
CAPA Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO		SUMERG.	HUMEDO		SUMERG.	HUMEDO		SUMERG.	
PESO MOLDE + S. HUM.	gr	12,329	12,560	12,265	12,566	11,623	12,197			
PESO DEL MOLDE	gr	7,851.00			8,002.00			7,726.00		
PESO SUELO HUM.	gr	4,478.00	4,729.00	4,203.00	4,566.00	4,097.00	4,471.00			
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,129.42			2,146.00			2,140.71		
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	2.10	2.22	1.99	2.14	1.91	2.09			
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.85	1.89	1.75	1.77	1.69	1.69			
TARRO Nº	Nro.	125	112	47	125	112	11	125	112	362
TARRO + SUELO HUM.	gr	512.4	515.2	576.8	512.4	515.2	610.8	512.4	515.2	577.3
TARRO + SUELO SECO	gr	456.1	462.9	500.9	456.1	462.9	516.6	456.1	462.9	479.0
AGUA	gr	54.30	52.32	75.90	54.30	52.32	92.20	54.30	52.32	98.30
PESO DEL TARRO	gr	66.26	67.00	70.06	66.26	67.00	66.88	66.26	67.00	66.27
PESO SUELO SECO	gr	391.87	395.69	430.94	391.87	395.69	451.72	391.87	395.69	412.73
% DE HUMEDAD	%	13.86	13.22	17.62	13.86	13.22	20.41	13.86	13.22	23.62
HUMEDAD	%	13.54		17.62	13.54		20.41	13.54		23.62

EXPANSION									
DÍA	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
1	0.01	127.01	0.01%	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%
2	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%
3	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%
4	0.02	127.02	0.02%	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%

PENETRACION											
PENETRACION (mm)	Carga Estándar (kg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.19	0.19	0.10	0.12	0.12	0.06	0.08	0.08	0.04
1.270	0.050		0.39	0.39	0.20	0.24	0.24	0.13	0.14	0.14	0.07
1.900	0.075		0.57	0.57	0.29	0.36	0.36	0.18	0.19	0.19	0.10
2.540	0.100	6.9	0.73	0.73	0.38	0.45	0.45	0.23	0.24	0.24	0.12
3.170	0.125		0.86	0.86	0.46	0.51	0.51	0.26	0.26	0.26	0.15
3.810	0.150		1.02	1.02	0.53	0.57	0.57	0.29	0.32	0.32	0.16
4.445	0.175		1.23	1.23	0.64	0.66	0.66	0.34	0.37	0.37	0.19
5.080	0.200	10.35	1.58	1.58	0.82	0.79	0.79	0.41	0.45	0.45	0.23
7.620	0.300		1.86	1.86	0.96	0.89	0.89	0.46	0.51	0.51	0.26
10.160	0.400		2.09	2.09	1.08	0.98	0.98	0.51	0.56	0.56	0.29
12.700	0.500		2.32	2.32	1.20	1.08	1.08	0.56	0.62	0.62	0.32

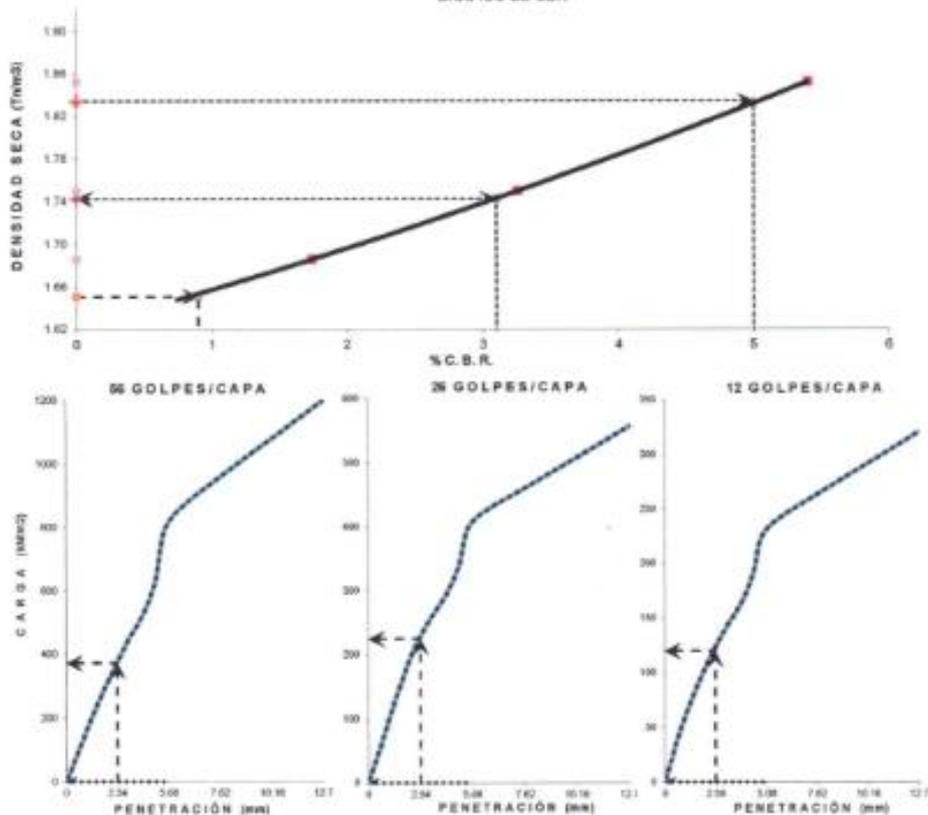
**INGEOTECON**

JOBER JA ZAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "INFLUENCIA DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA TRAMO PUCALOMA - MAUKALLAGTA, AYACUCHO - 2021".  
 Trazabilidad : INF, N° 001-2021 / TT-VC-Z-012 / INGEOTECON      Región/Provinc. : AYACUCHO / HUAMANGA  
 Solicitante : YEBISTA LUIS ANGEL GUTIERREZ YUPANQUI      Distrito : SOCOS  
 Exploración : CALICATA C-01      Lugar : PUCALOMA - MAUKALLAGTA  
 Estrato/nivel : MATERIAL PROPIO + TEREFTALATO DE POLIETILENO 2.0%      Fecha : ABRIL DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO				
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA	Clasificación AASHTO :	A-6 (R)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	1.83	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	15.70	
% Grava = 0.5	% Arena = 18.0	% Finos = 83.5	LL % = 29.9%	LP % = 18.0%
Expansión % = 0.02%	Embebedo (dias) = 4.0	IP % = 11.9%		
RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1' DE PENETRACIÓN)				
CBR AL 100% DE MDS (0.1') =	5.0	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1') =	3.1	CBR AL 90% MDS = 0.9

GRÁFICO DE CBR



  
**JÓBER J. CAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 176407  
 JEFE DE LABORATORIO

## **ANEXO 9: Panel fotográfico**

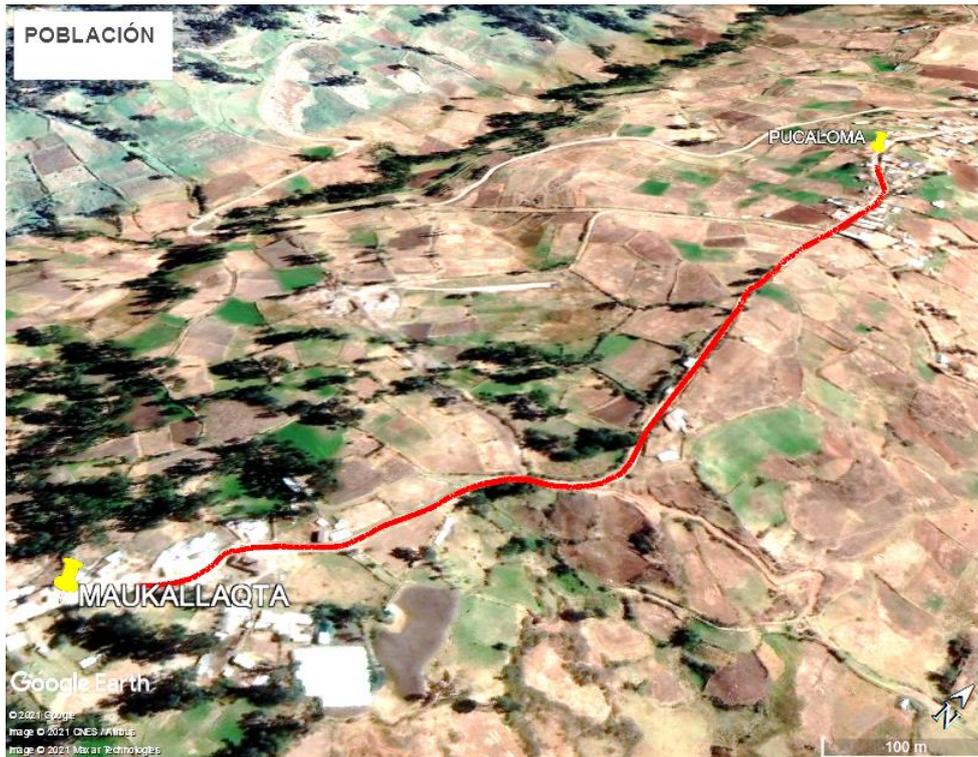


Imagen 1: Vista satelital de la zona de estudio tramo Pucaloma – Maukallaqta, vista a través del Google earth Pro



Imagen 2: Ubicación de la calicata dentro del tramo Pucaloma – Maukallaqta, vista a través del Google earth Pro



Imagen 3: Ubicación del lugar de estudio en el centro poblado de Pucaloma



Imagen 4: Ubicación del lugar de estudio en el tramo Pucaloma – Maukallaqta.



Imagen 5: Conteo vehicular en el tramo Pucaloma – Maukallaqta.



Imagen 6: Vehículos ligeros en el tramo Pucaloma – Maukallaqta.



Imagen 7: Vehículos pesado en el tramo Pucaloma – Maukallaqta.



Imagen 8: Ubicación de la calicata C-01 en el tramo Pucaloma - Maukallaqta.



Imagen 9: Vista de la excavación de la calicata C-01 en la prog. 0+040 del tramo Pucaloma - Maukallaqta



Imagen 10: Vista del perfil estratigráfico de la calicata C-01 a una profundidad de 1.50m



Imagen 11: Vista de los tereftalato de polietileno reciclado (Botellas de plástico)



Imagen 12: Vista del cuarteo de la muestra de suelo de la calicata C-01



Imagen 13: Vista del ensayo de granulometría



Imagen 14: Vista del ensayo de granulometría



Imagen 15: Vista del ensayo de límites de atterberg



Imagen 16: Preparación de la muestra de suelo en estado natural



Imagen 17: Compactación con energía modificada



Imagen 18: Preparación de la muestra de suelo con la adición del tereftalato de polietileno reciclado



Imagen 19: Preparación de la muestra de suelo con la adición del tereftalato de polietileno reciclado



Imagen 20: Control de expansión de las muestras, sumergida en agua durante 4 días



Imagen 21: Control de expansión de las muestras, sumergida en agua durante 4 días



Imagen 22: Registro de las cargas aplicadas en la máquina multiuso en el ensayo de CBR



Imagen 23: Muestra después del ensayo de CBR



Imagen 24: Tereftalato de polietileno reciclado en porcentaje de 0.4% del peso seco de la muestra



Imagen 25: Tereftalato de polietileno reciclado en porcentaje de 0.8% del peso seco de la muestra



Imagen 26: Tereftalato de polietileno reciclado en porcentaje de 1.2% del peso seco de la muestra

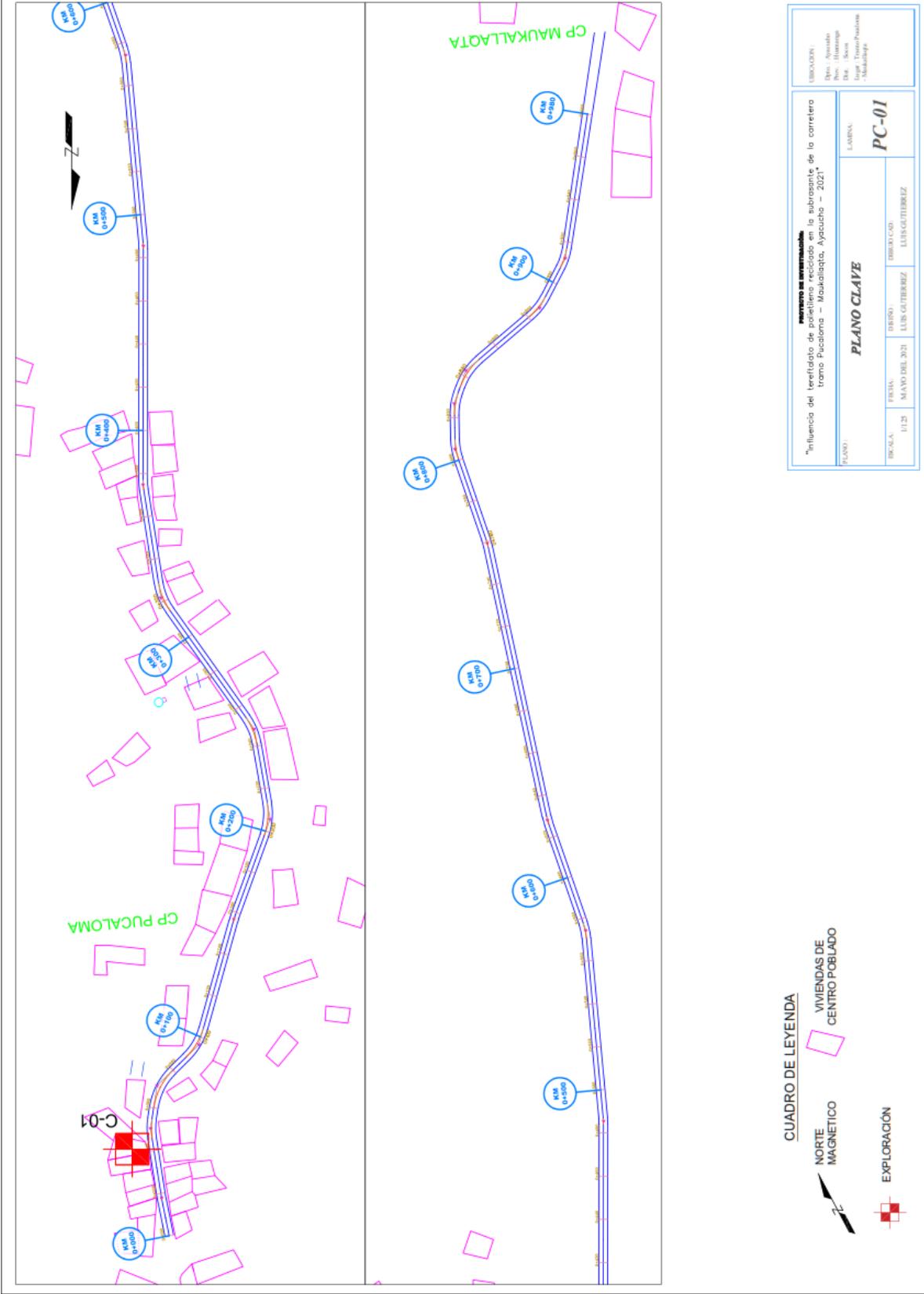


Imagen 27: Vista de la muestra con adición del tereftalato de polietileno después del ensayo de CBR



Imagen 28: Vista de la muestra con adición del tereftalato de polietileno después del ensayo de CBR

## **ANEXO 10: Planos**



<b>PROYECTO DE INVESTIGACION:</b> "Influencia del tendido de cables en el subterráneo de la carretera tramo Pucaloma - Maukallaqta, Ayacucho - 2021"		UNIVERSIDAD: Dept. Ayacucho Facultad de Ingeniería Ingeniería de Tránsito y Transporte -Módulo 1-
<b>PLANO:</b> <b>PLANO CLAVE</b>		LAYOUT: <b>PC-01</b>
DISEÑADO: LUIS GUTIERREZ	DIBUJADO: LUIS GUTIERREZ	
FECHA: MAYO DEL 2021		