

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA  
EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB  
RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA,  
DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autora:**

Jheniffer Paola Guevara Idrogo

**Asesor:**

Mg. Ing. Lizbeth Milagros Merma Gallardo

<https://orcid.org/0000-0002-4644-063X>

Cajamarca - Perú

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Héctor Cuadros Rojas</b>	<b>43275350</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Katia Carrión Rabanal</b>	<b>46269439</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Erlín Salazar Huamán</b>	<b>71106769</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022

### ORIGINALITY REPORT



### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="https://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Internet Source	<b>3%</b>
<b>2</b>	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Student Paper	<b>2%</b>
<b>3</b>	<a href="https://vsip.info">vsip.info</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>4</b>	<a href="https://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>5</b>	Submitted to Universidad Privada del Norte Student Paper	<b>1%</b>
<b>6</b>	<a href="https://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<a href="https://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>8</b>	<a href="https://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>9</b>	<a href="https://www.doccity.com">www.doccity.com</a> Internet Source	<b>1%</b>

Exclude quotes  On  Exclude matches  < 1%  
 Exclude bibliography  On

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación con todo mi corazón y amor a mi papá, porque este logro no habría sido posible sin tu apoyo, por tu gran esfuerzo, trabajo, consejos, ayuda, por siempre confiar en mí; a mi querida madre, hermano y sobrinito por todo el soporte que son para mí, a Ari, por la confianza, por el apoyo durante toda esta etapa; a mi familia en general, porque contribuyeron de una u otra manera para realizarme profesionalmente, a todos mis amigos, porque me hicieron crecer como ser humado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios en primer lugar, por permitirme día a día seguir avanzando y mejorando como ser humano, a mis queridos padres, hermano por el todo apoyo incondicional que me han brindado en esta etapa de la universidad, a cada uno de mis docentes que fueron a lo largo de los 5 años de mi carrera profesional, que me brindaron conocimiento y sabiduría para enfrentar a la sociedad y aportar mejoras en el rubro de la ingeniería.

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	14
RESUMEN	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>26</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>26</b>
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>27</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS	57
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	72
REFERENCIAS	78
ANEXOS	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Cantidad de ensayos para el estudio de la Subrasante .....	30
<b>Tabla 2:</b> Parámetros de los tipos de suelos .....	41
<b>Tabla 3:</b> Tipo de suelo .....	43
<b>Tabla 4:</b> Características del suelo .....	43
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de un suelo por Sucs.....	44
<b>Tabla 6:</b> Clasificación de suelos finos mediante Sucs .....	45
<b>Tabla 7:</b> Tipos de métodos para el Proctor modificado.....	48
<b>Tabla 8:</b> Resumen de Contenido de humedad .....	57
<b>Tabla 9:</b> Análisis granulométrico por lavado Calicata N° 01.....	58
<b>Tabla 10:</b> Análisis granulométrico Calicata N° 02 .....	59
<b>Tabla 11:</b> Análisis granulométrico por lavado Calicata N° 03 .....	60
<b>Tabla 12:</b> Resumen de peso específico.....	61
<b>Tabla 13:</b> Límites de Atterberg.....	61
<b>Tabla 14:</b> Límites de Atterberg.....	62
<b>Tabla 15:</b> Límites de Atterberg.....	62
<b>Tabla 16</b> Clasificación Sucs para cada calicata .....	63
<b>Tabla 17:</b> Clasificación Aashto para las tres calicatas .....	63
<b>Tabla 18</b> Resumen Proctor modificado patrón, 2%,4% y 6% respectivamente.....	64
<b>Tabla 19:</b> Porcentajes obtenidos de CBR para la calicata N° 01 .....	67
<b>Tabla 20:</b> Porcentajes obtenidos de CBR para la calicata N° 02.....	68
<b>Tabla 21</b> Porcentajes obtenidos de CBR para la calicata N° 03.....	70
<b>Tabla 22</b> Contenido de humedad descripción completa de la calicata N° 01 .....	82
<b>Tabla 23</b> Contenido de humedad descripción completa de la calicata N° 02 .....	82
<b>Tabla 24</b> Contenido de humedad descripción completa de la calicata N° 03 .....	83

<b>Tabla 25</b> Análisis granulométrico por lavado completa de la calicata N°01 .....	83
<b>Tabla 26</b> Análisis granulométrico por lavado completa de la calicata N°02 .....	84
<b>Tabla 27</b> Análisis granulométrico por lavado completa de la calicata N°03 .....	84
<b>Tabla 28</b> Peso específico de material fino descripción completa calicata N°01 .....	85
<b>Tabla 29</b> Peso específico de material fino descripción completa calicata N°02 .....	85
<b>Tabla 30</b> Peso específico de material fino descripción completa calicata N°03 .....	86
<b>Tabla 31</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra patrón .....	88
<b>Tabla 32</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra 2% Polietileno .....	89
<b>Tabla 33</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra 4% Polietileno .....	90
<b>Tabla 34</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra 6% Polietileno .....	91
<b>Tabla 35</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra patrón .....	92
<b>Tabla 36</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra 2% Polietileno .....	93
<b>Tabla 37</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra 4% Polietileno .....	94
<b>Tabla 38</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra 6% Polietileno .....	95
<b>Tabla 39</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra patrón .....	96
<b>Tabla 40</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra 2% Polietileno .....	97
<b>Tabla 41</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra 4% Polietileno .....	98
<b>Tabla 42</b> Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra 6% Polietileno .....	99
<b>Tabla 43</b> Carga penetración Cbr patrón .....	100
<b>Tabla 44</b> Carga penetración Cbr 2% Polietileno .....	102
<b>Tabla 45</b> Carga penetración Cbr 4% Polietileno .....	105
<b>Tabla 46</b> Carga penetración Cbr 6% Polietileno .....	108
<b>Tabla 47</b> Carga penetración Cbr patrón .....	111
<b>Tabla 48</b> Carga penetración Cbr 2% polietileno .....	114
<b>Tabla 49</b> Carga penetración Cbr 4% polietileno .....	117
<b>Tabla 50</b> Carga penetración Cbr 6% polietileno .....	120
<b>Tabla 51</b> Carga penetración Cbr patrón .....	123

<b>Tabla 52</b> Carga penetración Cbr 2% de Polietileno.....	126
<b>Tabla 53</b> Carga penetración Cbr 4% de Polietileno.....	129
<b>Tabla 54</b> Carga penetración Cbr 6% de Polietileno.....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura química del Polietileno .....	23
<b>Figura 2</b> Imagen de polietileno de baja densidad .....	24
<b>Figura 3</b> Categoría de Subrasante.....	25
<b>Figura 4</b> Ubicación de calicatas.....	29
<b>Figura 5</b> Esquema de procedimiento de recolección de datos .....	32
<b>Figura 6</b> Diagrama de Fluidez para los límites.....	39
<b>Figura 7</b> Curva granulométrica Calicata N° 01.....	58
<b>Figura 8</b> Cuva granulométrica Calicata N° 02.....	59
<b>Figura 9</b> Curva granulométrica Calicata N° 03.....	60
<b>Figura 10</b> Curva de densidad seca máxima vs contenido de humedad óptimo calicata N° 01 .....	64
<b>Figura 11</b> Curva de densidad seca máxima vs contenido de humedad óptimo calicata N° 02 .....	65
<b>Figura 12</b> Curva de densidad seca máxima vs contenido de humedad óptimo calicata N° 03 .....	65
<b>Figura 13</b> Curva de esfuerzo unitario vs Penetración de la calicata N° 01 .....	66
<b>Figura 14</b> Resumen de densidad seca vs Cbr % .....	67
<b>Figura 15</b> Curva de esfuerzo unitario vs Penetración de la calicata N° 02 .....	68
<b>Figura 16</b> Resumen de densidad seca vs Cbr % .....	69
<b>Figura 17</b> Curva de esfuerzo unitario vs Penetración de la calicata N° 03 .....	69
<b>Figura 18</b> Resumen de densidad seca vs Cbr % .....	70
<b>Figura 19</b> Cbr al 95% de la M.S.D para la calicata N°1, calicata N° 2 y calicata N° 3.....	71
<b>Figura 20</b> Límites de Atterberg de Calicata N° 01 .....	86
<b>Figura 21</b> Límites de Atterberg de Calicata N° 02mites de Atterberg de Calicata N.° 02 .....	87
<b>Figura 22</b> L Límites de Atterberg de Calicata N° 03ímites de Atterberg de Calicata N° 03.....	87
<b>Figura 23</b> Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01.....	88
<b>Figura 24</b> Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01.....	89
<b>Figura 25</b> Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01.....	90

<b>Figura 26</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01.....	91
<b>Figura 27</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02.....	92
<b>Figura 28</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02.....	93
<b>Figura 29</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02.....	94
<b>Figura 30</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02.....	95
<b>Figura 31</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03.....	96
<b>Figura 32</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03.....	97
<b>Figura 33</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03.....	98
<b>Figura 34</b>	Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03.....	99
<b>Figura 35</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra patrón .....	101
<b>Figura 36</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra patrón.....	102
<b>Figura 37</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra 2% Polietileno .....	103
<b>Figura 38</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 2% Polietileno .....	105
<b>Figura 39</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra 4% Polietileno .....	106
<b>Figura 40</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% Polietileno .....	108
<b>Figura 41</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra 6% Polietileno .....	109
<b>Figura 42</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% Polietileno .....	111
<b>Figura 43</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra patrón .....	112
<b>Figura 44</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra patrón.....	114
<b>Figura 45</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra 2% Polietileno .....	115
<b>Figura 46</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 2% Polietileno .....	117
<b>Figura 47</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra 4% Polietileno .....	118
<b>Figura 48</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% Polietileno .....	120
<b>Figura 49</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra 6% Polietileno .....	121
<b>Figura 50</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 6% Polietileno .....	123
<b>Figura 51</b>	Esfuerzo vs penetración, muestra patrón .....	124
<b>Figura 52</b>	Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra patrón.....	126

<b>Figura 53</b> Esfuerzo vs penetración, muestra 2% de Polietileno .....	127
<b>Figura 54</b> Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 2% de Polietileno.....	129
<b>Figura 55</b> Esfuerzo vs penetración, muestra 4% de Polietileno .....	130
<b>Figura 56</b> Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% de Polietileno.....	132
<b>Figura 57</b> Esfuerzo vs penetración, muestra 6% de Polietileno .....	133
<b>Figura 58</b> Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 6% de Polietileno.....	135
<b>Figura 59</b> Número de calicatas por el tipo de carretera.....	184
<b>Figura 60:</b> Clasificación de suelos según el valor de CBR .....	185
<b>Figura 61</b> Tipología del suelo de estudio según Geoservicios .....	185
<b>Figura 62:</b> Geomorfología de la zona en estudio .....	186
<b>Figura 63:</b> Obtención de material calicata N°01.....	186
<b>Figura 64:</b> Obtención de material calicata N° 02.....	187
<b>Figura 65:</b> Obtención de material calicata N° 03.....	187
<b>Figura 66:</b> Bolsas de polietileno en proceso de fusión .....	188
<b>Figura 67:</b> Obtención de las bolsas de polietileno en su estado sólido.....	188
<b>Figura 68:</b> Polietileno en pequeñas proporciones.....	189
<b>Figura 69</b> Proceso de Solidificación del polietileno.....	189
<b>Figura 70:</b> Chancado de material.....	190
<b>Figura 71:</b> Contenido de humedad saturado.....	190
<b>Figura 72:</b> Limite plástico en el horno .....	191
<b>Figura 73:</b> Preparación de material más aditivo para proctor.....	191
<b>Figura 74:</b> Peso de muestra más molde de proctor con 2% polietileno.....	192
<b>Figura 75:</b> Peso de muestra de CBR más molde .....	192
<b>Figura 76:</b> Colocación de diales para ensayo de hinchamiento de CBR .....	193
<b>Figura 77:</b> Análisis granulométrico .....	193
<b>Figura 78:</b> Fiola más agua .....	194
<b>Figura 79:</b> Fiola más agua y muestra de suelo .....	194

<b>Figura 80:</b> Límite líquido .....	195
<b>Figura 81</b> Peso de Límite Líquido .....	195
<b>Figura 82:</b> Límite de plástico.....	196
<b>Figura 83:</b> Muestras de límite plástico .....	196
<b>Figura 84:</b> Preparación de mezcla para proctor.....	197
<b>Figura 85:</b> Muestra de proctor .....	197
<b>Figura 86:</b> Muestras de proctor en el horno.....	198
<b>Figura 87:</b> Apisonando material para CBR .....	198
<b>Figura 88:</b> Enrasando muestra de CBR .....	199
<b>Figura 89:</b> Muestras en el ensayo de hinchamiento.....	199
<b>Figura 90:</b> Medida de hinchamiento a las 12 horas .....	200
<b>Figura 91:</b> Registro de medida de hinchamiento a las 12 horas. ....	200
<b>Figura 92:</b> Muestras en decantación .....	201
<b>Figura 93:</b> Ensayo de penetración .....	201

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Contenido de humedad.....	35
<b>Ecuación 2 :</b> % retenido de cada tamiz .....	37
<b>Ecuación 3 :</b> Ecuación para límite líquido.....	39
<b>Ecuación 4 :</b> Fórmula de Límite plástico.....	41
<b>Ecuación 5 :</b> Fórmula de Índice de Plasticidad.....	41
<b>Ecuación 6</b> Fórmula para el índice de grupo .....	46
<b>Ecuación 7 :</b> Fórmula para determinar la densidad seca máxima.....	50
<b>Ecuación 8:</b> Fórmula para determinar el CBR.....	51
<b>Ecuación 9:</b> Fórmula para calcular el esfuerzo.....	54

## RESUMEN

En el estudio de suelos en general, para clasificar a un suelo apto tiene que tener un 6% de CBR en adelante, algunos de los suelos necesitan mejorar para obtener este porcentaje ya sea con estabilizadores o aditivos. La presente investigación pretende mejorar la resistencia del suelo mediante la adición de bolsas de polietileno en pequeñas proporciones de 2%,4% y 6%; la investigación es de tipo descriptiva y de diseño experimental; los ensayos se desarrollaron en la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Cajamarca con material extraído del Caserío de Santa Bárbara, distrito de Baños del Inca; se desarrollaron en total 63 ensayos: análisis granulométrico por lavado, contenido de humedad, peso específico, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado muestra de suelo natural y más adición de 2%,4% y 6% de polietileno y Relación de Soporte (CBR) de suelo natural y más adición de 2%,4% y 6% de polietileno, todo esto para cada muestra de suelo; se obtuvo como resultado un CBR de suelo natural de 1.76% y un CBR mejorado con adición de 6% de polietileno un CBR de 4.11%, que mejoró en 2.35 al suelo natural. Por lo tanto, se concluye que, el CBR sí incrementó en pequeños porcentajes, pero no es apto según el manual de carreteras MTC-05-14, ya que un CBR apto es aquel que es  $\geq 6\%$ .

**PALABRAS CLAVES:** Suelo, CBR, Polietileno

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Desde principios del siglo XXI, el uso de grandes equipos de estabilización en la construcción de carreteras se ha convertido en una realidad en América Latina. Los estabilizadores a gran escala como CMI - TEREX y WIRTGEN han logrado con éxito capas estabilizadas de más de 300 mm, que generan ahorros económicos significativos para proyectos viales en comparación con las capas estabilizadas utilizadas en la construcción común al reemplazar los materiales granulares. Los estabilizadores que se utilizan actualmente en el Perú son la cal, el cemento y los polímeros (Darko Nesterenko, 2018, pág. 07).

La estabilización de un suelo es un procedimiento necesario o muy importante para construir un buen camino. La plasticidad del suelo se mide reduciendo el índice de plasticidad del suelo estabilizado para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Arrieta, 2020, p. 21).

La construcción de carreteras es uno de los proyectos de infraestructura más grandes de América Latina, que puede vincular la construcción de carreteras al despliegue de capital en el espacio global, es decir, la conexión transoceánica de carreteras permite mejorar la calidad de vida en las comunidades que se benefician especialmente de ellos. (Flores Rangel, 2015, pág. 10).

La capacidad estructural de un pavimento se puede determinar mediante un ensayo "no destructivo" basado en la interpretación de la placa de deformación provocada por cargas

estándar, y los módulos se pueden determinar mediante un método denominado cálculo inverso. Modelo de construcción de pavimento en uso de diferentes capas de flexibilidad. (Higuera Sandoval, 2020, pág. 02).

Ulate Castillo (2017) menciona que "La estabilización de suelos se encarga de realizar la mejora de las propiedades de los suelos con respecto al tiempo, al influir de manera positiva en estos mismos" (p. 12). Por otro lado, Bada (2016) comenta que "diseño de la estabilización va a estar en función de la clasificación del suelo, determinando la cantidad y tipo de estabilizante para efectuar de esta manera el efecto deseado en los suelos" (p.02).

A la actualidad en el departamento de Cajamarca y distrito de los Baños del Inca, caserío de Santa Bárbara, predominan los suelos de naturaleza sedimentaria, Depósitos de origen aluvial compuestos por limas y suelos arcillosos, presentando baja capacidad portante. A menudo este tipo de suelos que conforman una subrasante, generan una serie de problemas en la estructura de pavimentos que lo componen. (Durán Ramírez, 2018, pág. 56).

En el caserío de Santa Bárbara el suelo es de origen arcilloso, por lo que se presenta una baja capacidad portante y se requiere ser mejorada por algún método según la norma establecida por el MTC-05-14, la presente tesis de investigación pretende el mejoramiento a nivel de la sub rasante con el polietileno, usado en la elaboración de materiales geo sintéticos, es un polímero sintético termoplástico que se obtiene por polimerización del etileno, material parcialmente cristalino y amorfo. (Higuera Sandoval, 2020, pág. 15).

(Espinosa Rodríguez, 2013, pág. 67), en su investigación "Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado en Antioquía- Colombia", se demostró que a medida que la cantidad de porcentaje de fibra aumenta la resistencia del suelo también aumenta al igual que la deformación, por tal razón los esfuerzos a cortante son mayores y la ductilidad crece, con las fibras de mayor longitud se observa que la cohesión varía muy poco entre los porcentajes contenidos de fibra, mientras que en las de menor longitud la variación es notable con porcentajes más altos de fibra. Esto podría indicar que a menor longitud y mayor porcentaje puede existir una mejor homogenización de la mezcla generando mejor consistencia y mayores esfuerzos de resistencia, demostrando que las fibras de plástico reciclado pueden mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

(Coicue Duarte, 2017, pág. 76), en su investigación "Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19", se logró que es posible mezclar el modificador (fragmentos de bolsas de plástico) en la post-mezcla (proceso seco), ya que el análisis muestra que todas las propiedades cambian positivamente y en mayor medida que en la vía húmeda (pre-mezcla). El polietileno de alta densidad como aditivo puede perder sus propiedades al unirse con cemento asfáltico, provocando un déficit de adherencia al mezclarse con materiales pétreos. Además, se agrega polietileno de baja densidad (un modificador como parte del agregado) en el proceso seco, la estabilidad aumenta en un 25,04% y se puede construir mejor. La resistencia del pavimento también puede bajar en un 20% las grietas que se pueden producir en la superficie de la capa asfáltica antes de que la calzada alcance la carga de tráfico que debe soportar.

(Matías Amaro, 2019, pág. 78), en su investigación "Aplicación de bolsas de polietileno para mejorar la subrasante del pavimento rígido de la Av. Metropolitana Yanahuara – Arequipa, 2019", los resultados obtenidos de la adición de bolsas de polietileno mejora el suelo ; por lo tanto, se utilizaron diferentes proporciones de bolsas de polietileno como 2%, 4%, 6%, 8% y 10% y el aumento máximo de CBR fue de 7,98%, superior a la muestra patrón ; se concluyó que la adición de polietileno mejora las propiedades mecánicas y físicas, así como el tipo de suelo encontrado en el estudio siendo un suelo arcilloso. De los resultados se obtuvo como conclusión que la incorporación de polímeros sintéticos mejoró algunas propiedades físico-mecánicas del suelo, haciéndolo muchas veces estable.

(Leiva Gonzales, 2016, p. 67), en su investigación "Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa", los resultados obtenidos de la investigación muestran que las bolsas de polietileno tienen un efecto en la mejora del subsuelo, se obtienen utilizando bolsas de polietileno fundido en forma de bloque hechas en proporciones: 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. El contenido promedio de CBR es de 7,98%, lo que excede el valor permisible, y se mejoran las propiedades físicas y mecánicas. Al agregar los pedazos de bolsas de polietileno derretido, el suelo tendrá más fricción, por lo que tiene más rodamiento. capacidad, la calidad del suelo CBR es de 4,15% al 95% de la densidad seca máxima y con la adición de bolsas de polietileno fundido al 6% del peso seco del suelo en estado amorfo que pasa por un 3/4" tamiz y retención de 3/8", el aumento de CBR (California Bearing Ratio) a 7,98 % al 95 %.

En la ejecución de obras viales en el Perú, se presentan suelos que según sus propiedades no son aptos para construcciones viales a futuro, con el paso del tiempo esto

podría generar una gran dificultad, ya que las carreteras unen distritos, provincias, departamentos y países, permitiendo al ser humano generar ingresos económicos de diferentes maneras, por estos motivos se busca mejorar el suelo ; la presente investigación estudió la estabilización del suelo de la subrasante del CC.PP de Santa Bárbara-distrito de Baños del Inca, Departamento de Cajamarca, adicionándole bolsas de polietileno, ya que las bolsas plásticas utilizadas hoy en día, son desechables, de esta manera se busca mejorar la resistencia y a su vez las propiedades físicas y mecánicas del suelo, adicionándole en 2%, 4% y 6% respectivamente.

Flores en su tesis de evaluación de adición de fibras recicladas de botellas a la subrasante del suelo, obtuvo como conclusiones una adecuada resistencia óptima del suelo, permitiéndolo a la investigación con la adición una mejora cuando hay presencia de arcillas, mejora el suelo las propiedades físicas y mecánicas, por lo tanto, se concluye que el suelo tiene una mayor carga (2017, pág. 84).

Diversas teorías generan una justificación teórica, sustentando que los aditivos para mejorar la subrasante según sus propiedades como la fibra de polietileno, fibras de botellas recicladas, están compuestas de polímeros de bajas densidades y altas densidades, por lo que reemplazan a materiales como el metal, la madera, acero; proporcionando estabilidad y mayor resistencia al ser incorporados a una mezcla ya sea para estudios de suelos o estudios de concreto, mejorando las propiedades y proporcionando resistencia, la adición de aditivos son la mayor técnica empleada en estos tiempos para mejorar suelos.

En el ámbito práctico hoy por hoy las bolsas de polietileno, son desechadas con facilidad, para luego ser procesadas y reutilizadas, generando una gran contaminación

ambiental, teniendo en cuenta las propiedades de estas bolsas como son: la impermeabilidad, no se ven afectados por los líquidos, la durabilidad; por esto la presente investigación tiene como finalidad mejorar el suelo a partir de materiales reciclados, proponiendo en si utilizar materiales de uso diario que pueden ser reutilizados y contribuir a otra actividad como es la transitabilidad que beneficie a una comunidad, población en general, ya que un mejoramiento de un subrasante sirve para mejorar una trocha carrozable, una carretera o una vía, mejorando así las actividades diarias de los pobladores.

La investigación también genera una justificación en el ámbito metodológico, ya que, debido al material usado, no hay muchas investigaciones sobre el uso de las bolsas de polietileno, siendo esta investigación un aporte para la sociedad para así contribuir al uso del reciclaje, siendo que la obtención de este material (bolsas) son de utilidad diaria en cada una de las viviendas.

***El suelo***, el suelo es considerado uno de los parámetros más importantes en la investigación geotécnica, especialmente por su estructura, es un material que está compuesto por diferentes capas, proporcionando la estabilidad y soporte, cumpliendo funciones vitales para el área de la construcción. (Manoochehr, Monammad, & & Mohammad, 2019, p. 12).

***Estabilización de un suelo***, la meta de la estabilización es mejorar las propiedades del suelo combinando o mezclando materiales de diferentes tipos de suelo para lograr el nivel deseado (estabilización mecánica), el suelo también se mezcla con aditivos disponibles en el mercado (estabilización física y/o química) para mejorar su textura, plasticidad y estratificación. (Cuipal Chávez, 2018, pág. 85).

La estabilización es aumentar su resistencia mecánica, hacer que las partículas del suelo se adhieran más, reducir los vacíos y garantizar cambios en la humedad del suelo dentro de un rango adecuado. Una buena estabilidad del suelo proporciona una capa de suelo con buena resistencia, suficiente estabilidad antes de la carga y un cambio de volumen mínimo. Actualmente se utilizan muchos tipos de estabilizadores: estabilizadores mecánicos, estabilizadores químicos (cal, cemento, etc.), estabilizadores eléctricos, estabilizadores de drenaje, etc. (Cuipal Chávez, 2018, pág. 120).

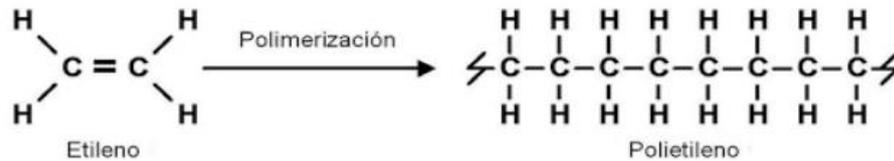
**Plásticos**, es un término general que se refiere a una amplia gama de sustancias que difieren en estructura, propiedades y composición. Los plásticos pueden reemplazarse o complementarse con materiales como la madera y el metal porque tienen muchas propiedades. Los plásticos se pueden dividir y clasificar según la estructura molecular, el estado físico, la composición química, el uso final o la reacción en el medio ambiente. (López Ortiz, 2013, pág. 24).

### ***Polietileno***

**Estructura del polietileno**, la estructura química del Polietileno es  $-(CH_2-CH_2-)_n$ . Esta fórmula está compuesta por su unidad estructural por dos átomos de carbono y 4 átomos de hidrógeno unidos todos por enlaces de tipo covalente. La fuerza de los enlaces C-C y C-H es 347 y 414 KJ/mol respectivamente. Esta unidad elemental se puede repetir indefinidamente para formar el Polietileno. (Roca Girón, 2020, pág. 01).

**Figura 1**

*Estructura química del Polietileno*



Adaptado de Polietileno: Un plástico versátil (p.03), por M. Carolina, 2019, Steemit Engagement.

**Clasificación del polietileno**, según Roca Rincón (2020) "se clasifican por su densidad, en polietileno de baja densidad, polietileno de mediana densidad y polietileno de alta densidad" (p.02).

**Polietileno de baja densidad**, se obtiene mediante la polimerización del etileno a alta temperaturas utilizando un mecanismo de radicales libres. Contiene sustituyentes de pequeñas ramificaciones en la estructura de la cadena formada durante el proceso de síntesis. Es un polímero con una densidad de 0,910 a 11 0,925 g/cm<sup>3</sup>; es incoloro, inodoro y no tóxico. Las bolsas de polietileno son más gruesas y, por lo tanto, opacas. A menudo se usan en lugares como ferreterías, centros comerciales, distribuidos, etc.; donde el peso del producto es pesado o la forma requiere una resistencia a la abrasión que las bolsas de HDPE no pueden proporcionar. (Roca Giron, 2005, pág. 3).

**Figura 2:**

*Polietileno de baja densidad*



Nota: Adaptado de Polietileno, Un plástico versátil (p.03), por M. Carolina, 2019, Steemit Engagement.

**Pavimentos**, estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por capa de rodadura, base y subbase, una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, pág. 35).

**Subrasante**, Una subrasante es la capa superior de un terraplén que soportan las estructuras viales que consta de suelo de propiedades aceptables compactado en capas para reducir los vacíos y formar una superestructura estable más capaz de soportar el peso del tráfico vehicular sin desgaste. (Grnica Anguas, Gómez López, & Sesma Martínez, 2019, pág. 187). La subrasante, es parte integral de la construcción del pavimento y su calidad tiene que ser primordial para su buen desempeño y adecuadas propiedades del suelo. El CBR del suelo

debajo de la superficie del subsuelo debe ser mayor o igual al 6% ( $CBR \geq 6\%$ ). Si su CBR es  $< 6\%$ , deben estabilizarse con aditivos o reemplazarse con otro material de suelo estabilizado, o ya sea agregando aditivos. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, pág. 5).

Ministerio de Economía y Finanzas (2015) menciona también que “Las propiedades para analizarlas en la subrasante son las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades de rigidez como: módulo resiliente, módulo de elasticidad y CBR, propiedades hidráulicas: coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión” (p.10).

**Figura 3**

*Categorías de la subrasante*

CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE	CBR
So: Subrasante Inadecuada	$CBR < 3\%$
S1: Subrasante Pobre	De $CBR \geq 3\%$ A $CBR < 6\%$
S2: Subrasante Regular	De $CBR \geq 6\%$ A $CBR < 10\%$
S3: Subrasante Buena	De $CBR \geq 10\%$ A $CBR < 20\%$
S4: Subrasante Muy Buena	De $CBR \geq 20\%$ A $CBR < 30\%$
S5: Subrasante Excelente	De $CBR \geq 30\%$

Nota: Adaptado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (p. 05), 2017.

**Caracterización de la subrasante**, con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m. de profundidad mínima. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, pág. 04).

**California Bearing Ratio (CBR)**, es un método de análisis de materiales desarrollado para clasificar la capacidad de un suelo estudiado para usarse como material base o subbase. También conocida como prueba de condición de apoyo, esta es un ensayo de laboratorio que mide la resistencia al corte de un piso en su condición actual bajo condiciones de humedad y densidad controlada según las propiedades del suelo. En el diseño de pavimentos flexibles utilizados en diversos proyectos de infraestructura vial, el método CBR evalúa la resistencia de la base de la estructura y los materiales utilizados en la base, además de proporcionar información sobre la estructura. La figura N° 06 define una clasificación general basada en valores CBR (Botía Díaz, 2019, pág. 133).

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye el uso de bolsas de polietileno en el mejoramiento de suelo a nivel de la sub rasante en el caserío de Santa Bárbara del Distrito de Baños del Inca- Cajamarca?

## 1.3. Objetivos

### *Objetivo general*

Determinar la variación del CBR en la capa sub rasante con la adición de 2%, 4% y 6% de bolsas de polietileno

### *Objetivos específicos*

Analizar las propiedades físicas y mecánicas que influyen en la resistencia del suelo a nivel de la subrasante en el caserío de Santa Bárbara, distrito de los Baños del Inca- Cajamarca.

Determinar el CBR a nivel de la sub rasante de la muestra patrón con la adición del 2%, 4% y 6% de Polietileno.

Analizar y establecer el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima adicionando bolsas de polietileno en 2%, 4% y 6 % respectivamente para el mejoramiento de la sub rasante.

#### **1.4. Hipótesis**

Las propiedades físicas del suelo con adición de 6% del aditivo de polietileno de baja densidad incrementan al CBR en 6%.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

Señalar el enfoque, nivel, alcance y diseño de la investigación, debidamente sustentada en cada aspecto.

El tipo de investigación es de tipo descriptivo, teniendo en cuenta que la investigación descriptiva opera cuando se requiere delinear las características específicas descubiertas por las investigaciones exploratorias. Esta descripción podría realizarse usando métodos cualitativos y, en un estado superior de descripción, usando métodos cuantitativos. Estos últimos tienen como función esencial medir (de la forma más precisa posible) las características, propiedades, dimensiones o componentes del suelo a nivel de la subrasante.

El alcance es de tipo correlacional (Díaz Narvaez & Calzadilla Nuñez, 2018, pág. 4).

El diseño de esta investigación es experimental ya que está relacionado con estudios de tipo cuantitativo, se caracterizan por la intervención intencionada y programada en la que se manipulan una o más variables (independientes causales) con el fin de analizar las consecuencias que esta manipulación ejerce sobre otra u otras variables (dependientes-efectos). (María Cristina & Muggenburg, 2017, pág. 3).

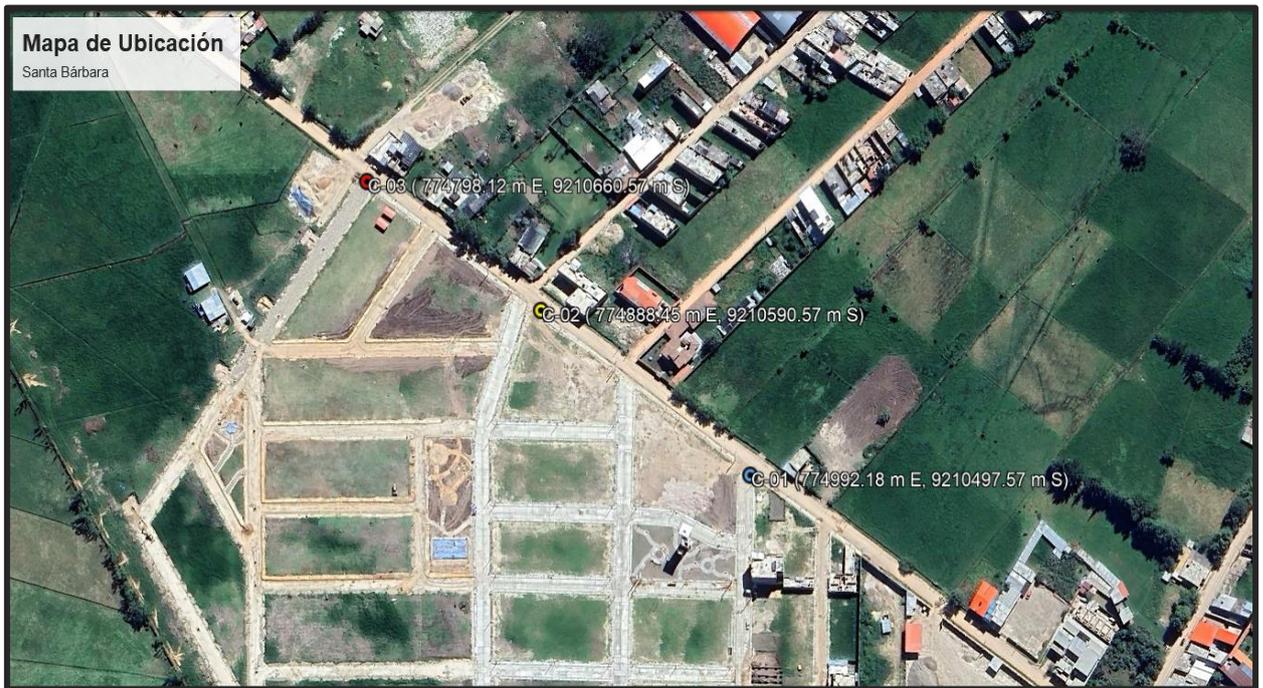
La población y muestra definen el estudio y el origen de los datos de la investigación, también son un conjunto infinito de cosas, personas o elementos que presentan características comunes.

La población, se consideró a la cantidad de muestras de suelos que se recaudaron en el caserío de Santa Bárbara, se incluyeron los criterios de selección para el tipo de materiales, siendo una zona de terreno arcilloso, presenta una textura moderadamente fina, superficie

ligeramente inclinada, ASTM D420-18, guía estándar para la caracterización del sitio con fines de diseño y construcción de ingeniería, donde se eligieron tres calicatas, mostrados en la siguiente figura:

**Figura 4** *Ubicación de calicatas*

*Ubicación de calicatas*



Nota: Adaptación de Google Maps, (2023)

La muestra, se obtuvo mediante la excavación de 3 calicatas de 1.5 m de profundidad, mediante estipula la norma de RD N° 18-2014, ensayo de materiales; teniendo en cuenta la representación de los estratos del caserío de Santa Barbara, distrito de Baños del Inca, posteriormente se llevó la muestra a la Universidad Privada del Norte de Cajamarca al laboratorio de Suelos, para realizar lo detallado en la tabla N° 01:

**Tabla 1**

*Cantidad de ensayos para el estudio de la Subrasante*

<b>CANTIDAD DE ENSAYOS DE LA SUBRASANTE</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>CANTIDAD</b>		
	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>	<b>C-03</b>
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>			
Análisis granulométrico por lavado	1	1	1
Contenido de Humedad	3	3	3
Peso específico	3	3	3
Límite Líquido	3	3	3
Límite Plástico	3	3	3
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>			
Proctor Modificado	4	4	4
Relación de Soporte (CBR)	4	4	4
<b>CANTIDAD DE ENSAYOS DE SUBRASANTE MAS ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO</b>			

Nota: Elaboración propia, (2023).

### **Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

Las técnicas, instrumentos y procedimiento se desarrollaron de la siguiente manera como se menciona:

#### ***Técnica de recolección de datos: Observación***

El método es la observación directa, y la observación a menudo se considera uno de los métodos de investigación más importantes en la investigación científica, por lo que ninguna otra técnica puede reemplazar el contacto directo del investigador con el campo en estudio. En el campo específico de la investigación ritual y el protocolo, los métodos de observación son de particular interés cuando se utilizan en la etapa anterior a la selección y formulación de las preguntas de investigación, o en la etapa de recopilación de datos en la que se debe realizar por primera vez. es presentar cosas interesantes

observadas previamente. (Pulido Polo, 2015). Por lo tanto, en mi investigación, me propuse a estudiar el estado actual del camino del centro poblado de Santa Barbara, identificando la transitabilidad y el uso de los pobladores de la zona.

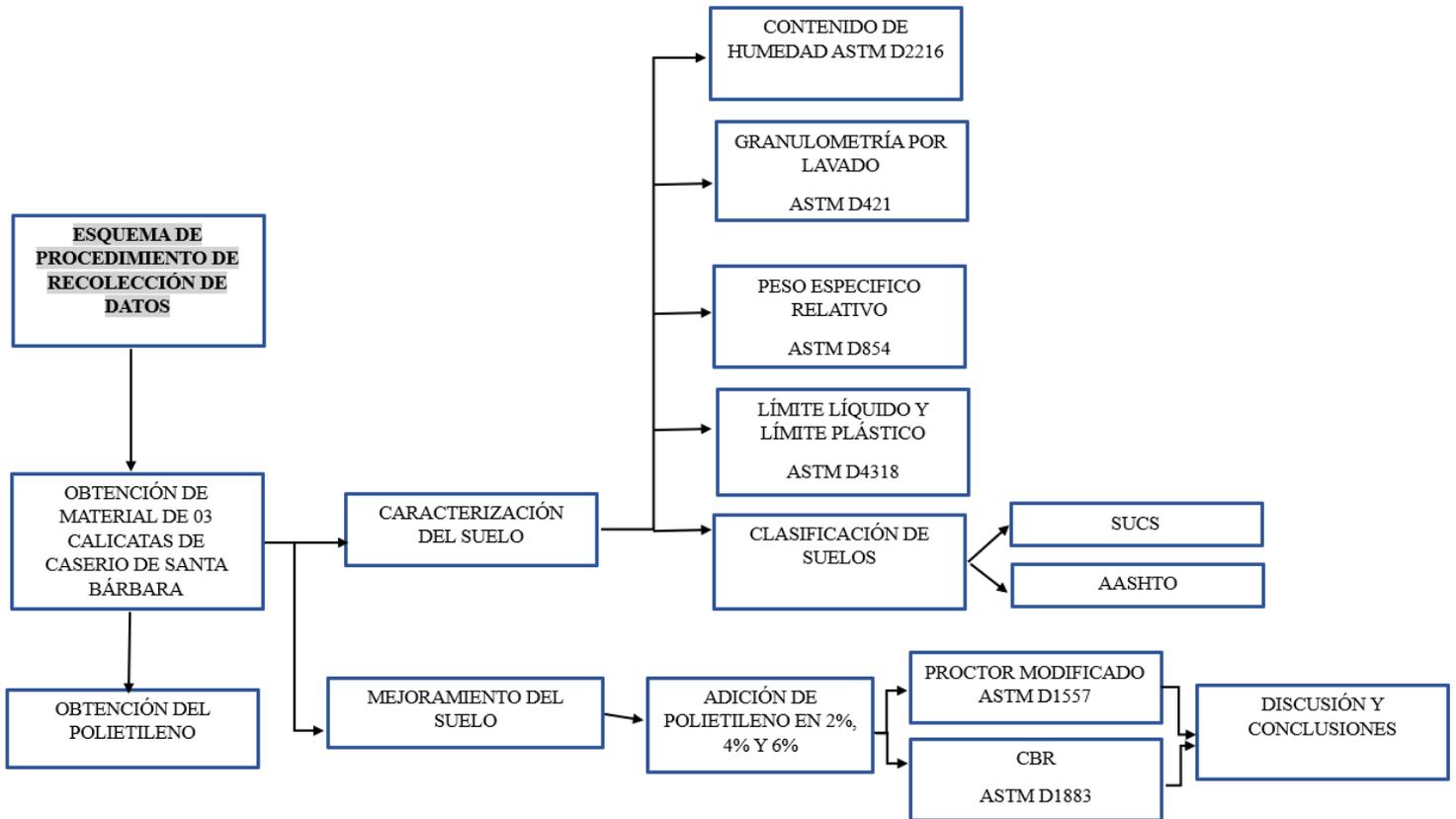
### *Instrumento*

Los instrumentos que se utilizaron fueron: equipos de laboratorio para los ensayos de suelos, manuales de laboratorio, equipo de cómputo para el proceso de datos, información bibliográfica, y materiales de apunte. Se revisará las especificaciones de dichos materiales y ensayos normalizados para obtener información y elaborar los especímenes de mortero.

Con la finalidad de hallar las propiedades físico, mecánicas y químicas de las muestras obtenidas de Santa Bárbara, se determinaron mediante los procedimientos establecidos en el manual de ensayos de materiales para carreteras del MTC-05-14, que a continuación se indican:

**Figura 5**

*Esquema de procedimiento de recolección de datos*



Nota: Elaboración propia, (2023).

### ***Muestreo y obtención de material***

Teniendo en cuenta los geo servicios que nos brindan las entidades públicas se puede obtener la tipología del suelo donde se puede observar para el punto de intervención realizada, el origen del suelo son de tipo depósitos lacustres, teniendo un drenaje imperfecto, permeabilidad moderadamente lenta, presentando una materia orgánica media, generando una fertilidad de tierra media; también se obtuvo

información respecto a la litología presentando: arenas, gravas y arcillas, teniendo una unidad hidrográfica acuífera poroso no consolidado respecto a esto se pasó a la obtención de material, se realizaron 03 calicatas, todos ellos con una profundidad de 1.50 metros, se tuvo que obtener el material manualmente con herramientas básicas como pico, palana y enrasador, buscando un suelo con las características aptas para una subrasante, teniendo en cuenta la Norma E.050 de suelos y cimentaciones para verificar la resistencia de la Subrasante del suelo de Santa Bárbara, posteriormente las muestras se llevaran en bolsas de plástico según la NTP 339.151 (ASTM D-1587), a la Universidad Privada del Norte de Cajamarca al laboratorio de Suelos, donde se evaluó mediante diferentes ensayo.

### ***Obtención del polietileno***

Para la obtención del polietileno, se tuvo en cuenta las bolsas que se han ido reciclando anticipadamente las bolsas de tipo (PEBD) Bolsas de polietileno de baja densidad, que son de mayor peso y no son transparentes, se utilizan mayormente en supermercados, tiendas, bolsas de desechos, obteniendo una cantidad aproximada de 5 mil bolsas, para luego pasar al procesamiento físico-mecánico.

Las bolsas enteras se fundieron en una máquina cacera que se hizo manualmente de 2 latas de recicladas, y para evitar la contaminación ambiental, se unió las latas mediante un tubo galvanizado de 4" pulgadas, donde en una lata se encuentran una cierta cantidad de bolsas de polietileno y la otra con agua para atrapar el humo y así evitar la combustión.

"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"

Posteriormente pasado 20 minutos aproximadamente de fundido se obtuvo un líquido a una temperatura de 110 °C y 115° C se puede observar en la figura N° 11; el peso de las bolsas se reduce en un 40% aproximadamente, porque se colocó 1000 gramos de bolsas y se obtuvo 460 gr de líquido, se deja enfriar 30 minutos y al sacar se obtiene una consistencia maciza, como se puede observar.

Se procedió a triturar en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte con ayuda de una comba en pequeñas proporciones de 19 mm a 4.75 mm aproximadamente, luego se tamizo para ir seleccionando el material que ya estaba listo.

## **Ensayos a realizar y clasificación del suelo**

### ***Contenido de Humedad Natural (ASTM D2216)***

Este ensayo determina el contenido de agua en una muestra de suelo, expresándolo como el porcentaje del peso del agua dividido por el peso del material seco, es conveniente realizar esta comprobación y utilizar este resultado casi de inmediato para evitar distorsiones en el cálculo.

#### Materiales

- Taras identificadas
- Material extraído no máximo de 24 horas.
- Horno.
- Balanza calibrada al 0.01 gr.

#### Procedimiento

"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"

- Se pesa la muestra humedad ( $w$  húmedo) una cantidad de 100 gramos a 200 gramos.
- Es secada en horno a  $105^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- Se deja enfriar unos 2 a 3 minutos retirado del horno.
- Se pesa la muestra seca ( $w$  seco).
- Ahora ya con estos datos se realiza la siguiente formula:

#### **Ecuación 1**

*Contenido de humedad*

$$w (\%) = \frac{W \text{ húmedo} - W \text{ seco} \times 100}{W \text{ seco}} \quad (1)$$

Se expresa en forma de porcentaje, puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado que no necesariamente es el 100% de humedad de la muestra, se realizaron tres muestras de contenido de humedad, y un promedio de cantidad de muestra usado aproximadamente de 100 a 200 gr.

El análisis para el ensayo es la precisión de la variación que se puede obtener, de acuerdo a lo estipulado en la Norma ASTM D2216, el coeficiente de variación del laboratorio, será de 5%. Por lo tanto, si no superan, no se deben considerar sospechosas.

### ***Análisis granulométrico por lavado (ASTM D421)***

Para el análisis granulométrico por tamizado según la norma (ASTM D421), se utilizó la cantidad de 1000 gr.

Se tiene en cuenta para analizar que durante el ensayo se separan las partículas de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

#### **Materiales:**

- Malla N° 200
- Tamices para suelos finos.
- Agua.
- Balanza calibrada al 0.01 gr.
- Taras identificadas.
- Horno

#### **Procedimiento:**

- Pesar la cantidad de 1000 gr de material de las calicatas obtenidas.
- Pasar por los tamices de clasificación para un suelo fino, por la malla N° 200.
- Posteriormente se tamiza para poder pesar el material retenido en cada tamiz PRP, según la Ecuación N°2 del porcentaje retenido de cada

tamiz, para posteriormente pasar a realizar los cálculos y obtener una curva admisible para el tipo de material estudiado.

#### **Ecuación 9**

*% retenido de cada tamiz*

$$\% RP = \frac{PRP}{W_s} * 100 \quad (2)$$

#### ***Peso específico relativo (ASTM D 854)***

##### **Material:**

- Agregado fino (aprox 1000 gr), secado a peso constante a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Balanza sensible a 0.1 y con capacidad de 1000 gr o más.
- Frasco volumétrico de 500 ml de capacidad, calibrado hasta 0.1 ml a  $20^{\circ}\text{C}$

##### **Procedimiento:**

- Se coloca el material en un recipiente y se introduce en el picnómetro evitando producir pérdidas, se llena hasta las 3/4 partes de su capacidad con agua destilada el frasco volumétrico o hasta la mitad el frasco taponado.
- Se elimina el aire agitando de izquierda a derecha por unos 10 minutos.
- Posteriormente se pesa y se pasa a desarrollar los resultados.

Este ensayo se toma como el valor promedio necesario para calcular la relación de vacíos que presenta un suelo, se determina este tipo de ensayo para ver la porosidad, se realizaron tres muestras.

### ***Límite líquido (ASTM D318-05)***

Según British (2020) "El límite líquido es la cantidad de agua o contenido de humedad con el que el suelo cambia su consistencia, pasando a un estado líquido del suelo" (p.03), el límite líquido se interpreta o analiza como una distancia aproximada de 13 mm después que se deja caer la cuchara de Casagrande 25 veces a más, teniendo en cuenta el tipo de material en este caso arcilloso.

El análisis que se utiliza para el ensayo, es la precisión y la exactitud, la precisión, se realizan tres muestras para su fiabilidad de los datos, por cada tipo de suelo.

### **Materiales**

- Suelo seco que pasa la malla N° 40.
- Espátula.
- Malla N° 40.
- Copa de Casagrande y ranurador o acanalador.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Probeta de 100 ml.
- Cápsula de porcelana.

### **Procedimiento**

- A la porción de la mezcla del suelo se le agrega una cierta cantidad de agua y se lo mezcla con la espátula hasta obtener una pasta uniforme.
- Seguido se coloca una porción de mezcla en la pasta de Casagrande.

"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"

- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.
- Dar vueltas (obteniendo un número de golpes que debe estar comprendido entre 6 y 35). Para posteriormente pasar a la expresión de la fórmula de limite liquido:

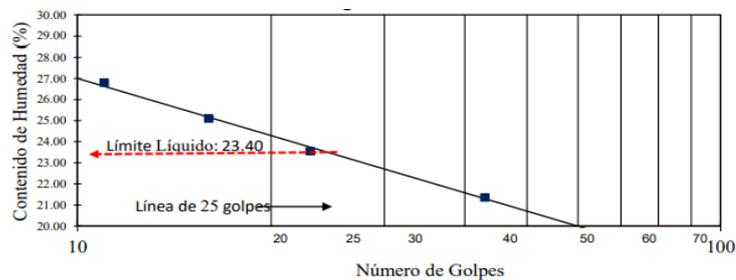
**Ecuación 17** (3)  
*Ecuación para Límite líquido*

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de muestra seca}} * 10$$

- Posteriormente se pasan los datos al diagrama de Fluidez.

**Figura 11**

*Diagrama de Fluidez para los límites*



Nota: Adaptado de límites de Atterberg: índice de plasticidad, fluidez, (p. 02), por Eddy.Hgz, 2021.

### ***Límite plástico (ASTM D318-05)***

El límite plástico a diferencia del límite líquido es cuando el contenido de humedad del suelo cambia de la consistencia plástica a una consistencia más concisa es decir semisólida; es el límite inferior del estado de la plasticidad,

"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"

donde se realiza cilindros pequeños que puedan llegar al diámetro de 3 mm de agrieten.

El análisis que se utiliza para el ensayo, es la precisión y la exactitud, la precisión, se realizan tres muestras para su fiabilidad de los datos, por cada tipo de suelo.

### **Material**

Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido.

### **Equipo y herramientas**

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa
- Espátula
- Cápsula de porcelana
- Placa de vidrio
- Taras

### **Procedimiento**

- A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
- Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro aproximadamente y que presenten agrietamientos.
- Posteriormente colocar la muestra en taras identificadas, y colocar en el horno para obtener el contenido de humedad.

“UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022”

- Repetir el ensayo una vez más.
- El límite plástico es el promedio mínimo de los 2 valores de contenidos de humedad, si la diferencia entre estos 2 valores es mayor que dos puntos de porcentaje, repetir el ensayo.

**Ecuación 25**

*Fórmula de Límite plástico*

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo}} \times 100 \quad (4)$$

**Ecuación 33**

*Fórmula de Índice de Plasticidad*

$$\text{Índice de Plasticidad} = LL - LP \quad (5)$$

En la tabla N° 03 se muestra los valores típicos de consistencia del suelo. En la siguiente tabla se muestran los rangos de valores más frecuentes de todos estos parámetros en diferentes tipos de suelos:

**Tabla 2**

*Parámetros de los tipos de suelos*

PARÁMETROS	TIPOS DE SUELOS					
	ARENA		LIMO		ARCILLA	
Límite líquido (LL)	15	- 20	30	- 40	40	- 150
Límite plástico (LP)	15	- 20	20	- 25	25	- 50
Límite de retracción (LR)	12	- 18	14	- 25	08	- 35
Índice de plasticidad (IP)	00	- 03	10	- 15	10	- 100

Nota: Tipología del suelo, (p. 13), por Bañon Blázquez, 2012.

### *Clasificación SUCS*

La clasificación del Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) está dirigido por la ASTM D-2487, esta clasificación está en el fundamento del análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) realizados con anterioridad, para hacer la clasificación. Este sistema divide los suelos primero en dos grupos, de suelos gruesos y de suelos finos. Los suelos finos tienen que pasar más del 50 por ciento en peso de granos mayores que N°200 (0.075 mm). Se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz N° 4 (4.75 mm), y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz N° 4 (4.75 mm). (Arizaga Mora, 2014, pág. 54).

Los suelos finos, con más del 50 % bajo tamiz N°200 (0.075 mm), se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 % y H, si es mayor, identificados en las siguientes tablas, según el tipo de suelo y su representación:

"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"

**Tabla 3**

*Tipo de suelo*

Prefijo	Tipo de Suelo	Origen
G	Grava	Gravel (Ingles)
S	Arena	Sand (Ingles)
M	Limo	Moh (Sueco)
C	Arcilla	Moh (Sueco)
O	Suelos Orgánicos	Clay ( Ingles)

Nota: Evaluación del comportamiento de materiales, (p. 57), por Gutiérrez Montes, 2022

**Tabla 4**

*Características del suelo*

Sufijo	Características	Origen
W	Bien gravada	Well(Ingles)
P	Mal gravada	Poor (Ingles)
H	Alta plasticidad	High (Sueco)
L	Baja plasticidad	Low (Sueco)

Nota: Evaluación del comportamiento de materiales, (p. 57), por Gutiérrez Montes, 2022

**Tabla 9**

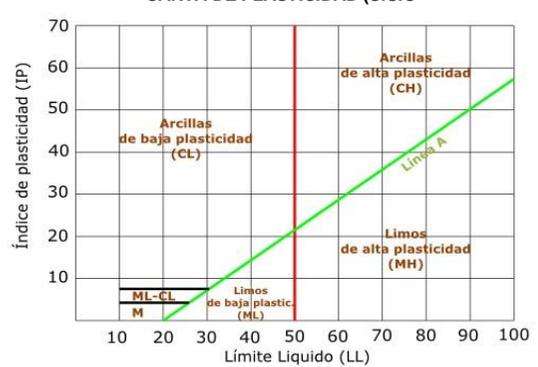
*Clasificación de un suelo por Sucs*

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	<b>GW</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% ->GW,GP,SW,SP. >12% ->GM,GC,SM,SC. 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >4 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> xD <sub>60</sub> entre 1 y 3		
			<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >6 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> xD <sub>60</sub> entre 1 y 3		
			<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
			<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	

Nota: Clasificación de suelos, morfología, (p. 32), por Villegas Santos, 2021

**Tabla 17**

*Clasificación de suelos finos mediante SuCs*

<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.	G= Grava, S=Arena, O=Suelo Orgánico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P=Mal Graduada, L=Baja Compresibilidad, H=Alta Compresibilidad  <b>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C)</b> 
		<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
		<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.	
<b>Suelos muy orgánicos</b>	<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

Nota: Clasificación de suelos, morfología, (p. 32), por Villegas Santos, 2021

## ***Clasificación AASHTO***

Para una clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation) se tiene que verificar si el suelo es granular o fino, esto se verifica por la cantidad de material que pasa en el tamiz N° 200, y se revisa el tipo de suelo que es: sea granular o fino, teniendo en cuenta los porcentajes de material de suelo que pasan por el tamiz N° 10%, el tamiz por el N° 40 y sobre todo por el tamiz N° 200. (Arizaga Mora, 2014, pág. 18)

La clasificación se basa en tres criterios:

**Tamaño del grano:** Distingue tres tamaños: grava, arena y finos (limos y arcillas), tamaños mayores a los 75 mm son excluidos del análisis para esta clasificación, pero se debe registrar la cantidad presente.

**Plasticidad:** Si el índice de plasticidad es inferior o igual a 10, se le denomina limo; si en cambio, el índice de plasticidad es superior a 10, se le denomina arcilla.

**Índice de grupo (IG):** Se desarrolló para evaluar la calidad del suelo para su uso en vías.

Para la clasificación se realiza mediante la siguiente fórmula de índice de grupo para la clasificación del suelo:

### **Ecuación 41**

*Fórmula para el índice de grupo*

$$IG = (F200 - 35)(0.2 \div 0.005 + 0.005(LL - 40)) \quad (6)$$

Donde F200: Cantidad del porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 expresado en número.

LL: Límite líquido

IP: Índice de plasticidad.

***Proctor modificado (NTP 339.141.1999)***

El Proctor modificado tiene como propósito de ensayo obtener la relación de la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo. La diferencia entre las dos variantes (Proctor Estándar y Proctor Modificado) radica únicamente en la energía de compactación empleada, del orden de 4.5 veces superior en el segundo caso que en el primero. Como finalidad del ensayo usa estos datos para el control de calidad de la compactación del suelo para una obra de construcción, además del equipo necesario para ensayos es necesario tener la muestra totalmente seca. (López Mladonado, 2018, pág. 3).

Este ensayo se emplea, en la mayoría de ensayos de construcción, el ensayo de referencia es el Proctor Modificado, ya que se realiza con mayor fidelidad las condiciones de compactación de una obra. Sin embargo, en suelos expansivos se recomienda el Proctor Normal. Este ensayo cuenta con mayor utilidad en compactaciones mucho más menores, como son las correspondientes a relleno de zanjas o ejecución de caminos. (López Ortiz, 2013, pág. 4). El análisis y criterio que se utilizó para el ensayo fue saturar totalmente la muestra, para evitar así contenidos de humedad mínimos que puedan variar el resultado, se realizó el método A, ya que el % Ret. Acum. por la malla N° 4 fue menor al  $\leq 20\%$ .

**Tabla 21**
*Tipos de métodos para el Proctor modificado*

MÉTODO	A	B	C
<b>CONDICIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO</b>	% Ret. Acum. N° 4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8" ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 30%
		% Ret. Acum. N° 4 > 20%	% Ret. Acum. 3/8" > 20%
<b>TIPO DE MATERIAL UTILIZADO</b>	Pasante la malla N° 4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"
<b>N° DE CAPAS (N)</b>	5	5	5
<b>N° DE GOLPES(N)</b>	25	25	56
<b>DIÁMETRO DE MOLDE(CM)</b>	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04
<b>ALTURA DEL MOLDE (CM)</b>	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
<b>VOLUMEN DEL MOLDE V (CM³)</b>	944 ± 0.14	944 ± 0.14	944 ± 0.14
<b>PESO DEL MARTILLO W (KG)</b>	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
<b>ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (CM)</b>	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
<b>DIÁMETRO DEL MARTILLO(CM)</b>	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
<b>ENERGÍA DE COMPACTACIÓN (KG/CM) CM³</b>	27.485	27.485	27.363

Nota: NTP 339.141, 1999

Es necesario determinar la cantidad de agua para obtener una buena mezcla.

### **Materiales y equipos**

- Muestra alterada seca aproximadamente 30 kg.
- Papel filtro
- Bolsas de polietileno
- Equipo proctor modificado (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión).
- Pisón proctor modificado.
- Balanza con precisión de 1 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Probeta de 1000 ml, recipiente de 6 kg. de capacidad, espátula.
- Taras identificadas.
- Espátulas.

### **Procedimiento**

- Preparar 5 muestras (cada una de ellas aproximadamente de 6 kg.) con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varía de 2% en 2%.

- Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y determinar el peso.
- Colocar el collar de extensión y el papel filtro para colocar la muestra que se va a compactar.
- Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 ó 56 golpes (depende del método A, B ó C), en este caso se desarrolló el Proctor con el método A, al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (Dh).
- Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada (w%), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- Determinar la densidad seca de cada muestra compactada (Ds) según la siguiente formula:

**Ecuación 49**

*Fórmula para determinar la densidad seca máxima*

$$D_s = \frac{D_h}{(1 + w\% / 100)} \quad (7)$$

- Dibujar la curva de compactación en escala natural, los datos de contenido de humedad se registran en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas.
- Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

### ***California Bearing Ratio (CBR) (NTP 339.145 1999)***

El ensayo de C.B.R calcula la resistencia al corte, es decir el esfuerzo cortante aplicado al suelo, analizando las condiciones de humedad y la densidad, esta norma definida como "Relación de Soporte" esta normado según la ASTM D 1883-73, teniendo como finalidad evaluar los diferentes tipos de suelos como subrasante, algunas veces sub-base y las bases del suelo granulado (Beltrán, 2015, pág. 3).

#### **Ecuación 57**

*Fórmula para determinar el CBR*

$$C.B.R = 100 * \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \quad (8)$$

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.

El porcentaje de CBR está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, una muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la fuerza necesario para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad (Camacho Fuentes, 2019).

El análisis y criterio que se utilizo fue saturar la mezcla para que esta no presente contenidos de humedad mínima y altere el resultado, trabajando con el contenido de humedad óptimo del Proctor modificado.

## **Material**

- Muestra alterada seca.
- Papel filtro.
- Bolsas de polietileno fundido.

## **Equipo y herramientas**

- Equipo CBR (3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas cada una de 4.5 kg. de peso y 3 trípodes).
- Pisón Proctor modificado.
- Balanza con precisión de 1 gr.
- 3 diales de expansión.
- Estufa con control de temperatura.
- Probeta de 1000 ml.
- Recipiente de 6 kg. de capacidad.
- Espátula.
- Taras identificadas.

## **Procedimiento:**

Consta de 3 fases:

### **Ensayo de compactación CBR (determinación de la densidad y humedad del suelo.**

- Preparar la muestra con el contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo de compactación de Proctor modificado.

- Compactar la muestra en 5 capas en cada uno de los 3 moldes CBR, el primero con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 55 golpes por capa.
- Determinar la densidad humedad y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.
- Determinar la densidad seca de las muestras de cada molde.

### **Ensayo de hinchamiento**

- Invertir las muestras de tal manera que la superficie libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base.
- Colocar sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
- Colocar los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 4 días (96 horas), registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.

### **Ensayo carga – penetración (determinación de la resistencia a la penetración)**

- Después de los 4 días sacar los moldes del tanque de agua y de cada uno de ellos retirar el dial, el trípode, la sobrecarga y la placa de expansión, dejarlos drenar durante 15 minutos.
- Colocar la sobrecarga en cada molde, llevar a la prensa hidráulica, proceder al ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min., registrar las lecturas de carga de cada muestra.
- Determinar nuevamente la densidad humedad y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.
- Calcular esfuerzo aplicado correspondiente a cada carga.

#### **Ecuación 64**

*Fórmula para calcular el esfuerzo*

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (9)$$

$\sigma$ : Esfuerzo

P: Carga aplicada

A: Área del pisón

- Dibujar las 03 curvas esfuerzo – deformación correspondiente a las muestras de cada molde, en escala natural, los valores de la deformación se registrarán en el eje de abscisas y los valores de los esfuerzos en el eje de ordenadas. Si es necesario se debe corregir las curvas indicando su nuevo origen.
- Determinar los esfuerzos correspondientes a 0.1“y 0.2“de penetración de cada una de las curvas esfuerzo – deformación.

- Determinar los índices CBR para 0.1“y 0.2” de penetración, los cuales se obtienen dividiendo cada valor de esfuerzo correspondiente a 0.1” y 0.2” de la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1“y 0.2”.
- Dibujar las curvas densidad seca versus CBR correspondientes a 0.1” y 0.2” de penetración.
- El índice CBR de diseño es el valor correspondiente a 0.1” y 0.2” de penetración, expresado en porcentaje de su respectivo valor estándar.
- El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0,2”) es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.
- Si el valor de CBR correspondiente a 0.2” es muy superior al valor de CBR correspondiente a 0.1” deberá repetirse el ensayo para comprobar.

La confiabilidad de los ensayos realizados se ejecutó bajo cumplimiento de las normativas indicadas, si bien es cierto cada norma indican la cantidad de veces para obtener un resultado, no obstante, para obtener mayor precisión sobre los datos obtenidos se realizó una vez más en cada ensayo requerido.

### ***Los aspectos éticos***

Como aspectos éticos, los ensayos se realizaron mediante la secuencia de los protocolos brindados por la Universidad Privada del Norte, evitando así errores en los cálculos. Por otro lado, todos los datos obtenidos son verídicos, se cuenta con la evidencia fotográfica que respalda cada ensayo realizado y los

datos obtenidos. En esta indagación se respeta los derechos del autor, por lo cual, se realizaron las referencias de todas las citas presentadas, de igual manera se emplearon las normas APA-7ma Edición, para mejorar la redacción y asimismo incumplir inconscientemente cualquier plagio. La búsqueda de información se realizó de fuentes confiables con la finalidad de tener datos con mayor validez.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Posteriormente de realizar los ensayos en el laboratorio correspondientes, se procede a analizar los resultados obtenido según las calicatas:

#### Contenido de humedad

Se realizaron 9 contenidos de humedad, correspondiente 3 muestras a cada una de las calicatas, obteniendo los siguientes resultados presentados en la tabla N° 09.

**Tabla 22**

*Resumen de Contenido de humedad por calicata*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
C-01	65.52 %
C-02	61.48 %
C-03	117.50 %

*Nota:* En la tabla N° 08 se muestran el resumen de los resultados de contenido de humedad, obteniendo un contenido de humedad relativa de la C.03 siendo esta 117.50%.

#### Análisis granulométrico

Se muestran los porcentajes pasantes por cada tamiz, mediante el ensayo de análisis granulométrico por lavado.

**Tabla 23**

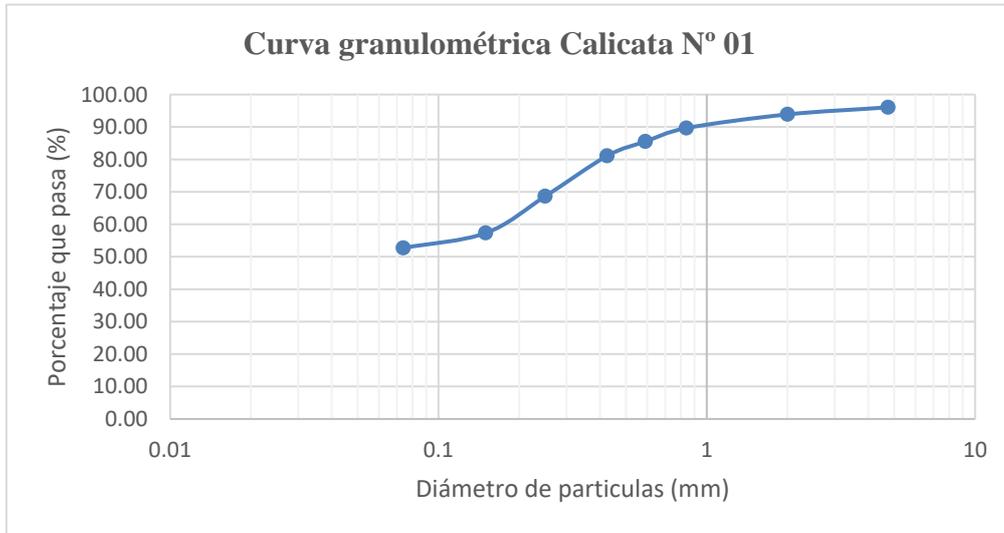
*Análisis granulométrico por lavado Calicata N° 01*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CALICATA N° 01</b>	
Tamiz	% que pasa
N° 4	96.04
N°10	93.87
N°20	89.66
N°30	85.51
N°40	81.07
N°60	68.63
N°100	57.31
N°200	52.72

*Nota:* En la tabla N° 09 se muestra los resultados de análisis granulométrico por lavado de la calicata N° 01.

**Figura 15**

*Curva granulométrica Calicata N° 01*



*Nota:* Elaboración propia, (2023).

*Nota:* En la figura 07 se muestra los resultados de análisis granulométrico por lavado de la calicata N° 01, donde la mayor cantidad de material acumulado esta entre el tamiz N° 30 al tamiz N° 04.

**Tabla 24**

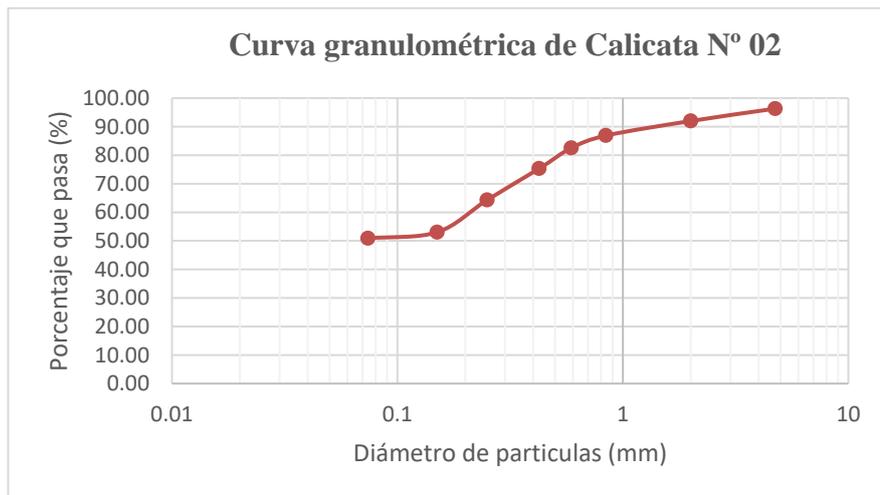
*Análisis granulométrico por lavado Calicata N° 02*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>	
Tamiz	% que pasa
N° 4	96.31
N°10	91.98
N°20	86.87
N°30	82.52
N°40	75.35
N°60	64.32
N°100	53.03
N°200	50.88

*Nota:* En la tabla N° 10 se muestra los resultados de análisis granulométrico por lavado de la calicata N° 02.

**Figura 16**

*Curva granulométrica Calicata N° 02*



*Nota:* En la figura 08 se muestra los resultados de análisis granulométrico por lavado de la calicata N° 02, donde la mayor cantidad de material acumulado esta entre el tamiz N° 30 al tamiz N° 04.

**Tabla 25**

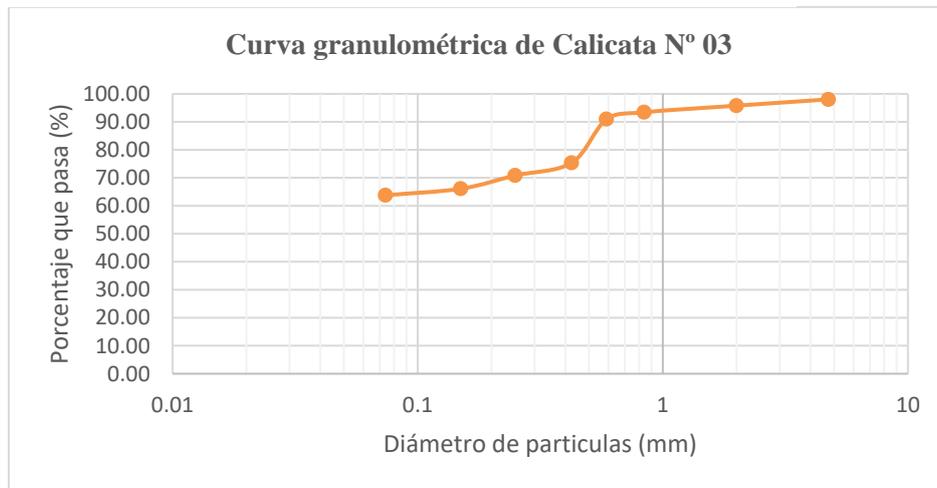
*Análisis granulométrico por lavado Calicata N° 03*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>	
Tamiz	% que pasa
N° 4	98.03
N°10	95.78
N°20	93.42
N°30	90.96
N°40	75.38
N°60	70.83
N°100	66.10
N°200	63.77

*Nota:* En la tabla N° 11 se muestra los resultados de análisis granulométrico por lavado de la calicata N° 03.

**Figura 17**

*Curva granulométrica Calicata N° 03*



*Nota:* En la figura 09 se muestra los resultados de análisis granulométrico por lavado de la calicata N° 03, donde la mayor cantidad de material acumulado esta entre el tamiz N° 30 al tamiz N° 04.

## Peso específico relativo

El peso específico relativo obtenido de cada calicata, se representa la tabla N° 12.

**Tabla 26**

*Resumen de peso específico*

	PESO ESPECIFICO RELATIVO	
C- 01	2.23	gr/cm <sup>3</sup>
C- 02	1.59	gr/cm <sup>3</sup>
C- 03	2.41	gr/cm <sup>3</sup>

*Nota:* En la tabla N° 12 se muestra los resultados de resumen de peso específico de las tres calicatas.

## Límite líquido y límite plástico

Para la primera calicata en el ensayo de límites de Atterberg, para las muestras patrón, se hallaron los límites líquidos, límites plásticos e índices de plasticidad.

**Tabla 27**

*Límites de Atterberg*

L.L	49.08
L.P	33.24
I.P	15.84

*Nota:* En la tabla N° 13 se muestra los resultados de resumen de límite plástico siendo este 33.24 y de límite líquido 15.84.

**Tabla 28***Límites de Atterberg*

L.L	69.92
L.P	50.67
I.P	19.25

*Nota:* En la tabla N° 14 se muestra los resultados de resumen de limite plástico siendo este 50.67 y de limite liquido 19.25.

**Tabla 29***Límites de Atterberg*

L.L	74.11
L.P	62.41
I.P	11.69

*Nota:* En la tabla N° 15 se muestra los resultados de resumen de limite plástico siendo este 62.41 y de limite liquido 11.69.

**Clasificación Sucs**

Para proceder a clasificar un suelo se tiene que tener los ensayos de análisis granulométrico y ensayo de límites de Atterberg, para utilizar este sistema unificado de clasificación de suelos, se realizó utilizando la carta de plasticidad del suelo.

**Tabla 30**

*Clasificación Sucs para cada calicata*

<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>			
CALICATA	C-01	C-02	C-03
PROF.	0.30 - 1.50 m	0.30 - 1.50 m	0.30 - 1.50 m
MATERIAL PASANTE MALLA N° 04	96.05	96.31	98.03
MATERIAL PASANTE MALLA N° 200	52.72	50.89	63.77
LIMITE LIQUIDO	49.08	69.62	74.11
INDICE DE PLASTICIDAD	15.84	19.25	11.69
CLASIFICACION SUCS	MH	MH	MH
<b>DENOMINACION</b>	<b>ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD</b>	<b>ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD</b>	<b>ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD</b>

*Nota:* En la tabla N° 16 se muestra los resultados obteniendo suelos según la clasificación Sucs, para las tres calicatas siendo una denominación **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD**.

### **Clasificación Aashto**

Según la clasificación Aashto se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 31**

*Clasificación Aashto para las tres calicatas*

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>			
CALICATA	C-01	C-02	C-03
PROF.	0.30 - 1.50 m	0.30 - 1.50 m	0.30 - 1.50 m
MATERIAL PASANTE MALLA N° 04	96.05	96.31	98.03
MATERIAL PASANTE MALLA N° 40	81.07	75.30	75.38
MATERIAL PASANTE MALLA N° 200	52.72	50.89	63.77
LIMITE LIQUIDO	49.08	69.62	74.11
INDICE DE PLASTICIDAD	15.84	19.25	11.69
CLASIFICACION AASHTO	A-7-(5)	A-7-(5)	A-7-(5)

*Nota:* En la tabla N° 17 se muestra los resultados obteniendo suelos según la clasificación Sucs, para las tres calicatas siendo una denominación de tipo **A-7-(5)**.

## Proctor Modificado

**Tabla 32**

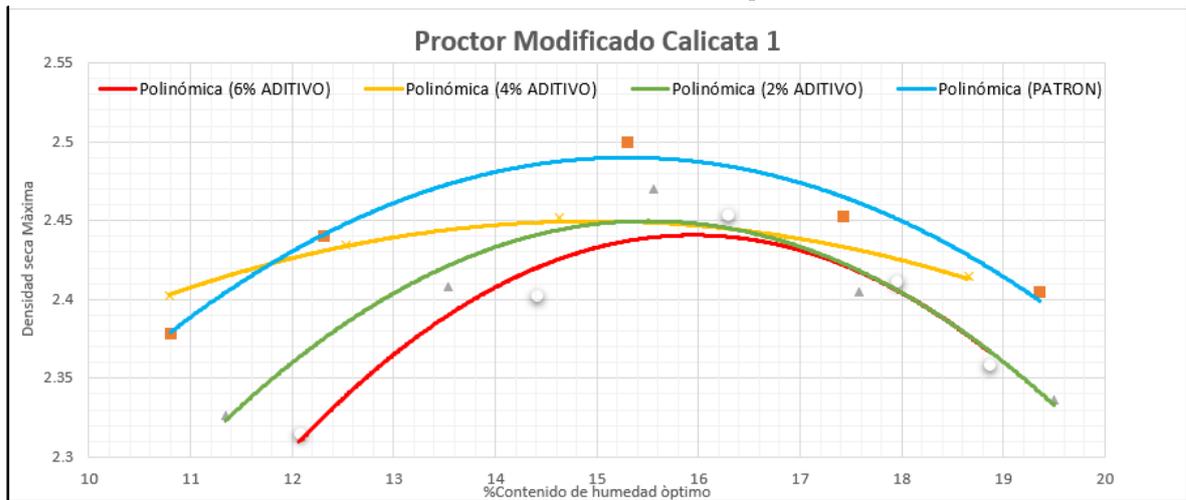
*Resumen proctor modificado patrón, 2%,4% y 6% respectivamente*

<b>TABLA RESUMEN PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557</b>			
CALICATA	Muestra	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	DENSIDAD SECA MÁXIMA
CALICATA 1	PATRON	15.40%	2.49(grs/cm <sup>3</sup> )
	2%	15.80%	2.45(grs/cm <sup>3</sup> )
	4%	15.20%	2.45(grs/cm <sup>3</sup> )
	6%	16.00%	2.50(grs/cm <sup>3</sup> )
CALICATA 2	PATRON	14.80%	2.29(grs/cm <sup>3</sup> )
	2%	14.40%	2.38(grs/cm <sup>3</sup> )
	4%	14.80%	2.48(grs/cm <sup>3</sup> )
	6%	14.20%	2.50(grs/cm <sup>3</sup> )
CALICATA 3	PATRON	16.80%	2.44(grs/cm <sup>3</sup> )
	2%	16.80%	2.42(grs/cm <sup>3</sup> )
	4%	16.40%	2.45(grs/cm <sup>3</sup> )
	6%	16.40%	2.46(grs/cm <sup>3</sup> )

*Nota:* En la tabla N° 18 se muestra los resultados de resumen de Proctor modificado, de las tres calicatas con su contenido de humedad optimo y densidad seca máxima por cada muestra.

**Figura 18**

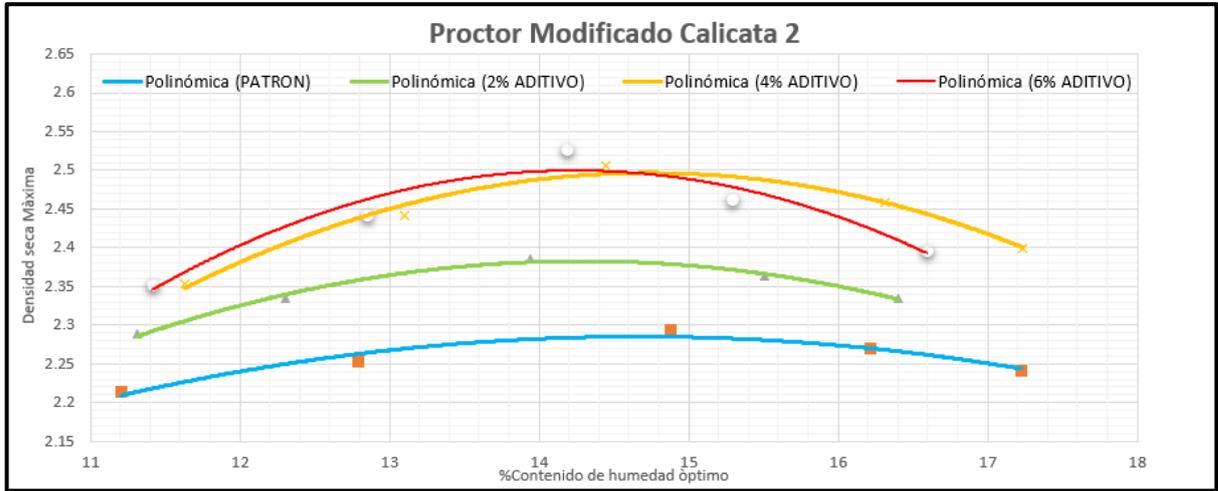
*Curva de densidad seca máxima vs contenido de humedad óptimo calicata N° 01*



*Nota:* En la figura N° 10 se muestran las gráficas de Proctor modificado, de la calicata N° 01 con su contenido de humedad optimo y densidad seca máxima por cada muestra.

**Figura 19**

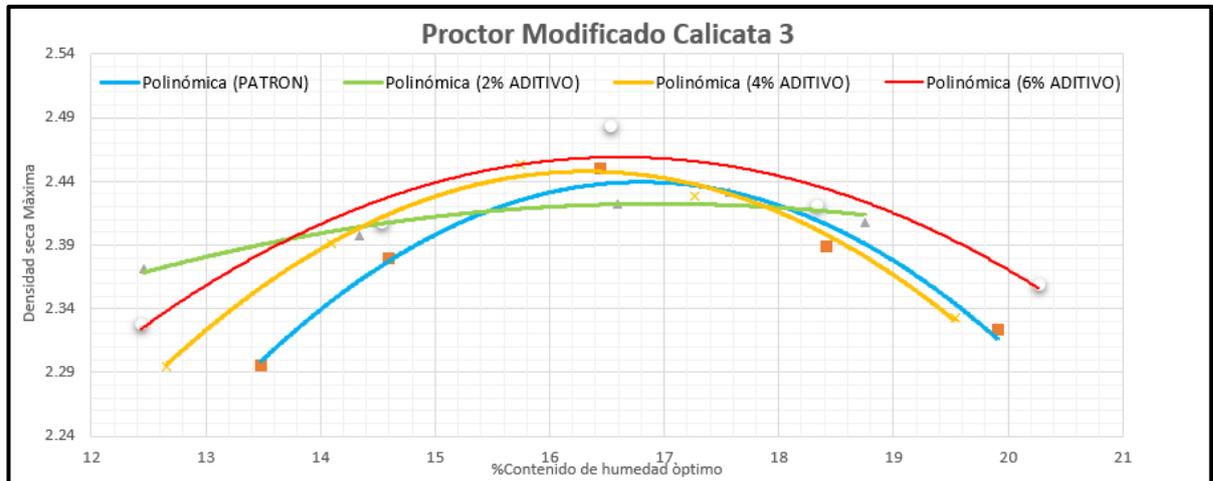
*Curva de densidad seca máxima vs contenido de humedad óptimo calicata N° 02*



*Nota:* En la figura N° 11 se muestran las gráficas de Proctor modificado, de la calicata N° 02 con su contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima por cada muestra.

**Figura 20**

*Curva de densidad seca máxima vs contenido de humedad óptimo calicata N° 03*



*Nota:* En la figura N° 12 se muestran las gráficas de Proctor modificado, de la calicata N° 03 con su contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima por cada muestra.

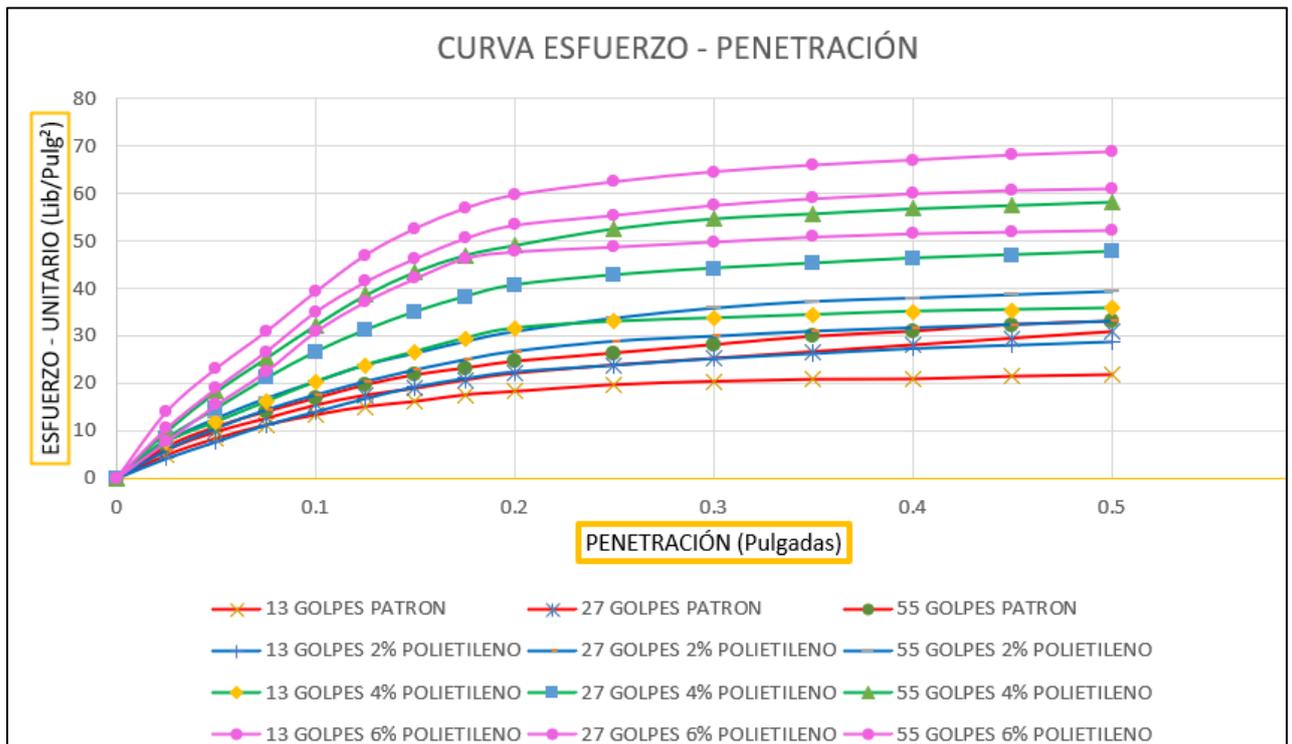
### Cbr (California Bearing Ratio)

El Cbr se utiliza para medir la capacidad de los suelos por subrasante, base, sub-base, se realizó una comparación de resultados de las muestras obtenidas:

Para la primera calicata:

**Figura 21**

*Curva de esfuerzo unitario vs Penetración de la calicata N° 01*



*Nota:* En la figura N° 13 se muestran las curvas de esfuerzo vs deformación de la muestra patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno respectivamente a los 13 golpes, 27 golpes y 55 golpes.

**Tabla 33**

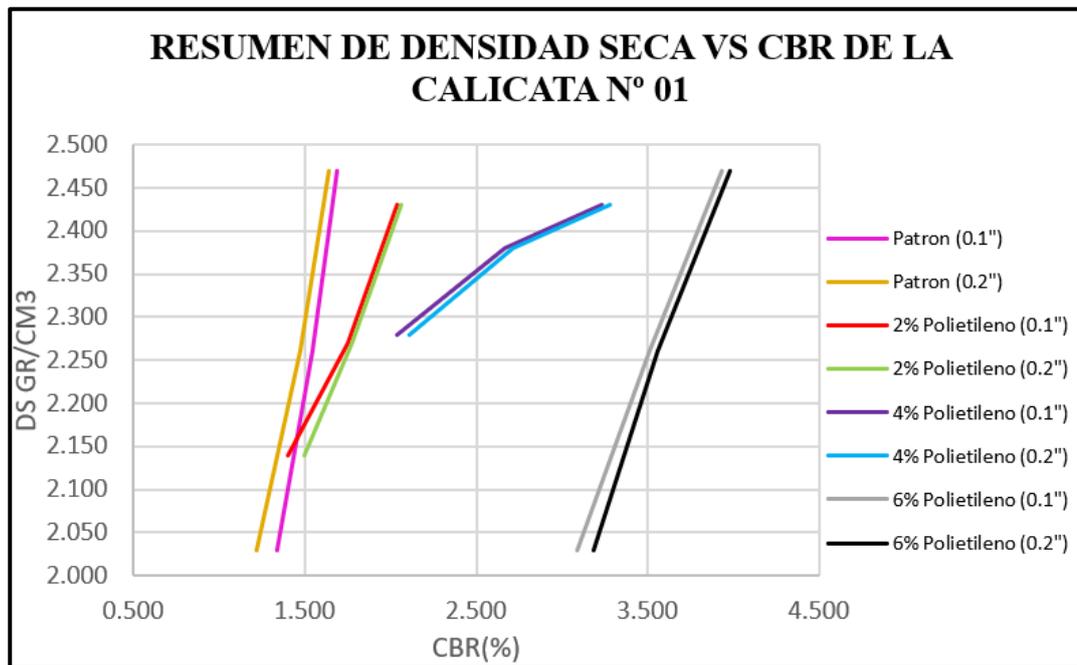
*Porcentajes obtenidos de CBR para la calicata N° 01 para 0.1 y 0.2*

		CBR AL 95%		
		DENSIDAD SECA MÁX	PARA 0.1	PARA 0.2
C1	PATRON	2.37 gr/cm <sup>3</sup>	2	2
	2% POLIETILENO	2.33 gr/cm <sup>3</sup>	2	2
	4% POLIETILENO	2.33 gr/cm <sup>3</sup>	3	3
	6% POLIETILENO	2.31 gr/cm <sup>3</sup>	4	4

*Nota:* En la tabla N° 19 se muestran las densidades secas máximas para un CBR 95% de la calicata N° 01, obteniendo un CBR máximo, con adición de polietileno de 6% un diseño de CBR de 4%, con una densidad seca máxima de 2.31 gr/cm<sup>3</sup>.

**Figura 22**

*Resumen de densidad seca vs Cbr %.*

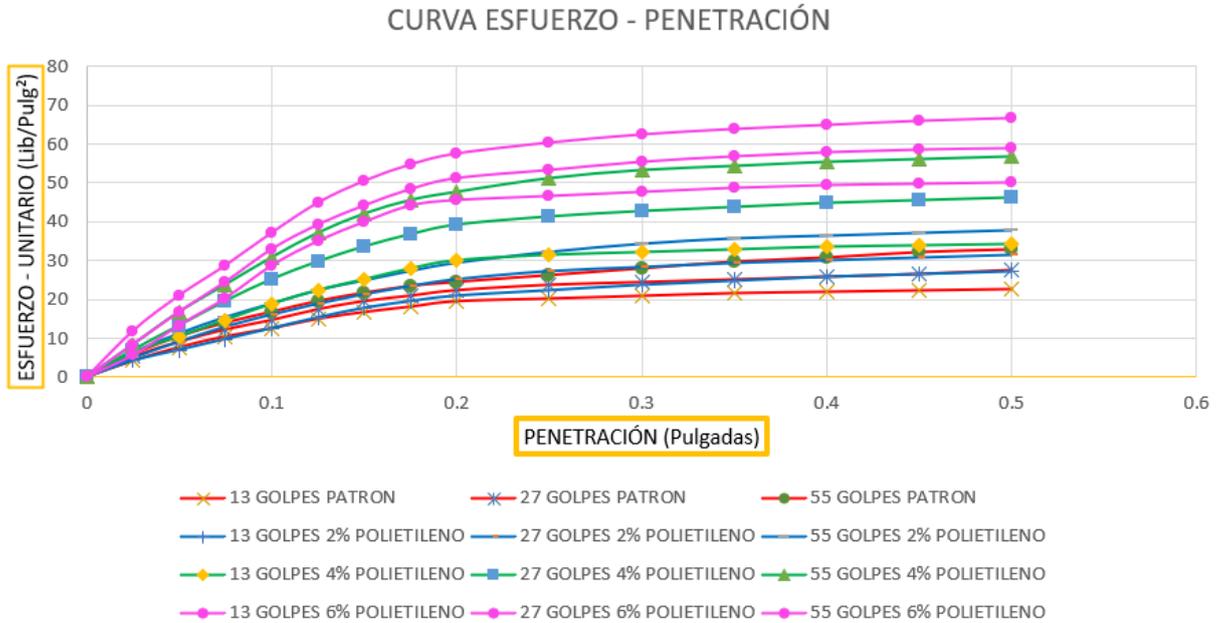


*Nota:* En la figura N° 14 se muestran los gráficos en resumen para la muestra patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno para un diseño de Cbr al 0.1" y 0.2" respectivamente identificadas.

Para la segunda calicata:

**Figura 23**

Curva de esfuerzo unitario vs Penetración de la calicata N° 02



Nota: En la figura N° 15 se muestran las curvas de esfuerzo vs deformación de la muestra patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno respectivamente a los 13 goles, 27 golpes y 55 golpes.

**Tabla 34**

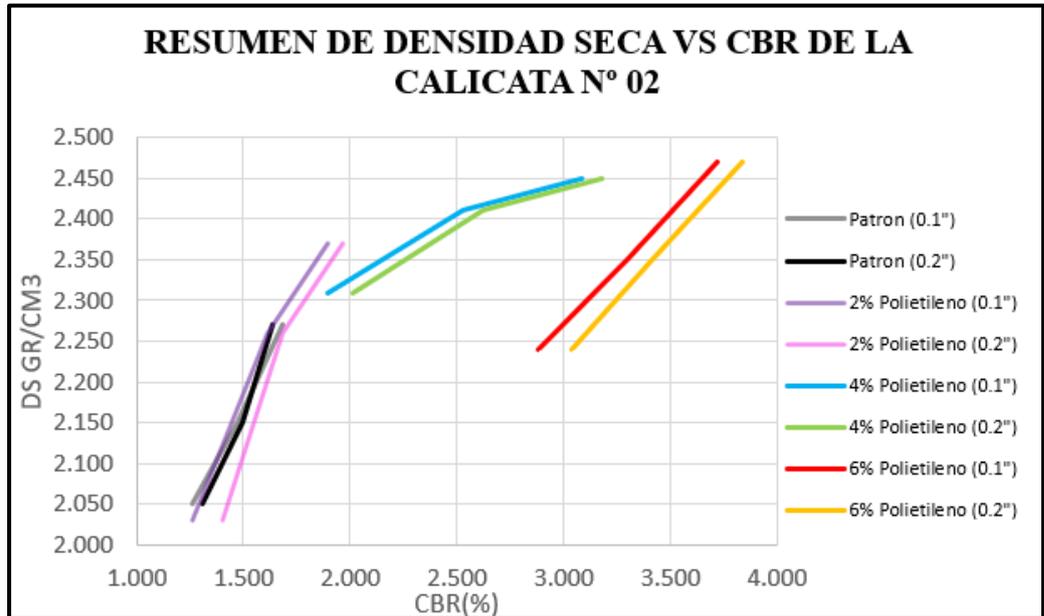
Porcentajes obtenidos de CBR para la calicata N° 02

		CBR AL 95%		
		DENSIDAD SECA MÁX	PARA 0.1	PARA 0.2
C2	PATRON	2.17 gr/cm <sup>3</sup>	2	2
	2% POLIETILENO	2.26 gr/cm <sup>3</sup>	2	2
	4% POLIETILENO	2.36 gr/cm <sup>3</sup>	3	2
	6% POLIETILENO	2.38 gr/cm <sup>3</sup>	4	4

Nota: En la tabla N° 20 se muestran las densidades secas máximas para un CBR 95% de la calicata N° 01, obteniendo un CBR máximo, con adición de polietileno de 6% un diseño de CBR de 4%, con una densidad seca máxima de 2.38 gr/cm<sup>3</sup>.

**Figura 24**

Resumen de densidad seca vs Cbr %

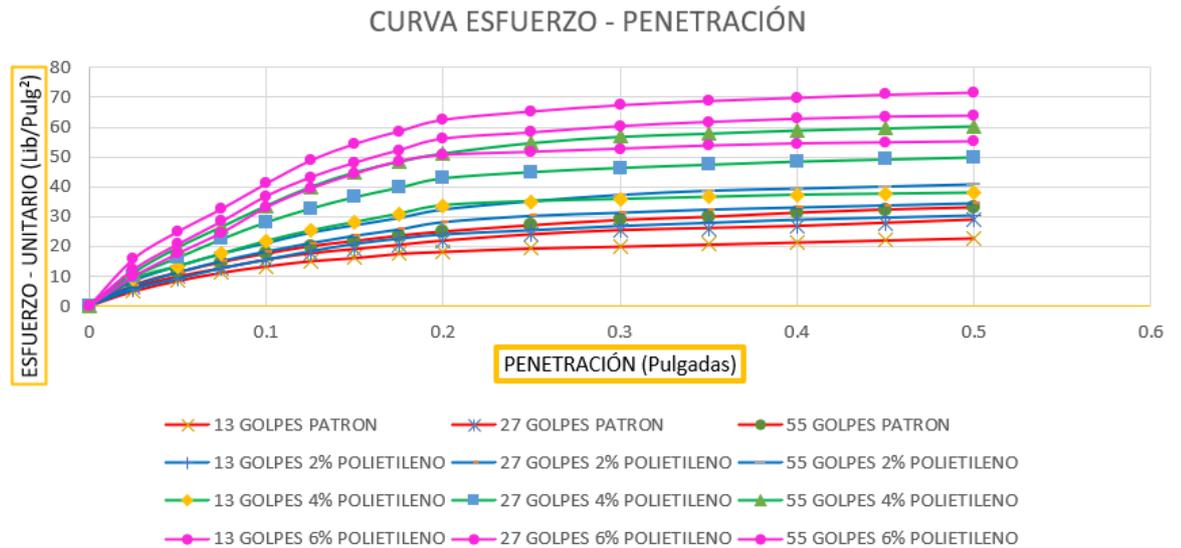


Nota: En la figura N° 16 se muestran los gráficos en resumen para la muestra patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno para un diseño de Cbr al 0.1" y 0.2" respectivamente identificadas.

Para la tercera calicata:

**Figura 25**

Curva de esfuerzo unitario vs Penetración de la calicata N° 03



*Nota:* En la figura N° 17 se muestran las curvas de esfuerzo vs deformación de la muestra patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno respectivamente a los 13 golpes, 27 golpes y 55 golpes.

**Tabla 35**

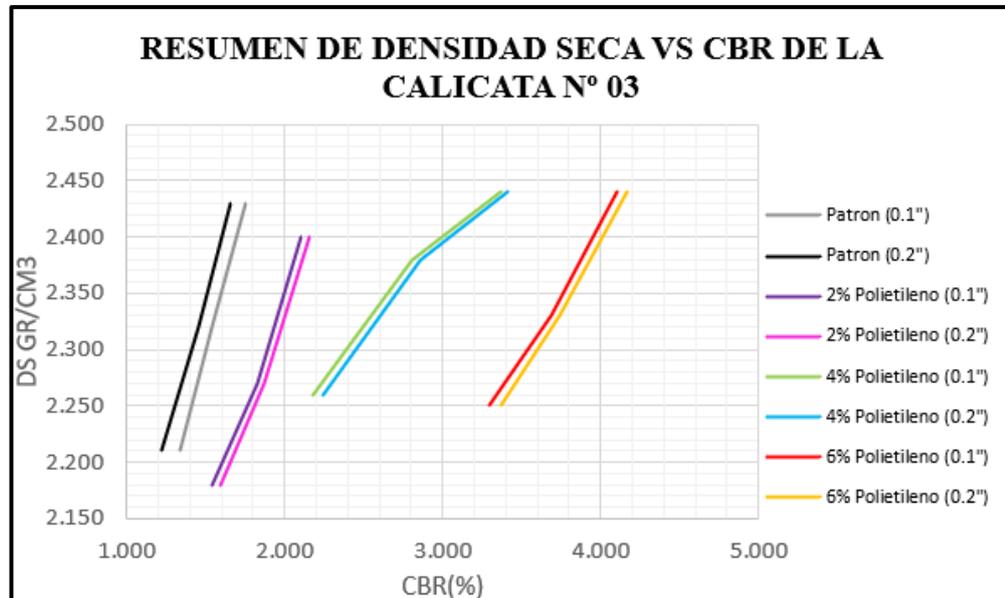
*Porcentajes obtenidos de CBR para la calicata N° 03*

		CBR AL 95 %		
		DENSIDAD SECA MÁX	PARA 0.1	PARA 0.2
C3	PATRON	2.32 gr/cm3	2	2
	2% POLIETILENO	2.29 gr/cm3	2	2
	4% POLIETILENO	2.33 gr/cm3	3	3
	6% POLIETILENO	2.34 gr/cm3	4	4

*Nota:* En la tabla N° 19 se muestran las densidades secas máximas para un CBR 95% de la calicata N° 01, obteniendo un CBR máximo, con adición de polietileno de 6% un diseño de CBR de 4%, con una densidad seca máxima de 2.34 gr/cm3.

**Figura 26**

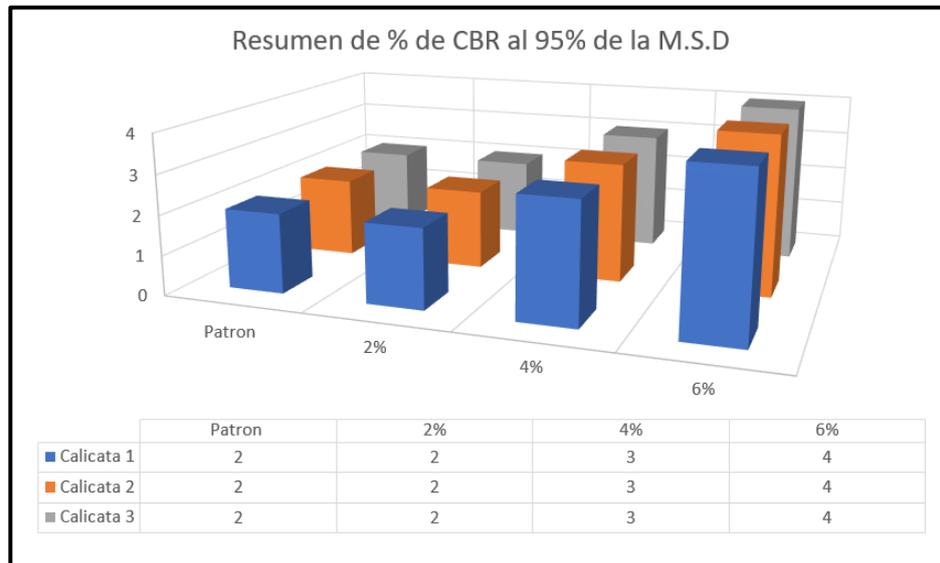
*Resumen de densidad seca vs Cbr %*



*Nota:* En la figura N° 18 se muestran los gráficos en resumen para la muestra patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno para un diseño de Cbr al 0.1'' y 0.2'' respectivamente identificadas.

**Figura 27**

*Cbr al 95% de la M.S.D para la calicata N°1, calicata N° 2 y calicata N° 3*



*Nota:* En la figura N° 19 se muestran los gráficos en resumen para la muestra patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno para un diseño de Cbr al 0.1" y 0.2" respectivamente identificadas.

De acuerdo a la figura 25, se puede observar que el CBR de acuerdo a los ensayos realizados en laboratorio, nos da un CBR de diseño al 95% de M.S.D para 0.1" un Cbr de 4% respectivamente; siendo clasificado como un S0: Subrasante muy pobre, según el Manual de Diseño de Carreteras.

Por otro lado, para los CBRS con adición de polietileno al 2%, 4% y 6% respectivamente, se puede observar que mejoro a las muestras patrón, para un porcentaje de 4% y 6%, en cantidades mínimas

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En esta investigación realizada, incorporando Bolsas de Polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la Subrasante, se pudo discutir lo siguiente:

En comparación con los antecedentes de la presente investigación según (Espinosa Rodríguez, 2013, pág. 67), en su investigación "Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado en Antioquía- Colombia", demostró que a medida que la cantidad de porcentaje de fibra aumenta la resistencia del suelo también aumenta al igual que la deformación. Esto puede indicar que a menor longitud y mayor porcentaje puede existir una mejor homogenización de la mezcla generando mejor consistencia y mayores esfuerzos de resistencia, esto debido que Espinosa Rodríguez presenta que el polietileno que se obtuvo fue de alta densidad y las dimensiones que utilizó fueron de 3 y 5 cm respectivamente; demostrando ser útil para el refuerzo del suelo; en comparación con la investigación realizada se utilizó las bolsas de polietileno de baja densidad, realizando el proceso de solidificación para la obtención del aditivo en proporciones pequeñas y parciales de 19 mm a 4.75 mm aproximadamente; se demostró que se aumenta la resistencia, pero también se observó a diferencia del polietileno de alta densidad, que el aditivo utilizado presenta deformaciones y se desmoronan fácilmente ya que no se incorporan de manera homogénea con los componentes utilizados (muestra de suelo y agua).

Coice Duarte (2017), en su investigación se logró mezclar (trozos de bolsas plásticas) es el de post mezclado (vía seca), debido a que en los análisis de todas sus propiedades variaron positivamente. Pero el polietileno de baja densidad presuntamente pierde propiedades al mezclarse previamente con el cemento; en relación con mi investigación se pudo observar que el polietileno no se adhería homogéneamente debido a que puede

presentar fallas generando mayormente deformaciones y así también dejando sin efectos al aditivo, esto quiere decir que aumenta el porcentaje de vacíos; por las propiedades que presenta el polietileno de baja densidad; en concordancia con Coice Duarte, el polietileno pierde sus propiedad al mezclarse con cualquier otro componente.

En paralelo con Matías Amaro (2019), utilizó diferentes proporciones de bolsas de polietileno como 2%, 4%, 6%, 8% y 10 % obteniendo el aumento de CBR en un promedio de 7.98%, donde el autor que da la inclusión del polímero sintético y hace mención que mejora en algunas propiedades físicas mecánicas del suelo, haciendo que sea regularmente estable; argumentando los resultados obtenidos de la presente investigación, el CBR con adición de polietileno al 4% y 6% mejoró insignificadamente obteniendo un resultado de 3% y 4% de CBR respectivamente , a diferencia de Matías Amaro, no aumento en proporciones mayores el Cbr; haciendo alusión a lo que manifiesta el Manual de Carreteras MTC, siendo un CBR no apto, en estos casos se debe optar por buscar otros métodos que mejoren la estabilidad del suelo; por otro lado el incremento del porcentaje de aditivo de la investigación de Amaro es mayor, puede darse la posibilidad de aumentar el suelo en estudio añadiéndole porcentajes mayores de aditivo polietileno de baja densidad.

Según Leiva Gonzales (2016), obtuvo que las bolsas de polietileno influyen en el mejoramiento de la subrasante, mediante el uso de bolsas de polietileno fundido en forma de grumos, en proporciones de: 2%, 4%, 6%, 8% y 10 % logrando un aumento de CBR en promedio de 7.98% al 95% de la máxima densidad, en comparación con la tesis, se mejoró el suelo ya que para el CBR de suelo natural se obtuvo un CBR de 1.76% y con adición de polietileno al 6%, un CBR de 4.11 %, obteniendo un S1: Subrasante pobre.

Según Flores (2017), obtuvo que las pequeñas fibras de botellas recicladas incrementan su capacidad portante del suelo, permitiendo una mejor resistencia y durabilidad al comportamiento de su estructura de un pavimento, ya que las fibras se utilizaron de manera de láminas pequeñas, proporcionando mayor unificación al suelo, con respecto a la investigación se obtuvo que el CBR no obtuvo una mayor resistencia por lo que las fibras utilizadas a diferencia de Flores, requirieron de un proceso de elaboración particular, asimismo también el tipo de suelo según su clasificación fue un **MH**, arcillas de alta plasticidad, dificultando la permeabilidad y tendencia a aumentar la formación de grietas el suelo en estudio.

Las importancia y aporte de la presente investigación es que se puede reutilizar las bolsas de polietileno que usamos todos los días evitando la contaminación ambiental, por otro lado, el polietileno mejora el CBR para ser utilizado como aditivo, pero quizá en proporciones mayores a 2%,4% y 6% generen un poco más de resistencia del CBR.

Las limitaciones de esta investigación es que este estabilizante no se obtiene en la ciudad de Cajamarca, por lo que se tuvo que hacer un horno casero para llevar a cabo el proceso de solidificación y su obtención de manera solida en pequeñas proporciones para ser trabajable; en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte no se contó con los moldes cilíndricos de acero, con su respectivo collarín, discos separados, diales y un recipiente donde dejar las muestras listas para ensayo de hinchamiento, se tuvieron que alquilar para facilitar y agilizar el trabajo en laboratorio.

Las limitaciones de esta investigación es la información que se recolecto, ya que se encontraron pocas tesis y/o artículos referidas al tema de mejoramiento del suelo con polietileno, se encontraron temas generales como mejoramiento del suelo con PET.

La implicancia teórica de la presente investigación utilizando materiales reciclados (bolsas de polietileno de baja densidad) en pequeñas proporciones es que este aditivo obtenido de recursos que cuentan la mayoría de las familias puede utilizarse como agente estabilizador para estudios de concreto y/o de suelos; generando aportaciones para o futuros investigadores, sin embargo, no generan grandes aumentos en porcentajes menores, por lo que se debería utilizar porcentajes mayores al 10% de adición de polietileno.

Las implicancias practicas basadas en evidencias y la importancia de la investigación para realizar procesos de reciclaje, ya que pueden ayudar en el aporte de estudios y/o trabajos de obras civiles, mejorando y poniendo en práctica actividades diarias que contribuyan a la mejora del medio ambiente.

Las implicancias que generaron esta investigación fue que con cantidades pequeñas de porcentajes de polietileno para suelos de tipo arcilloso, no aumenta el CBR, aumentando un 2% en proporción a la muestra patrón, el aporte que genera la presente tesis es que se mediante el decreto legislativo N° 1278, nos menciona realizar actividades de reciclaje en tratamientos y recuperaciones de suelos; por lo que se realizó la presente investigación utilizando las 3 erres: Reducir, Reutilizar y Reciclar con fines ingenieriles.

Las conclusiones de esta investigación son las siguientes:

Se concluye que la hipótesis propuesta no cumple, la adición de Polietileno en pequeñas proporciones mejora el CBR en pequeños porcentajes, obteniendo con 6% de adición de polietileno de baja densidad un CBR de diseño de 4 %, mas no se alcanzó una subrasante apta, según lo describe el MTC-05-14, ya que un CBR debe ser considerado  $\geq 6.00\%$  para ser regular o apto para el suelo.

Se determinó la influencia de las bolsas de polietileno, para el mejoramiento del suelo a nivel de la subrasante, obteniendo así para una muestra de CBR con adición de 2% de polietileno de baja densidad un CBR de 2%, para una adición 4% de polietileno de baja densidad un 3 % de CBR y para una adición de 6% polietileno de baja densidad un CBR de 4%, verificando así que el polietileno no influye en la mejora del suelo, teniendo en cuenta también que depende la estabilidad del suelo, sus características físicas y mecánicas teniendo un suelo altamente arcilloso.

Se determinó el CBR para las muestras patrón, 2% de polietileno, 4% de polietileno y 6% de polietileno, obteniendo un CBR de diseño de 2%, 3% y 4% respectivamente por lo que se recomienda y se sugiere trabajar con porcentajes de adición de polietileno mayores al 10% para suelos de tipo arcillo, con presencia de alta plasticidad.

Se analizaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo, obteniendo un suelo arcilloso que presenta alta plasticidad respecto a las tres calicatas que se estudiaron, el comportamiento del suelo respecto a la adición del aditivo Polietileno de baja plasticidad en proporciones de 2%, 4% y 6% respectivamente no generó aumento debido a que al momento de la compactación no se homogeniza el aditivo, generando vacíos, puede darse la posibilidad de aumentar el CBR del suelo en estudio añadiéndole porcentajes mayores de aditivo de polietileno de baja densidad, ya que con los resultados obtenidos se obtuvo un CBR bajo, por lo que añadiendo 10% a más en proporciones mayores, pueda mejorar el suelo.

Se analizó los contenidos óptimos de humedad y la densidad seca con adición de 2%, 4% y 6% para el mejoramiento de la subrasante donde se obtuvo según la tabla N° 18, donde se obtuvo la densidad seca máxima para la primera calicata de 2.49 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 15.40% ; para la segunda calicata una densidad seca máxima de 2.48

gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad de 14.80%; para la tercera calicata una densidad seca máxima de 2.46 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 2.46% respectivamente, donde se concluye que la estabilización con adición de polietileno no influye en la compactación de un suelo arcilloso.

Se concluye que en su mayoría es beneficioso para el medio ambiente reutilizar materiales de polietileno considerados como desecho como un material que aporte que genera y se presenta como una nueva alternativa a seguirse estudiando dentro del campo de la ingeniería, se sugiere trabajar con porcentajes de adición mayores al 10% para mejorar el CBR, ya que si bien es cierto, con una adición de 6% de polietileno se obtuvo un CBR mejorado al inicial, con una adición de 12 % de polietileno se podrá mejorar en una proporción mayor.

## REFERENCIAS

- Arizaga Mora, J. D. (2014). ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LAS CAUSAS POR LAS CUALES OCURRIÓ EL COLAPSO DE LA LOSA DE PISO DE LA CANCHA DEL PABELLÓN DE COMUNIDAD TERAPÉUTICA DEL CENTRO DE REHABILITACIÓN SOCIAL. *Universidad del Azuay*, 80. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3632/1/10312.pdf>
- Arrieta, J. D. (2020). Sustainable Use of Recycled - Glass Powder in Soil Stabilization. *Revista American*, 32. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/340489047\\_Sustainable\\_Use\\_of\\_Recycled-Glass\\_Powder\\_in\\_Soil\\_Stabilization](https://www.researchgate.net/publication/340489047_Sustainable_Use_of_Recycled-Glass_Powder_in_Soil_Stabilization)
- Bada, D. (2016). Aplicación del aditivo químico Conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera tauca-bambas. *Universidad Antenor Orrego*, 88.
- Barrera, D., Marquez, M. A., Yegres, J., & Navas, P. (2013). Producción de plástico parcialmente degradable con polietileno de alta densidad (PEAD) y la dextrina del desecho de Solanum tuberosum. *Revista Química viva*, 13. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86326331004.pdf>
- Barrera, D., Marquez, M. A., Yegres, J., Patricia, N., & Marin, I. (2013). Producción de plástico parcialmente degradable con polietileno de alta densidad (PEAD) y la dextrina de desechos. *Revista Química viva*, 13.
- Beltrán, M. (2015). Ensayo de California Bearing Ratio. *Ensayos de laboratorios*, 1.
- Botía Díaz, W. (2019). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO. *UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA*, 133-133. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=6444BD81B8033959C320D821350F9E24?sequence=1>
- British, S. (2020). Geotecnia y Mécanica de Suelos. *Geotechnical Consulting*, 22.
- Camacho Fuentes, J. (2019). Determinación de la capacidad de soporte CBR del suelo. *Ele Internacional Ltda*, 14. Obtenido de <https://docplayer.es/10058484-3-4-determinacion-de-la-capacidad-de-soporte-cbr-del-suelo.html>
- Coicue Duarte, L. F. (2017). POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MDC-19. 120. Obtenido de <https://docplayer.es/70891909-Polietileno-de-baja->

densidad-como-alternativa-para-mejorar-las-propiedades-mecanicas-de-una-mezcla-  
asfaltica-densa-en-caliente-mdc-19.html

- Cuipal Chávez, B. K. (2018). "Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la Carretera Chachapoyas. *Universidad Cesar Vallejo*, 152. Obtenido de file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Cuipal\_CBK.pdf
- Darko Nesterenko, C. (2018). DESEMPEÑO DE SUELOS ESTABILIZADOS CON POLIMEROS EN PERU. *Universidad de Piura*, 33. Obtenido de [https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/3474/MAS\\_ICIV-L\\_043.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/3474/MAS_ICIV-L_043.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Diaz Narvaez, V. P., & Calzadilla Nuñez, A. (2018). Artículos científicos, tipos de investigación y productividad. *Articulos de reflexion*, 8. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/562/56243931011.pdf>
- Durán Ramírez, J. C. (2018). ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DE LA MICROCUENCA CAJAMARCA PERÚ. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA*, 98. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1844/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores Rangel, J. A. (2015). Infraestructura carretera: Construcción, financiamiento y resiliencia en Mexico y America Latina. *Revista Transporte y Territorio*, 28. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3330/333042522007.pdf>
- García Anguas, P., Gómez López, J. A., & Sesma Martínez, J. A. (2019). Mecánica de Materiales para Pavimentos. *SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE*, 234. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>
- Higuera Sandoval, C. H. (2020). Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 21.
- Leiva Gonzales, R. R. (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, CONCEPCION. *Universidad Nacional del Centro del Peru*, 125. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1181/Leiva%20Gonzales%20Roly%20Roberth%20-%202016%20-%20Pregrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- López Mladonado, G. (2018). Ensayos de Compactación en carreteras: Proctor Normal y Modificado. *Universitat Politècnica de Valencia*, 8. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139866/L%C3%B3pez%20-%20Ensayos%20de%20compactaci%C3%B3n%20en%20carreteras%3A%20Proctor%20Normal%20y%20Modificado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López Ortiz, J. A. (2013). Suelos Arcillosos Reforzados con Materiales de plástico Reciclado (PET). *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 90. Obtenido de [https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/265/LopezJose\\_2013\\_SuelosArcillososReforzados.pdf;jsessionid=EDBBC6449F47EC5117F06C3DF1FA4C56?sequence=7](https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/265/LopezJose_2013_SuelosArcillososReforzados.pdf;jsessionid=EDBBC6449F47EC5117F06C3DF1FA4C56?sequence=7)
- Manoochehr, F., Monammad, T., & Mohammad, T. (2019). Effect of Lime and Rice Husk Ash on Horizontal Saturated Hydraulic Conductivity of Sandy Loam Soils. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38. Obtenido de doi:<https://doi.org/10.1007/s10706->
- Maria Cristina, P. C., & Muggenburg, R. I. (2017). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Los maestros escriben*, 5. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3587/358741821004.pdf>
- Matías Amaro, D. Z. (2019). Aplicación de bolsas de polietileno para mejorar la subrasante del pavimento rígido de la AV. Metropolitana Yanahuara-Arequipa 2019. *Universidad César Vallejo*, 79. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56274/Mat%C3%ADas\\_ADZ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56274/Mat%C3%ADas_ADZ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio de Economía y Finanzas, M. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. *Dirección de Proyectos de Inversión Pública*, 110. Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)
- Pulido Polo, M. (2015). Ceremonial y protocolo: métodos y técnicas de investigación científica. *Biblioteca Digital Repositorio Académico*, 14-14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/310/31043005061.pdf>
- Roca Girón, E. (2020). Concepto, Estructura y Clasificación del Polietileno. *Roymaplast*, 3. Obtenido de <https://roymaplast.com/concepto-estructura-y-clasificacion-del-polietileno/>
- Roca Giron, I. E. (2005). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES INDUSTRIALES DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD). *UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*, 126. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0639\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf)

Ulate Castillo, A. (2017). ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y MATERIALES GRANULARES EN CAMINO DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, EMPLEANDO PRODUCTOS NO TRADICIONALES. *LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES*, 13. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/908/ESTABILIZACI%c3%93N%20DE%20SUELOS%20Y%20MATERIALES%20GRANULARES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

### 1. Anexo N° 1 Resultados de ensayos completos

#### 1.1. Contenido de humedad

**Tabla 36**

*Contenido de humedad descripción completa de la calicata N° 01*

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		P1	P2	P3
B	Peso del Recipiente	gr	39.20	89.10	77.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	129.20	179.50	167.10
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	92.67	143.93	132.26
E	Peso del Agua (Ww) C - B	gr	90.00	90.40	89.80
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	53.47	54.83	54.96
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	68.32	64.87	63.39
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		65.53	

**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Tabla 37**

*Contenido de humedad descripción completa de la calicata N° 02*

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		P1	P2	P3
B	Peso del Recipiente	gr	87.40	88.30	94.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	177.20	178.50	184.10
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	143.14	143.47	150.48
E	Peso del Agua (Ww) C - B	gr	89.80	90.20	89.80
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	55.74	55.17	56.18
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	61.11	63.49	59.84
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		61.48	

**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Tabla 38**

*Contenido de humedad descripción completa de la calicata N° 03*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
A	Identificación del recipiente o Tara		P1	P2	P3
B	Peso del Recipiente	gr	83.20	88.40	87.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	173.20	178.40	177.30
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	125.40	132.60	125.50
E	Peso del Agua <b>(Ww) C - B</b>	gr	90.00	90.00	90.00
F	Peso Suelo Seco <b>(Ws) D - B</b>	gr	42.20	44.20	38.20
W%	Porcentaje de humedad <b>(E / F) * 100</b>	%	113.27	103.62	135.60
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		117.50	

**Fuente:** Elaboración propia,2023

## 1.2.Análisis granulométrico por lavado

**Tabla 39**

*Análisis granulométrico por lavado completa de la calicata N°01*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>					
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>%RP</b>	<b>%RA</b>	<b>% que pasa</b>
N° 4	4.75	19.76	3.95	3.95	96.05
N°10	2.00	10.87	2.17	6.13	93.87
N°20	0.84	21.08	4.22	10.34	89.66
N°30	0.59	20.76	4.15	14.49	85.51
N°40	0.42	22.16	4.43	18.93	81.07
N°60	0.25	62.18	12.44	31.36	68.64
N°100	0.15	56.63	11.33	42.69	57.31
N°200	0.07	22.98	4.60	47.28	52.72
<b>Perdida</b>	Lavado	323.76	64.75	112.04	-
<b>Total</b>		560.18	112.04		

**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Tabla 40**

*Análisis granulométrico por lavado completa de la calicata N°02*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>					
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>%RP</b>	<b>%RA</b>	<b>% que pasa</b>
N° 4	4.76	18.43	3.69	3.69	96.31
N°10	2.00	21.65	4.33	8.02	91.98
N°20	0.84	25.54	5.11	13.12	86.88
N°30	0.59	21.76	4.35	17.48	82.52
N°40	0.42	36.12	7.22	24.70	75.30
N°60	0.25	54.87	10.97	35.67	64.33
N°100	0.15	56.44	11.29	46.96	53.04
N°200	0.07	10.76	2.15	49.11	50.89
<b>Perdida</b>	Lavado	357.68	71.54	120.65	-
<b>Total</b>		603.25	120.65		

**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Tabla 41**

*Análisis granulométrico por lavado completa de la calicata N°03*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>					
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>%RP</b>	<b>%RA</b>	<b>% que pasa</b>
N° 4	4.76	9.87	1.97	1.97	98.03
N°10	2.00	11.23	2.25	4.22	95.78
N°20	0.84	11.78	2.36	6.58	93.42
N°30	0.59	12.32	2.46	9.04	90.96
N°40	0.42	77.90	15.58	24.62	75.38
N°60	0.25	22.76	4.55	29.17	70.83
N°100	0.15	23.65	4.73	33.90	66.10
N°200	0.07	11.65	2.33	36.23	63.77
<b>Perdida</b>	Lavado	431.89	86.38	122.61	-

**Total** 613.05 122.61

**Fuente:** Elaboración propia,2023

### 1.3.Peso específico

**Tabla 42**

*Peso específico de material fino descripción completa calicata N°01*

<b>PESO ESPECIFICO DE MATERIAL FINO</b>					
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>A</b>	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		M1	M2	M3
<b>B</b>	PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	90	90	90
<b>C</b>	PESO DE FIOLA + AGUA (500ml)	cm3	673.2	678.45	683.59
<b>D</b>	PESO DE FIOLA + AGUA (500 ml)+ SUELO	cm3	731.25	729.7	715.34
<b>E</b>	PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.82	2.32	1.55
<b>F</b>	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO	gr/cm3		2.23	

**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Tabla 43**

*Peso específico de material fino descripción completa calicata N°02*

<b>PESO ESPECIFICO DE MATERIAL FINO</b>					
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>A</b>	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		M1	M2	M3
<b>B</b>	PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	90	90	90
<b>C</b>	PESO DE FIOLA + AGUA (500ml)	cm3	687.64	665.98	671.83
<b>D</b>	PESO DE FIOLA + AGUA (500 ml)+ SUELO	cm3	743.2	712.8	732.4
<b>E</b>	PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.61	2.08	3.06
<b>F</b>	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO	gr/cm3		2.59	

**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Tabla 44**

*Peso específico de material fino descripción completa calicata N°03*

<b>PESO ESPECIFICO DE MATERIAL FINO</b>					
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>A</b>	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		M1	M2	M3
<b>B</b>	PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	90	90	90
<b>C</b>	PESO DE FIOLA + AGUA (500ml)	cm3	665.64	678.98	683.83
<b>D</b>	PESO DE FIOLA + AGUA (500 ml)+ SUELO	cm3	732.26	708.8	726.4
<b>E</b>	PESO ESPECIFICO	gr/cm3	3.85	1.50	1.90
<b>F</b>	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO	gr/cm3		2.41	

**Fuente:** Elaboración propia,2023

#### 1.4.Límites de consistencia

**Figura 28**

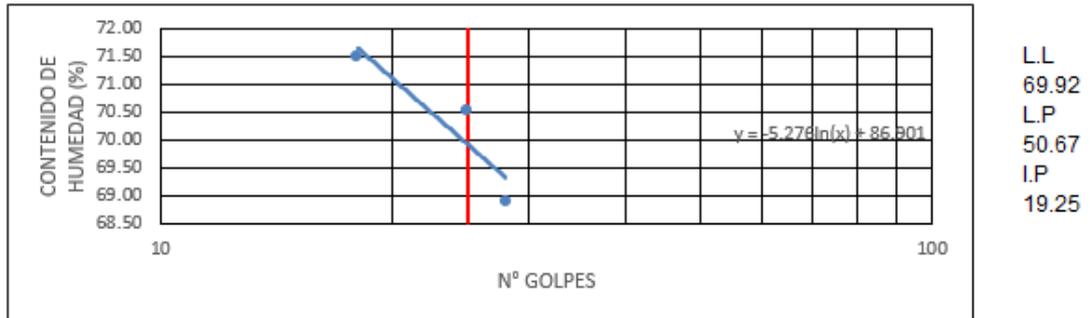
*Límites de Atterberg de Calicata N° 01*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 29**

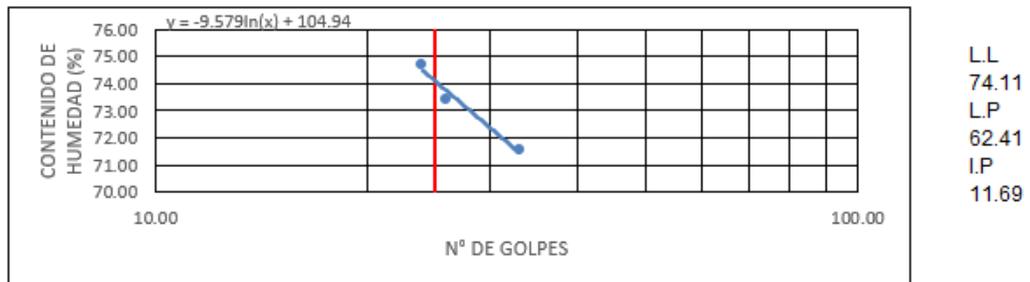
*Límites de Atterberg de Calicata N° 02*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 30**

*Límites de Atterberg de Calicata N° 03*



Nota: Elaboración propia, (2023).

## 1.5.Proctor Modificado

**Tabla 45**

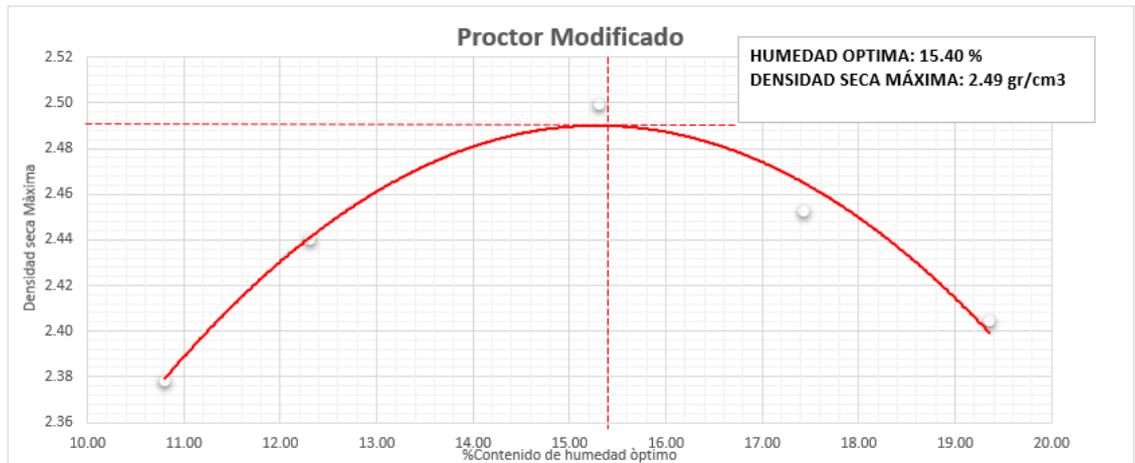
*Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra patrón*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3956		3956		3956		3956		3956	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6362		6458		6587		6585		6576	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2406		2502		2631		2629		2620	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.64		2.74		2.88		2.88		2.87	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	29.15	28.10	29.06	28.48	27.34	27.44	29.31	28.09	28.91	27.43
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	118.61	125.91	116.05	89.32	141.91	176.43	117.88	115.71	115.65	116.42
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	110.70	115.50	106.45	82.70	126.90	156.40	104.80	102.64	101.80	101.77
K	Peso del Agua (I-J)	gr	7.91	10.41	9.60	6.62	15.01	20.03	13.08	13.07	13.85	14.65
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	81.55	87.40	77.39	54.22	99.56	128.96	75.49	74.55	72.89	74.34
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	9.70	11.91	12.40	12.21	15.08	15.53	17.33	17.53	19.00	19.71
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	10.81		12.31		15.30		17.43		19.35	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.38		2.44		2.50		2.45		2.40	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 31**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01, muestra patrón*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 46**

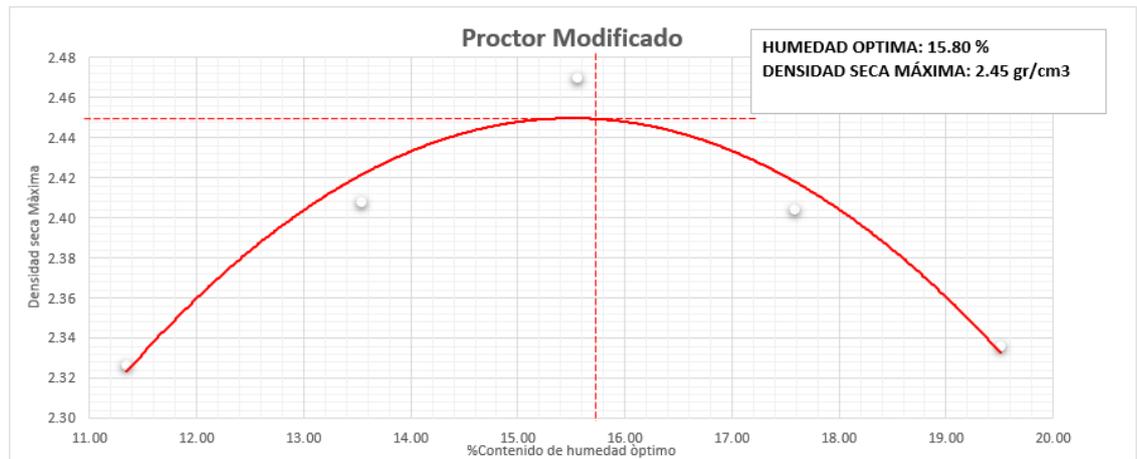
*Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra 2% Polietileno*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3960.00		3960.00		3960.00		3960.00		3960.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6325.00		6456.00		6566.00		6541.00		6509.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2365.00		2496.00		2606.00		2581.00		2549.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.59		2.73		2.85		2.83		2.79	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.72	7.51	35.37	39.53	36.43	38.47	27.94	28.52	25.67	26.51
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	144.94	79.53	120.81	150.85	119.54	151.13	146.64	115.82	117.27	109.22
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	132.63	72.35	110.51	137.73	108.54	135.71	128.94	102.73	102.43	95.62
K	Peso del Agua (I-J)	gr	12.31	7.18	10.30	13.12	11.00	15.42	17.70	13.09	14.84	13.60
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	105.91	64.84	75.14	98.20	72.11	97.24	101.00	74.21	76.76	69.11
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.62	11.07	13.71	13.36	15.25	15.86	17.52	17.64	19.33	19.68
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.35		13.53		15.56		17.58		19.51	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.33		2.41		2.47		2.40		2.34	

**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Figura 32**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01, muestra 2% Polietileno*



**Fuente:** Elaboración propia,2023

**Tabla 47**

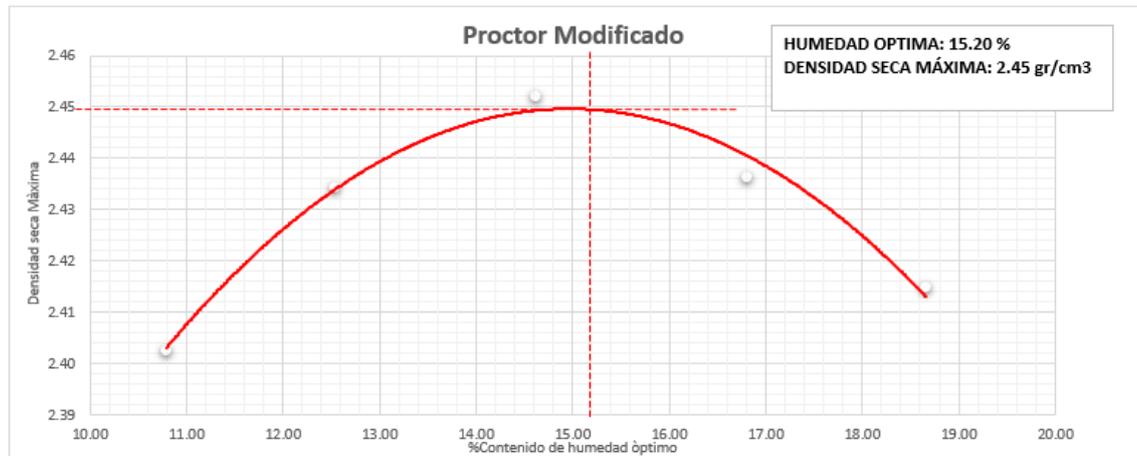
*Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra 4% Polietileno*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3968.00		3968.00		3968.00		3968.00		3960.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6398.00		6469.00		6534.00		6566.00		6576.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2430.00		2501.00		2566.00		2598.00		2616.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.66		2.74		2.81		2.85		2.87	
G	Recipiente	N°	a		b		a		b		a	
H	Peso Recipiente	gr	12.41	28.78	28.62	26.09	7.31	7.23	12.53	29.74	26.67	27.51
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	115.24	126.52	135.67	95.41	58.32	70.32	119.65	110.30	116.47	108.42
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	105.28	116.94	123.56	87.81	51.78	62.31	104.33	98.64	102.43	95.62
K	Peso del Agua (I-J)	gr	9.96	9.58	12.11	7.60	6.54	8.01	15.32	11.66	14.04	12.80
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	92.87	88.16	94.94	61.72	44.47	55.08	91.80	68.90	75.76	68.11
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%= (K/L)*100	%	10.72	10.87	12.76	12.31	14.71	14.54	16.69	16.92	18.53	18.79
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	10.80		12.53		14.62		16.81		18.66	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.40		2.43		2.45		2.44		2.41	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 33**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01, muestra 4% Polietileno*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 48**

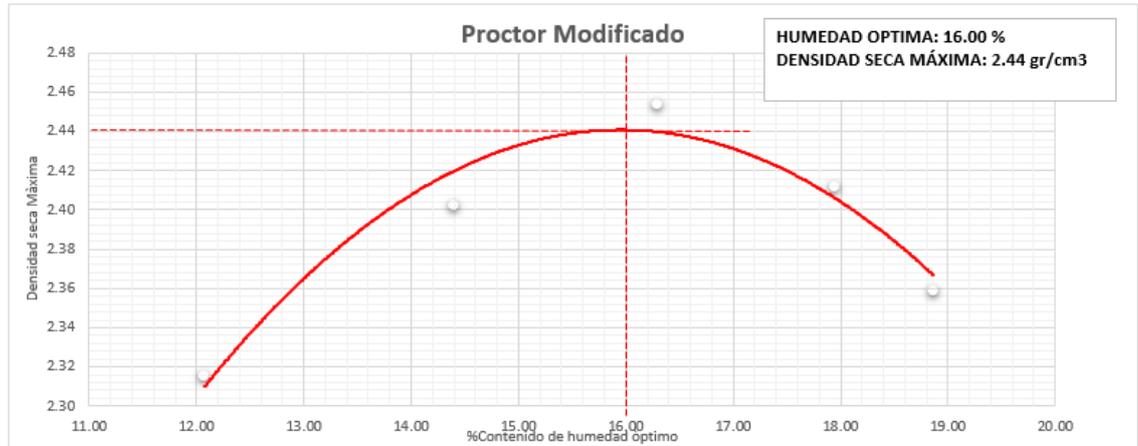
*Proctor modificado descripción completa calicata N°01, muestra 6% Polietileno*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5					
A	Peso Molde	gr	3959.00	3959.00	3959.00	3959.00	3959.00					
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6328.00	6468.00	6564.00	6556.00	6519.00					
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2369.00	2509.00	2605.00	2597.00	2560.00					
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95	912.95	912.95	912.95	912.95					
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.59	2.75	2.85	2.84	2.80					
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b				
H	Peso Recipiente	gr	7.23	28.81	29.22	27.84	28.18	29.31	28.53	27.51	28.62	27.45
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	79.16	146.23	121.64	151.43	124.63	149.46	83.61	145.48	132.18	131.82
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	71.43	133.55	110.16	135.67	111.12	132.63	75.23	127.52	115.76	115.24
K	Peso del Agua (I-J)	gr	7.73	12.68	11.48	15.76	13.51	16.83	8.38	17.96	16.42	16.58
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	64.20	104.74	80.94	107.83	82.94	103.32	46.70	100.01	87.14	87.79
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100	%	12.04	12.11	14.18	14.62	16.29	16.29	17.94	17.96	18.84	18.89
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.07		14.40		16.29		17.95		18.86	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.32		2.40		2.45		2.41		2.36	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 34**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°01, muestra 6% Polietileno*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 49**

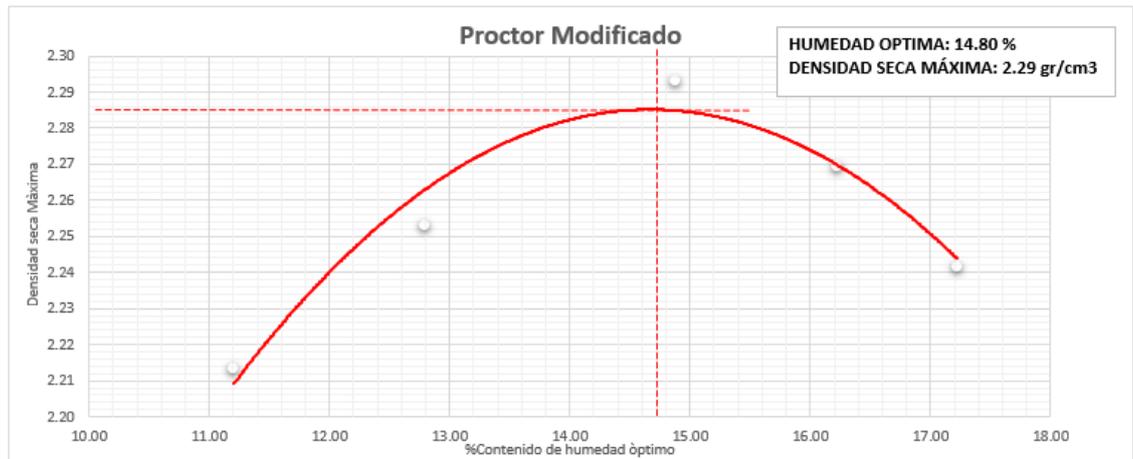
*Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra patrón*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3962.00		3962.00		3962.00		3962.00		3962.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6209.00		6282.00		6367.00		6370.00		6361.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2247.00		2320.00		2405.00		2408.00		2399.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.46		2.54		2.63		2.64		2.63	
G	Recipiente	N°										
H	Peso Recipiente	gr	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	27.92	27.21	28.82	12.35	28.56	26.37	27.48	22.23	26.56	23.23
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	134.94	147.46	119.58	133.81	136.14	153.42	123.22	131.28	122.84	133.53
K	Peso del Agua (I-J)	gr	124.24	135.25	109.67	119.53	121.73	137.53	109.73	116.21	108.76	117.25
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	10.70	12.21	9.91	14.28	14.41	15.89	13.49	15.07	14.08	16.28
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	96.32	108.04	80.85	107.18	93.17	111.16	82.25	93.98	82.20	94.02
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.11	11.30	12.26	13.32	15.47	14.29	16.40	16.04	17.13	17.32
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	11.21		12.79		14.88		16.22		17.22	
			2.21		2.25		2.29		2.27		2.24	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 35**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02, muestra patrón*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 50**

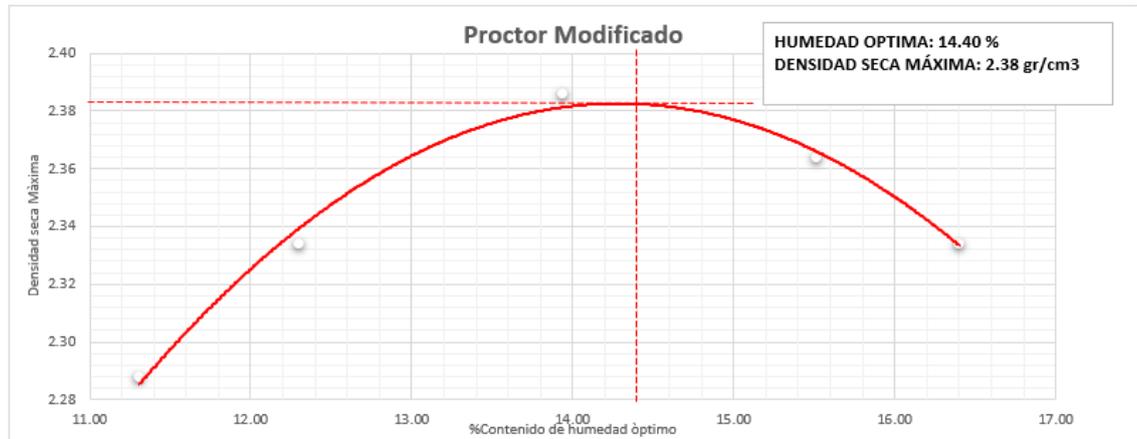
*Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra 2% Polietileno*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3955.00		3955.00		3955.00		3955.00		3962.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6280.00		6348.00		6437.00		6448.00		6442.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2325.00		2393.00		2482.00		2493.00		2480.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.55		2.62		2.72		2.73		2.72	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.41	28.33	26.25	28.42	28.87	27.16	26.28	25.13	29.41	24.43
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	130.85	127.62	145.63	149.48	118.38	159.80	174.41	161.82	121.64	132.63
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	120.33	117.54	132.26	136.51	107.43	143.57	154.36	143.61	108.76	117.25
K	Peso del Agua (I-J)	gr	10.52	10.08	13.37	12.97	10.95	16.23	20.05	18.21	12.88	15.38
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	92.92	89.21	106.01	108.09	78.56	116.41	128.08	118.48	79.35	92.82
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.32	11.30	12.61	12.00	13.94	13.94	15.65	15.37	16.23	16.57
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.31		12.31		13.94		15.51		16.40	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.29		2.33		2.39		2.36		2.33	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 36**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02, muestra 2% Polietileno*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 51**

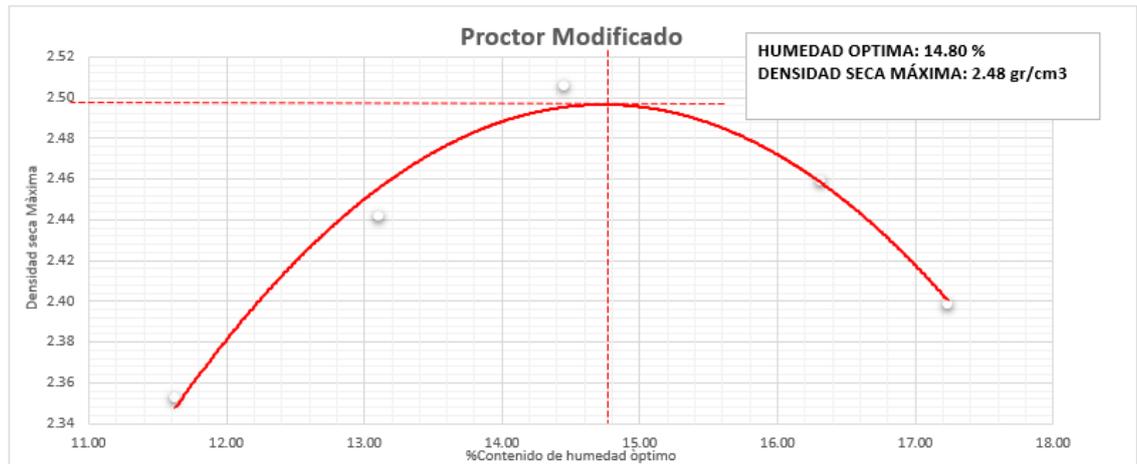
*Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra 4% Polietileno*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3965.00		3965.00		3965.00		3965.00		3965.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6363.00		6486.00		6583.00		6576.00		6532.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2398.00		2521.00		2618.00		2611.00		2567.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.63		2.76		2.87		2.86		2.81	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	28.84	28.98	27.52	28.99	28.31	27.36	28.42	27.97	27.31	28.65
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	115.81	170.62	123.99	140.39	125.45	143.35	126.69	111.74	126.69	110.94
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	106.73	155.89	112.75	127.56	113.42	128.43	112.74	100.13	111.74	99.13
K	Peso del Agua (I-J)	gr	9.08	14.73	11.24	12.83	12.03	14.92	13.95	11.61	14.95	11.81
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	77.89	126.91	85.23	98.57	85.11	101.07	84.32	72.16	84.43	70.48
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.66	11.61	13.19	13.02	14.13	14.76	16.54	16.09	17.71	16.76
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.63		13.10		14.45		16.32		17.23	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.35		2.44		2.51		2.46		2.40	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 37**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02, muestra 4% Polietileno*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 52**

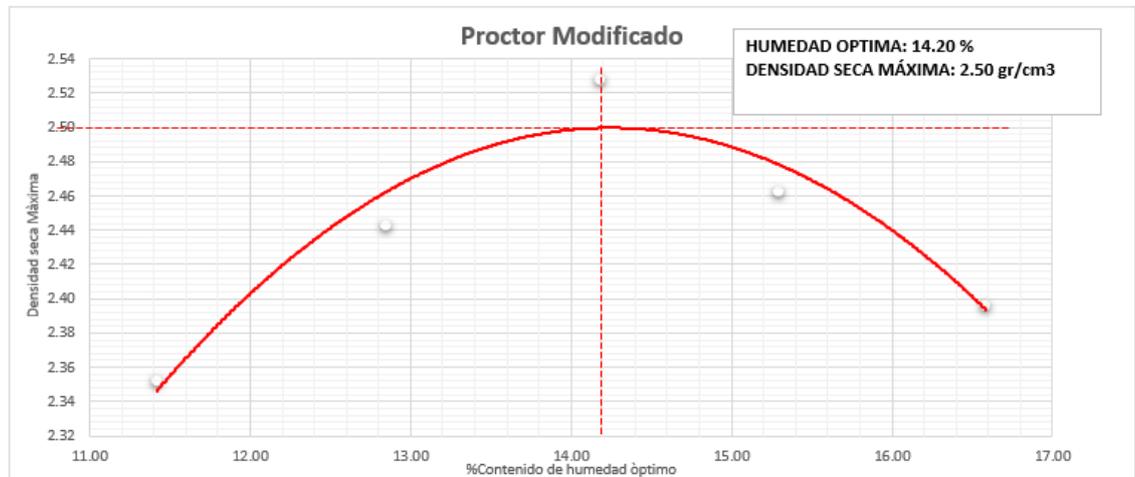
*Proctor modificado descripción completa calicata N°02, muestra 6% Polietileno*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3964.00		3964.00		3964.00		3964.00		3964.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6356.00		6480.00		6599.00		6556.00		6514.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2392.00		2516.00		2635.00		2592.00		2550.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.62		2.76		2.89		2.84		2.79	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	28.77	12.36	12.39	29.05	13.41	28.65	27.86	27.51	29.62	29.42
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	167.62	139.28	101.25	133.67	103.21	136.12	145.85	123.26	133.65	116.49
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	153.22	126.43	91.46	121.38	92.16	122.64	130.36	110.43	118.72	104.21
K	Peso del Agua (I-J)	gr	14.40	12.85	9.79	12.29	11.05	13.48	15.49	12.83	14.93	12.28
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	124.45	114.07	79.07	92.33	78.75	93.99	102.50	82.92	89.10	74.79
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.57	11.27	12.38	13.31	14.03	14.34	15.11	15.47	16.76	16.42
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.42		12.85		14.19		15.29		16.59	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.35		2.44		2.53		2.46		2.40	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 38**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°02, muestra 6% Polietileno*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 53**

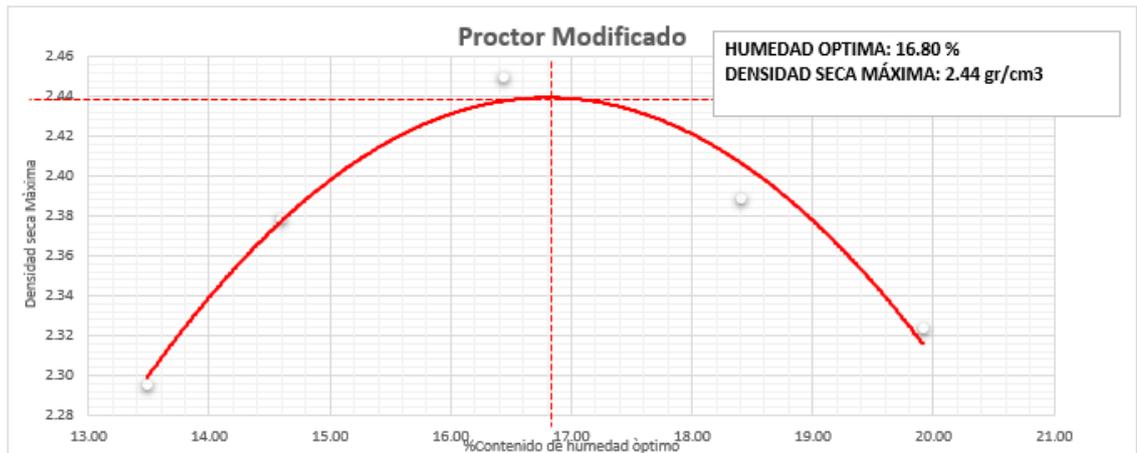
*Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra patrón*

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3958.00		3958.00		3958.00		3958.00		3958.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6336.00		6447.00		6562.00		6540.00		6502.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2378.00		2489.00		2604.00		2582.00		2544.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.60		2.73		2.85		2.83		2.79	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	12.23	27.02	28.33	27.42	28.85	29.02	7.53	8.32	8.43	7.49
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	90.51	145.43	124.22	172.25	130.21	140.64	86.87	88.86	86.27	91.40
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	81.09	131.54	111.92	153.93	116.01	124.76	74.54	76.33	73.50	77.30
K	Peso del Agua (I-J)	gr	9.42	13.89	12.30	18.32	14.20	15.88	12.33	12.53	12.77	14.10
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	68.86	104.52	83.59	126.51	87.16	95.74	67.01	68.01	65.07	69.81
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	13.68	13.29	14.71	14.48	16.29	16.59	18.40	18.42	19.63	20.20
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	13.48		14.60		16.44		18.41		19.91	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.30		2.38		2.45		2.39		2.32	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 39**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03, muestra patrón*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 54**

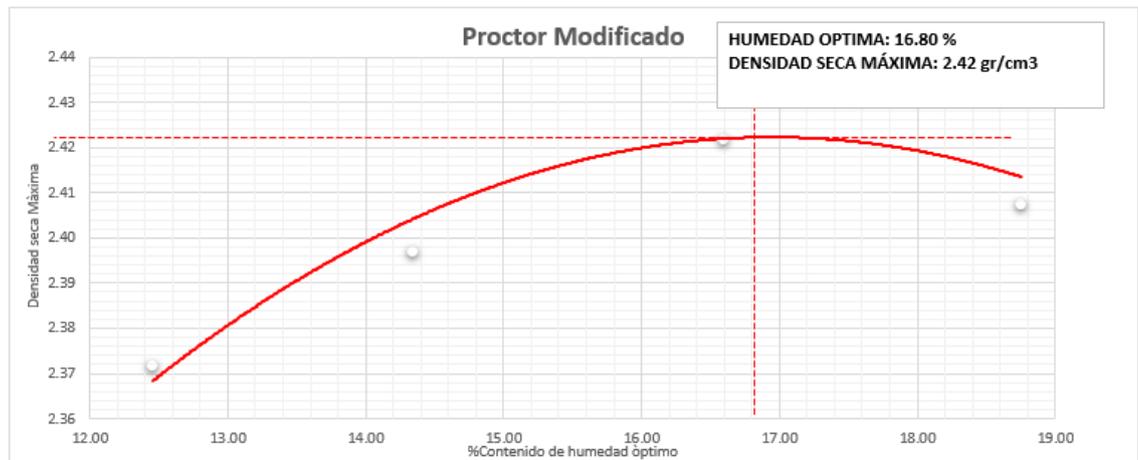
Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra 2% Polietileno

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3956.00		3956.00		3956.00		3956.00		3956.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6391.00		6458.00		6534.00		6566.00		6566.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2435.00		2502.00		2578.00		2610.00		2610.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.67		2.74		2.82		2.86		2.86	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.13	23.75	26.37	28.80	7.12	7.08	28.45	27.65	27.43	28.41
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	102.82	139.08	130.35	140.24	57.66	80.19	126.95	146.04	129.25	140.04
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	94.30	126.34	117.26	126.31	50.53	69.69	112.26	128.31	113.26	122.31
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.52	12.74	13.09	13.93	7.13	10.50	14.69	17.73	15.99	17.73
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	68.17	102.59	90.89	97.51	43.41	62.61	83.81	100.66	85.83	93.90
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100	%	12.50	12.42	14.40	14.29	16.42	16.77	17.53	17.61	18.63	18.88
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.46		14.34		16.60		17.57		18.76	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.37		2.40		2.42		2.43		2.41	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 40**

Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03, muestra 2% Polietileno



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 55**

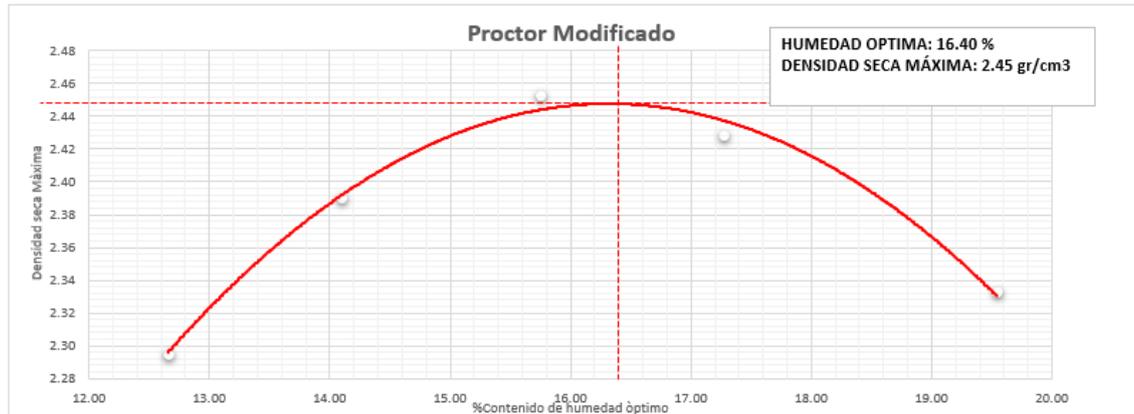
*Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra 4% Polietileno*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5					
A	Peso Molde	gr	3956.00	3956.00	3956.00	3956.00	3956.00					
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6316.00	6446.00	6548.00	6556.00	6502.00					
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2360.00	2490.00	2592.00	2600.00	2546.00					
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95	912.95	912.95	912.95	912.95					
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.59	2.73	2.84	2.85	2.79					
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b				
H	Peso Recipiente	gr	7.07	7.16	26.00	28.62	41.94	35.91	30.00	27.42	28.35	28.37
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	78.64	83.11	139.59	184.18	140.86	184.91	133.68	126.61	135.62	128.83
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	70.60	74.58	125.59	164.92	127.35	164.71	118.61	111.82	117.73	112.75
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.04	8.53	14.00	19.26	13.51	20.20	15.07	14.79	17.89	16.08
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	63.53	67.42	99.59	136.30	85.41	128.80	88.61	84.40	89.38	84.38
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	12.66	12.65	14.06	14.13	15.82	15.68	17.01	17.52	20.02	19.06
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.65	14.09	15.75	17.27	19.54					
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.29	2.39	2.45	2.43	2.33					

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 41**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03, muestra 4% Polietileno*



Fuente: Elaboración propia,2023

**Tabla 56**

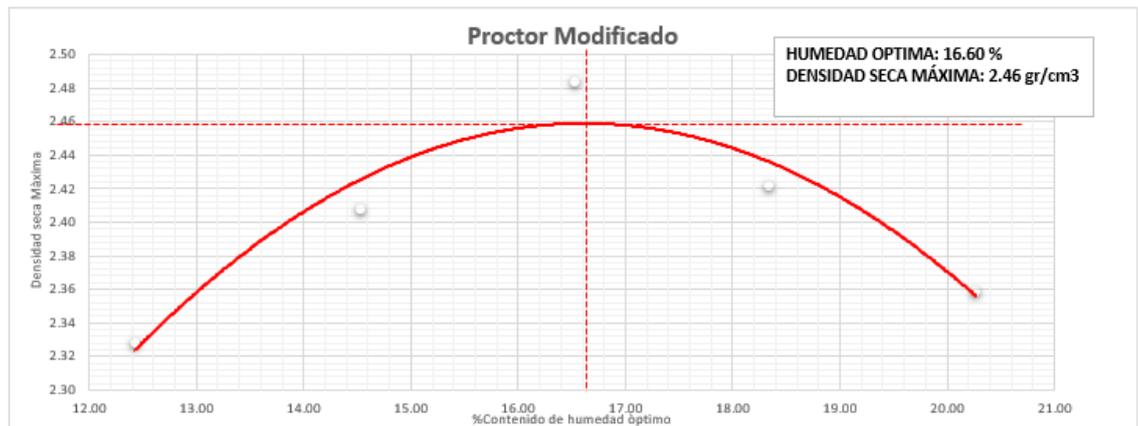
*Proctor modificado descripción completa calicata N°03, muestra 6% Polietileno*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3956.00		3956.00		3956.00		3956.00		3956.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6346.00		6474.00		6598.00		6572.00		6546.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2390.00		2518.00		2642.00		2616.00		2590.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.62		2.76		2.89		2.87		2.84	
G	Recipiente	N°	a		b		a		b		a	
H	Peso Recipiente	gr	7.07	7.16	26.00	28.62	41.94	35.91	28.62	27.45	28.71	27.52
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	78.64	82.81	140.09	184.68	141.20	186.41	142.56	128.75	142.86	130.75
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	70.60	74.58	125.59	164.92	127.35	164.71	124.74	113.21	123.74	113.25
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.04	8.23	14.50	19.76	13.85	21.70	17.82	15.54	19.12	17.50
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	63.53	67.42	99.59	136.30	85.41	128.80	96.12	85.76	95.03	85.73
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	12.66	12.21	14.56	14.50	16.22	16.85	18.54	18.12	20.12	20.41
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.43		14.53		16.53		18.33		20.27	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.33		2.41		2.48		2.42		2.36	

Fuente: Elaboración propia,2023

**Figura 42**

*Curva de densidad máxima seca vs contenido óptimo de humedad calicata N°03, muestra 6% Polietileno*



Fuente: Elaboración propia,2023

## 1.6. California Bearing Ratio

### Calicata 1

Tabla 57

Carga penetración Cbr patrón

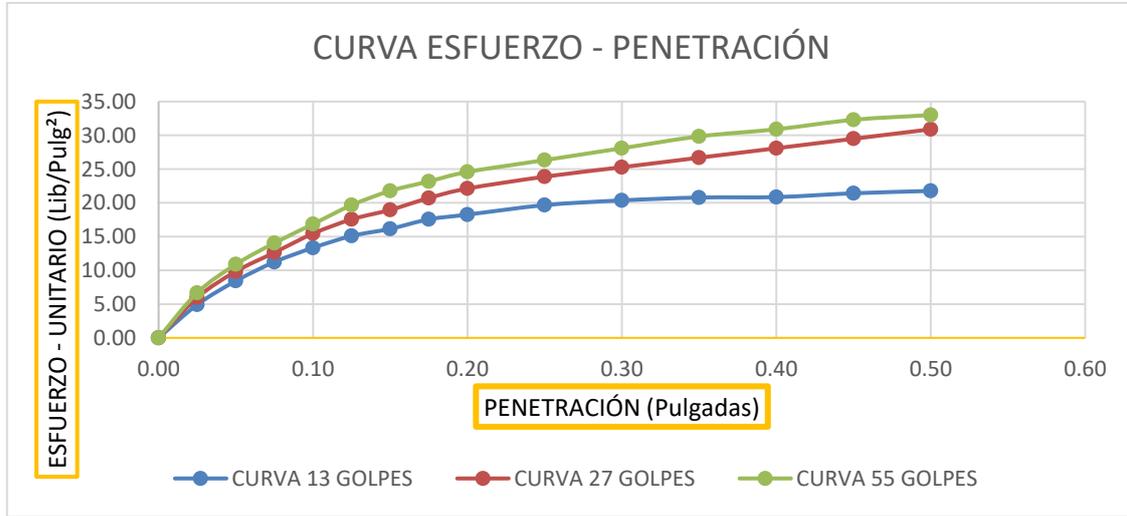
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7.0000	15.4324	8.5000	18.7393	9.5000	20.9439
12.0000	26.4555	14.0000	30.8647	15.5000	34.1717
16.0000	35.2740	18.0000	39.6832	20.0000	44.0925
19.0000	41.8878	22.0000	48.5017	24.0000	52.9109
21.5000	47.3994	25.0000	55.1156	28.0000	61.7294
23.0000	50.7063	27.0000	59.5248	31.0000	68.3433
25.0000	55.1156	29.5000	65.0364	33.0000	72.7525
26.0000	57.3202	31.5000	69.4456	35.0000	77.1618
28.0000	61.7294	34.0000	74.9572	37.5000	82.6733
29.0000	63.9341	36.0000	79.3664	40.0000	88.1849
29.6000	65.2568	38.0000	83.7757	42.5000	93.6965
29.7000	65.4773	40.0000	88.1849	44.0000	97.0034
30.5000	67.2410	42.0000	92.5942	46.0000	101.4126
31.0000	68.3433	44.0000	97.0034	47.0000	103.6173

CARGA-PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	19.05	0.94	4.91	23.13	1.14	5.97	25.85	1.28	6.67
1.27	0.05	32.66	1.61	8.43	38.10	1.88	9.83	42.18	2.08	10.88
1.91	0.08	43.54	2.15	11.23	48.99	2.42	12.64	54.43	2.69	14.04
2.54	0.10	51.71	2.55	13.34	59.87	2.95	15.45	65.32	3.22	16.85
3.18	0.13	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55	76.20	3.76	19.66
3.81	0.15	62.60	3.09	16.15	73.48	3.63	18.96	84.37	4.16	21.77
4.45	0.18	68.04	3.36	17.55	80.29	3.96	20.71	89.81	4.43	23.17
5.08	0.20	70.76	3.49	18.25	85.73	4.23	22.12	95.25	4.70	24.57
6.35	0.25	76.20	3.76	19.66	92.53	4.57	23.87	102.06	5.04	26.33
7.62	0.30	78.93	3.89	20.36	97.98	4.83	25.28	108.86	5.37	28.08
8.89	0.35	80.56	3.97	20.78	103.42	5.10	26.68	115.67	5.71	29.84
10.16	0.40	80.83	3.99	20.85	108.86	5.37	28.08	119.75	5.91	30.89
11.43	0.45	83.01	4.10	21.41	114.31	5.64	29.49	125.19	6.18	32.30
12.70	0.50	84.37	4.16	21.77	119.75	5.91	30.89	127.91	6.31	33.00

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 43**

*Esfuerzo vs penetración, muestra patrón*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl²)	13.3401	18.2548	15.4464	22.1164	16.8506	24.5738
Esf. Patron (Lb/pl²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.3340	1.2170	1.5446	1.4744	1.6851	1.6383

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.3340	1.2170	1.5446	1.4744	1.6851	1.6383
Ds (gr/cm³)	2.03	2.03	2.26	2.26	2.47	2.47

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm³)	CBR (%)	Ds (gr/cm³)
1.3340	2.03	1.2170	2.03
1.5446	2.26	1.4744	2.26
1.6851	2.47	1.6383	2.47

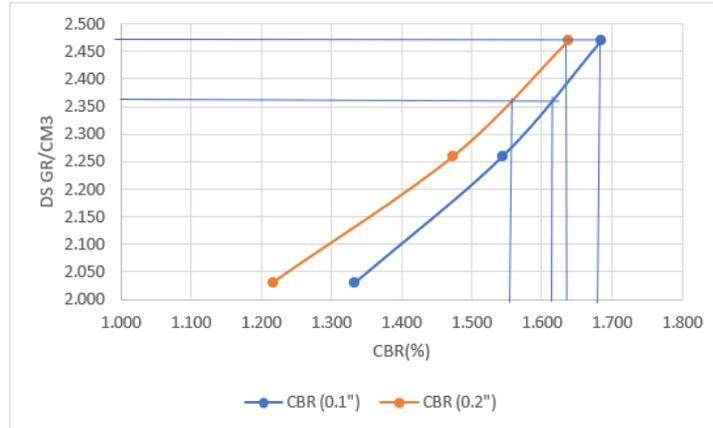
Ds máx	2.490
95% Ds max	2.3655

CBR (0.1")	2
CBR (0.2")	2

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 44**

Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra patrón



Nota: Elaboración propia, (2023).

### CBR CON 2% DE POLIETILENO

**Tabla 58** Carga penetración Cbr 2% Polietileno

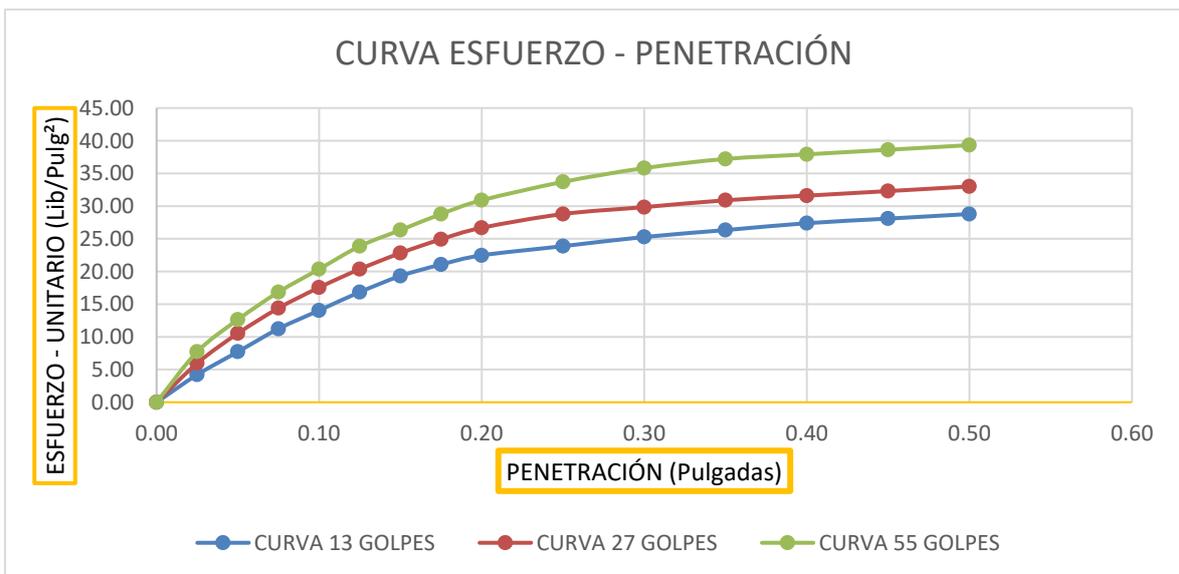
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6.0000	13.2277	8.5000	18.7393	11.0000	24.2508
11.0000	24.2508	15.0000	33.0693	18.0000	39.6832
16.0000	35.2740	20.5000	45.1948	24.0000	52.9109
20.0000	44.0925	25.0000	55.1156	29.0000	63.9341
24.0000	52.9109	29.0000	63.9341	34.0000	74.9572
27.5000	60.6271	32.5000	71.6502	37.5000	82.6733
30.0000	66.1387	35.5000	78.2641	41.0000	90.3895
32.0000	70.5479	38.0000	83.7757	44.0000	97.0034
34.0000	74.9572	41.0000	90.3895	48.0000	105.8219
36.0000	79.3664	42.5000	93.6965	51.0000	112.4358
37.5000	82.6733	44.0000	97.0034	53.0000	116.8450
39.0000	85.9803	45.0000	99.2080	54.0000	119.0496
40.0000	88.1849	46.0000	101.4126	55.0000	121.2542
41.0000	90.3895	47.0000	103.6173	56.0000	123.4589

PENETRACIÓN	CARGA-PENETRACIÓN									
	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga	Esfuerzo			Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	16.33	0.81	4.21	23.13	1.14	5.97	29.94	1.48	7.72
1.27	0.05	29.94	1.48	7.72	40.82	2.01	10.53	48.99	2.42	12.64
1.91	0.08	43.54	2.15	11.23	55.79	2.75	14.39	65.32	3.22	16.85
2.54	0.10	54.43	2.69	14.04	68.04	3.36	17.55	78.93	3.89	20.36
3.18	0.13	65.32	3.22	16.85	78.93	3.89	20.36	92.53	4.57	23.87
3.81	0.15	74.84	3.69	19.31	88.45	4.36	22.82	102.06	5.04	26.33
4.45	0.18	81.65	4.03	21.06	96.62	4.77	24.92	111.58	5.51	28.79
5.08	0.20	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68	119.75	5.91	30.89
6.35	0.25	92.53	4.57	23.87	111.58	5.51	28.79	130.63	6.45	33.70
7.62	0.30	97.98	4.83	25.28	115.67	5.71	29.84	138.80	6.85	35.81
8.89	0.35	102.06	5.04	26.33	119.75	5.91	30.89	144.24	7.12	37.21
10.16	0.40	106.14	5.24	27.38	122.47	6.04	31.59	146.96	7.25	37.91
11.43	0.45	108.86	5.37	28.08	125.19	6.18	32.30	149.69	7.39	38.62
12.70	0.50	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00	152.41	7.52	39.32

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 45**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 2% Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	14.0422	22.4675	17.5527	26.6801	20.3612	30.8928
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.4042	1.4978	1.7553	1.7787	2.0361	2.0595

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.4042	1.4978	1.7553	1.7787	2.0361	2.0595
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.14	2.14	2.27	2.27	2.43	2.43

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
1.4042	2.14	1.4978	2.14
1.7553	2.27	1.7787	2.27
2.0361	2.43	2.0595	2.43

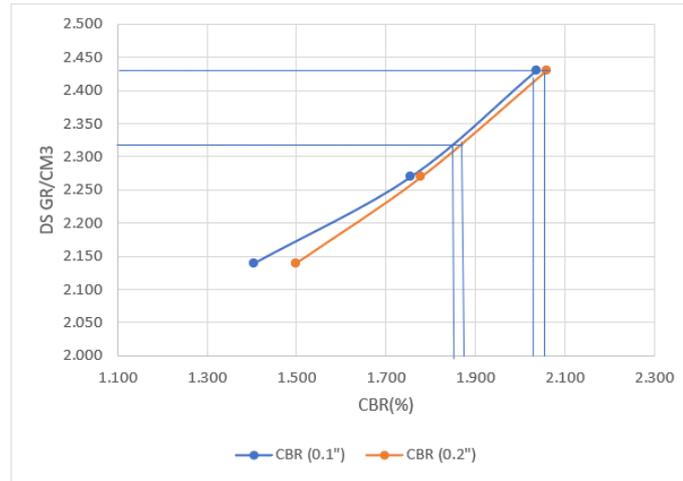
Ds máx	2.450
95% Ds max	2.3275

CBR (0.1")	2
CBR (0.2")	2

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 46**

Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 2% Polietileno



Nota: Elaboración propia, (2023).

### CBR CON 4% DE POLIETILENO

**Tabla 59**

Carga penetración Cbr 4% Polietileno

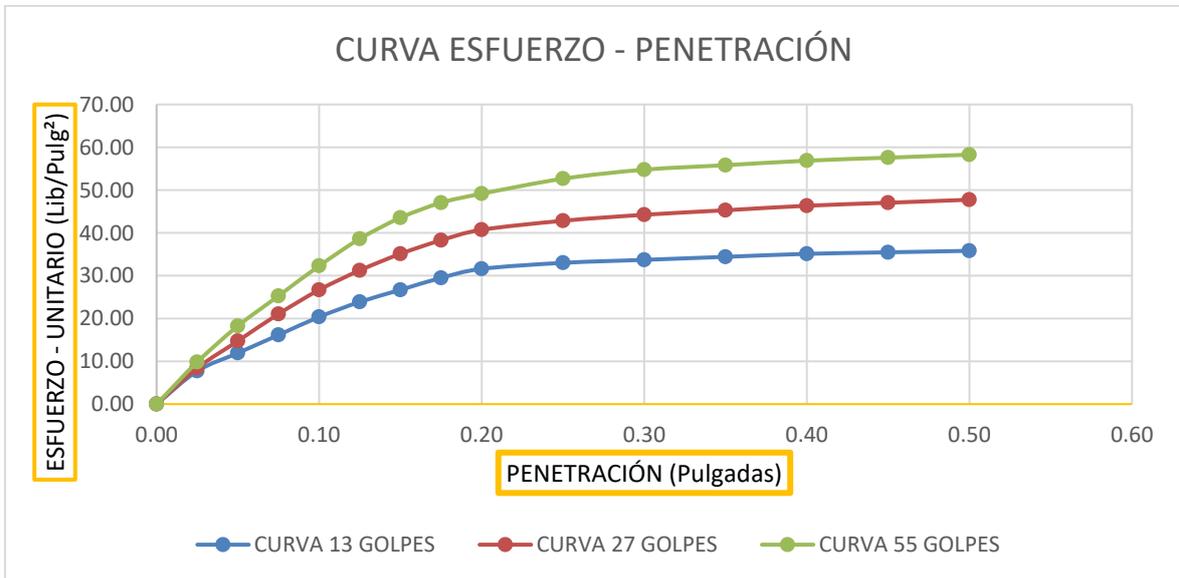
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11.0000	24.2508	12.0000	26.4555	14.0000	30.8647
17.0000	37.4786	21.0000	46.2971	26.0000	57.3202
23.0000	50.7063	30.0000	66.1387	36.0000	79.3664
29.0000	63.9341	38.0000	83.7757	46.0000	101.4126
34.0000	74.9572	44.5000	98.1057	55.0000	121.2542
38.0000	83.7757	50.0000	110.2311	62.0000	136.6866
42.0000	92.5942	54.5000	120.1519	67.0000	147.7097
45.0000	99.2080	58.0000	127.8681	70.0000	154.3236
47.0000	103.6173	61.0000	134.4820	75.0000	165.3467
48.0000	105.8219	63.0000	138.8912	78.0000	171.9606
49.0000	108.0265	64.5000	142.1982	79.5000	175.2675
50.0000	110.2311	66.0000	145.5051	81.0000	178.5744
50.5000	111.3334	67.0000	147.7097	82.0000	180.7791
51.0000	112.4358	68.0000	149.9143	83.0000	182.9837

CARGA-PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	29.94	1.48	7.72	32.66	1.61	8.43	38.10	1.88	9.83
1.27	0.05	46.27	2.28	11.94	57.15	2.82	14.74	70.76	3.49	18.25
1.91	0.08	62.60	3.09	16.15	81.65	4.03	21.06	97.98	4.83	25.28
2.54	0.10	78.93	3.89	20.36	103.42	5.10	26.68	125.19	6.18	32.30
3.18	0.13	92.53	4.57	23.87	121.11	5.98	31.24	149.69	7.39	38.62
3.81	0.15	103.42	5.10	26.68	136.08	6.71	35.11	168.74	8.33	43.53
4.45	0.18	114.31	5.64	29.49	148.32	7.32	38.26	182.34	9.00	47.04
5.08	0.20	122.47	6.04	31.59	157.85	7.79	40.72	190.51	9.40	49.15
6.35	0.25	127.91	6.31	33.00	166.01	8.19	42.83	204.12	10.07	52.66
7.62	0.30	130.63	6.45	33.70	171.46	8.46	44.23	212.28	10.47	54.76
8.89	0.35	133.36	6.58	34.40	175.54	8.66	45.29	216.36	10.68	55.82
10.16	0.40	136.08	6.71	35.11	179.62	8.86	46.34	220.45	10.88	56.87
11.43	0.45	137.44	6.78	35.46	182.34	9.00	47.04	223.17	11.01	57.57
12.70	0.50	138.80	6.85	35.81	185.07	9.13	47.74	225.89	11.15	58.28

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 47**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 4% Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	20.3612	31.5949	26.6801	40.7223	32.2970	49.1476
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	2.0361	2.1063	2.6680	2.7148	3.2297	3.2765

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	2.0361	2.1063	2.6680	2.7148	3.2297	3.2765
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.28	2.28	2.38	2.38	2.43	2.43

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
2.0361	2.28	2.1063	2.28
2.6680	2.38	2.7148	2.38
3.2297	2.43	3.2765	2.43

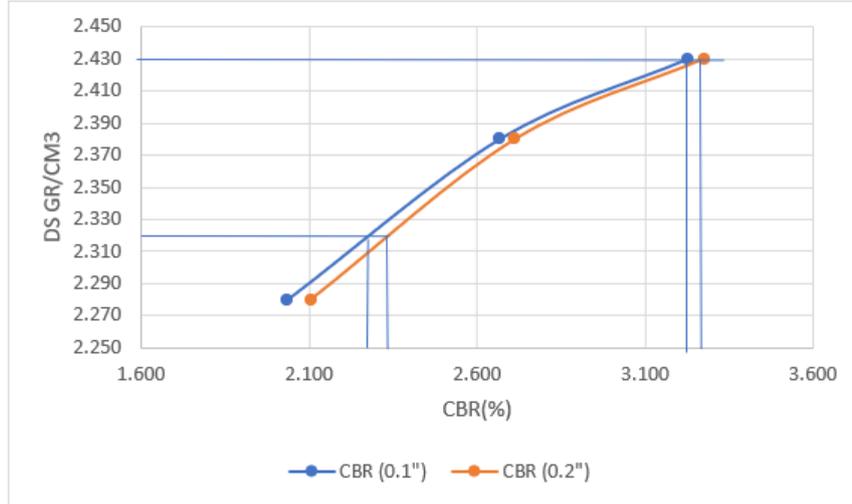
Ds máx	2.450
95% Ds max	2.3275

CBR (0.1")	3
CBR (0.2")	3

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 48**

*Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% Polietileno*



Nota: Elaboración propia, (2023).

### **CBR CON 6% DE POLIETILENO**

**Tabla 60**

*Carga penetración Cbr 6% Polietileno*

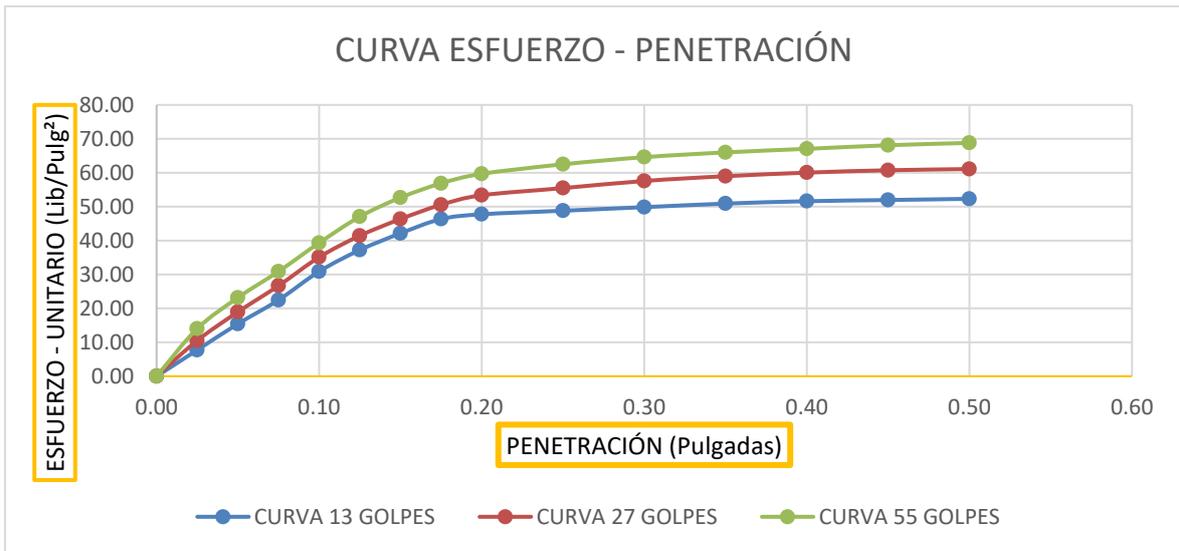
<b>CARGA PENETRACIÓN</b>					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11.0000	24.2508	15.0000	33.0693	20.0000	44.0925
22.0000	48.5017	27.0000	59.5248	33.0000	72.7525
32.0000	70.5479	38.0000	83.7757	44.0000	97.0034
44.0000	97.0034	50.0000	110.2311	56.0000	123.4589
53.0000	116.8450	59.0000	130.0727	67.0000	147.7097
60.0000	132.2774	66.0000	145.5051	75.0000	165.3467
66.0000	145.5051	72.0000	158.7328	81.0000	178.5744
68.0000	149.9143	76.0000	167.5513	85.0000	187.3929
69.5000	153.2213	79.0000	174.1652	89.0000	196.2114
71.0000	156.5282	82.0000	180.7791	92.0000	202.8253
72.5000	159.8351	84.0000	185.1883	94.0000	207.2345
73.5000	162.0398	85.5000	188.4952	95.5000	210.5415
74.0000	163.1421	86.5000	190.6999	97.0000	213.8484
74.5000	164.2444	87.0000	191.8022	98.0000	216.0530

CARGA-PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>		Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>		Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	29.94	1.48	7.72	40.82	2.01	10.53	54.43	2.69	14.04
1.27	0.05	59.87	2.95	15.45	73.48	3.63	18.96	89.81	4.43	23.17
1.91	0.08	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68	119.75	5.91	30.89
2.54	0.10	119.75	5.91	30.89	136.08	6.71	35.11	152.41	7.52	39.32
3.18	0.13	144.24	7.12	37.21	160.57	7.92	41.42	182.34	9.00	47.04
3.81	0.15	163.29	8.06	42.13	179.62	8.86	46.34	204.12	10.07	52.66
4.45	0.18	179.62	8.86	46.34	195.95	9.67	50.55	220.45	10.88	56.87
5.08	0.20	185.07	9.13	47.74	206.84	10.21	53.36	231.33	11.41	59.68
6.35	0.25	189.15	9.33	48.80	215.00	10.61	55.47	242.22	11.95	62.49
7.62	0.30	193.23	9.53	49.85	223.17	11.01	57.57	250.38	12.35	64.59
8.89	0.35	197.31	9.74	50.90	228.61	11.28	58.98	255.83	12.62	66.00
10.16	0.40	200.03	9.87	51.61	232.69	11.48	60.03	259.91	12.82	67.05
11.43	0.45	201.40	9.94	51.96	235.41	11.62	60.73	263.99	13.03	68.10
12.70	0.50	202.76	10.00	52.31	236.78	11.68	61.08	266.71	13.16	68.81

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 49**

Esfuerzo vs penetración, muestra 6% Polietileno



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	30.8928	47.7434	35.1055	53.3603	39.3181	59.6793
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	3.0893	3.1829	3.5105	3.5574	3.9318	3.9786

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	3.0893	3.1829	3.5105	3.5574	3.9318	3.9786
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.03	2.03	2.26	2.26	2.47	2.47

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
3.0893	2.03	3.1829	2.03
3.5105	2.26	3.5574	2.26
3.9318	2.47	3.9786	2.47

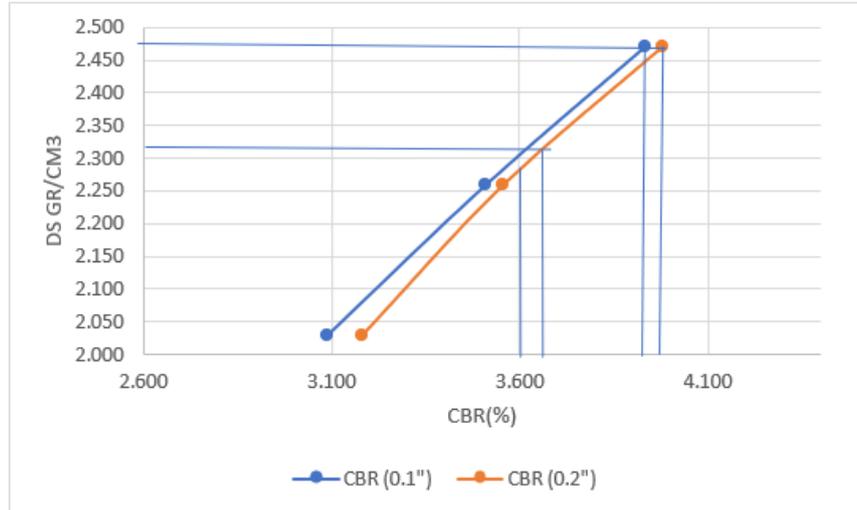
Ds máx	2.440
95% Ds max	2.318

CBR (0.1")	4
CBR (0.2")	4

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 50**

*Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% Polietileno*



Nota: Elaboración propia, (2023).

## Calicata 2

### CBR PATRON

**Tabla 61**

*Carga penetración Cbr patrón*

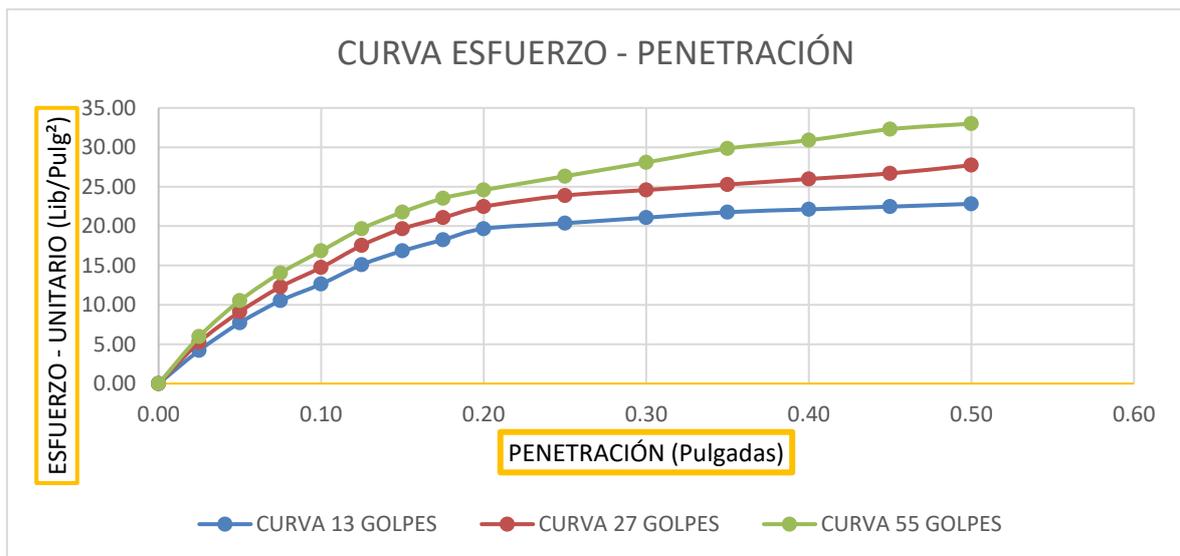
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6.0000	13.2277	7.5000	16.5347	8.5000	18.7393
11.0000	24.2508	13.0000	28.6601	15.0000	33.0693
15.0000	33.0693	17.5000	38.5809	20.0000	44.0925
18.0000	39.6832	21.0000	46.2971	24.0000	52.9109
21.5000	47.3994	25.0000	55.1156	28.0000	61.7294
24.0000	52.9109	28.0000	61.7294	31.0000	68.3433
26.0000	57.3202	30.0000	66.1387	33.5000	73.8549
28.0000	61.7294	32.0000	70.5479	35.0000	77.1618
29.0000	63.9341	34.0000	74.9572	37.5000	82.6733
30.0000	66.1387	35.0000	77.1618	40.0000	88.1849
31.0000	68.3433	36.0000	79.3664	42.5000	93.6965
31.5000	69.4456	37.0000	81.5710	44.0000	97.0034
32.0000	70.5479	38.0000	83.7757	46.0000	101.4126
32.5000	71.6502	39.5000	87.0826	47.0000	103.6173

CARGA-PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga	Esfuerzo			Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	16.33	0.81	4.21	20.41	1.01	5.27	23.13	1.14	5.97
1.27	0.05	29.94	1.48	7.72	35.38	1.75	9.13	40.82	2.01	10.53
1.91	0.08	40.82	2.01	10.53	47.63	2.35	12.29	54.43	2.69	14.04
2.54	0.10	48.99	2.42	12.64	57.15	2.82	14.74	65.32	3.22	16.85
3.18	0.13	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55	76.20	3.76	19.66
3.81	0.15	65.32	3.22	16.85	76.20	3.76	19.66	84.37	4.16	21.77
4.45	0.18	70.76	3.49	18.25	81.65	4.03	21.06	91.17	4.50	23.52
5.08	0.20	76.20	3.76	19.66	87.09	4.30	22.47	95.25	4.70	24.57
6.35	0.25	78.93	3.89	20.36	92.53	4.57	23.87	102.06	5.04	26.33
7.62	0.30	81.65	4.03	21.06	95.25	4.70	24.57	108.86	5.37	28.08
8.89	0.35	84.37	4.16	21.77	97.98	4.83	25.28	115.67	5.71	29.84
10.16	0.40	85.73	4.23	22.12	100.70	4.97	25.98	119.75	5.91	30.89
11.43	0.45	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68	125.19	6.18	32.30
12.70	0.50	88.45	4.36	22.82	107.50	5.30	27.73	127.91	6.31	33.00

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 51**

*Esfuerzo vs penetración, muestra patrón*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	12.6380	19.6591	14.7443	22.4675	16.8506	24.5738
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.2638	1.3106	1.4744	1.4978	1.6851	1.6383

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.2638	1.3106	1.4744	1.4978	1.6851	1.6383
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.05	2.05	2.15	2.15	2.27	2.27

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
1.2638	2.05	1.3106	2.05
1.4744	2.15	1.4978	2.15
1.6851	2.27	1.6383	2.27

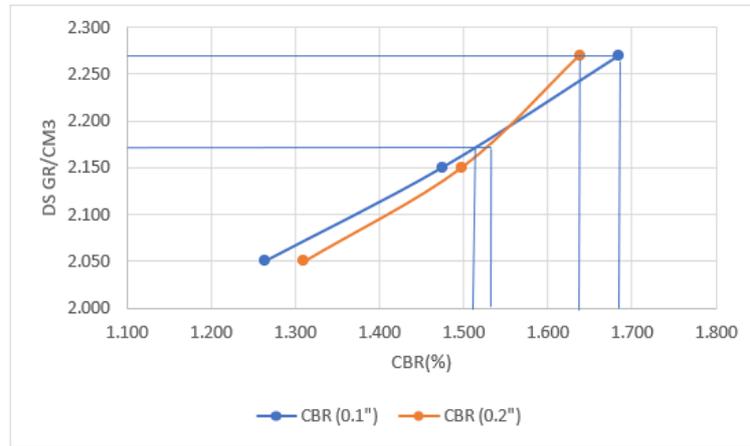
Ds máx	2.286
95% Ds max	2.1717

CBR (0.1")	2
CBR (0.2")	2

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 52**

*Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra patrón*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**CBR CON 2% DE POLIETILENO**

**Tabla 62**

*Carga penetración Cbr 2% polietileno*

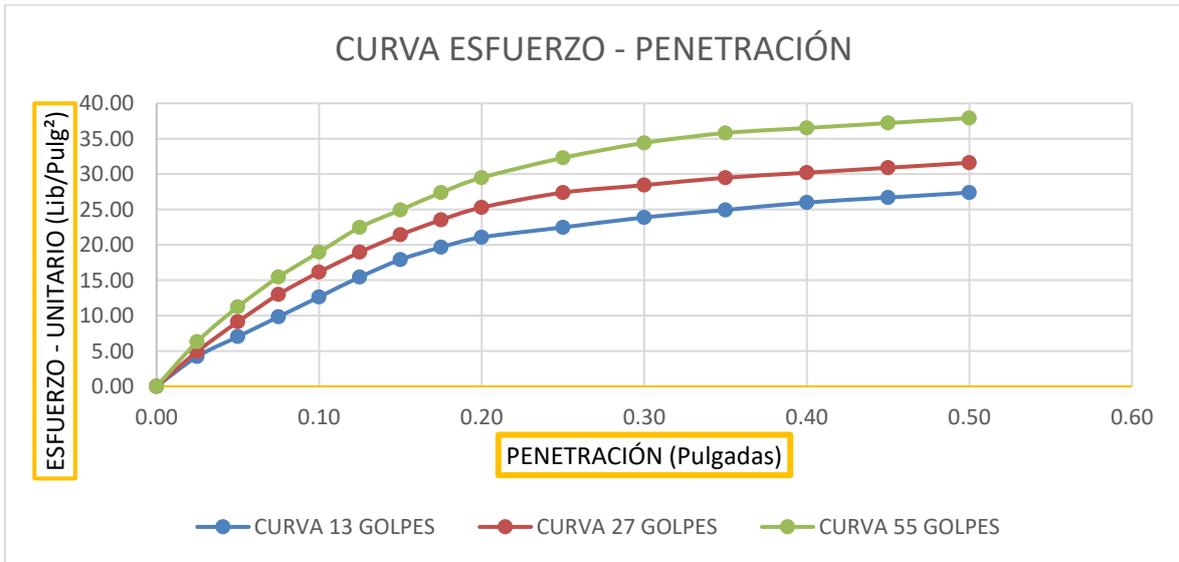
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6.0000	13.2277	7.0000	15.4324	9.0000	19.8416
10.0000	22.0462	13.0000	28.6601	16.0000	35.2740
14.0000	30.8647	18.5000	40.7855	22.0000	48.5017
18.0000	39.6832	23.0000	50.7063	27.0000	59.5248
22.0000	48.5017	27.0000	59.5248	32.0000	70.5479
25.5000	56.2179	30.5000	67.2410	35.5000	78.2641
28.0000	61.7294	33.5000	73.8549	39.0000	85.9803
30.0000	66.1387	36.0000	79.3664	42.0000	92.5942
32.0000	70.5479	39.0000	85.9803	46.0000	101.4126
34.0000	74.9572	40.5000	89.2872	49.0000	108.0265
35.5000	78.2641	42.0000	92.5942	51.0000	112.4358
37.0000	81.5710	43.0000	94.7988	52.0000	114.6404
38.0000	83.7757	44.0000	97.0034	53.0000	116.8450
39.0000	85.9803	45.0000	99.2080	54.0000	119.0496

PENETRACIÓN		CARGA-PENETRACIÓN											
		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03					
		Carga		Esfuerzo		Carga		Esfuerzo		Carga		Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	16.33	0.81	4.21	19.05	0.94	4.91	24.49	1.21	6.32			
1.27	0.05	27.22	1.34	7.02	35.38	1.75	9.13	43.54	2.15	11.23			
1.91	0.08	38.10	1.88	9.83	50.35	2.48	12.99	59.87	2.95	15.45			
2.54	0.10	48.99	2.42	12.64	62.60	3.09	16.15	73.48	3.63	18.96			
3.18	0.13	59.87	2.95	15.45	73.48	3.63	18.96	87.09	4.30	22.47			
3.81	0.15	69.40	3.42	17.90	83.01	4.10	21.41	96.62	4.77	24.92			
4.45	0.18	76.20	3.76	19.66	91.17	4.50	23.52	106.14	5.24	27.38			
5.08	0.20	81.65	4.03	21.06	97.98	4.83	25.28	114.31	5.64	29.49			
6.35	0.25	87.09	4.30	22.47	106.14	5.24	27.38	125.19	6.18	32.30			
7.62	0.30	92.53	4.57	23.87	110.22	5.44	28.44	133.36	6.58	34.40			
8.89	0.35	96.62	4.77	24.92	114.31	5.64	29.49	138.80	6.85	35.81			
10.16	0.40	100.70	4.97	25.98	117.03	5.77	30.19	141.52	6.98	36.51			
11.43	0.45	103.42	5.10	26.68	119.75	5.91	30.89	144.24	7.12	37.21			
12.70	0.50	106.14	5.24	27.38	122.47	6.04	31.59	146.96	7.25	37.91			

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 53**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 2% Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	12.6380	21.0633	16.1485	25.2759	18.9569	29.4886
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.2638	1.4042	1.6149	1.6851	1.8957	1.9659

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.2638	1.4042	1.6149	1.6851	1.8957	1.9659
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.03	2.03	2.26	2.26	2.37	2.37

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
1.2638	2.03	1.4042	2.03
1.6149	2.26	1.6851	2.26
1.8957	2.37	1.9659	2.37

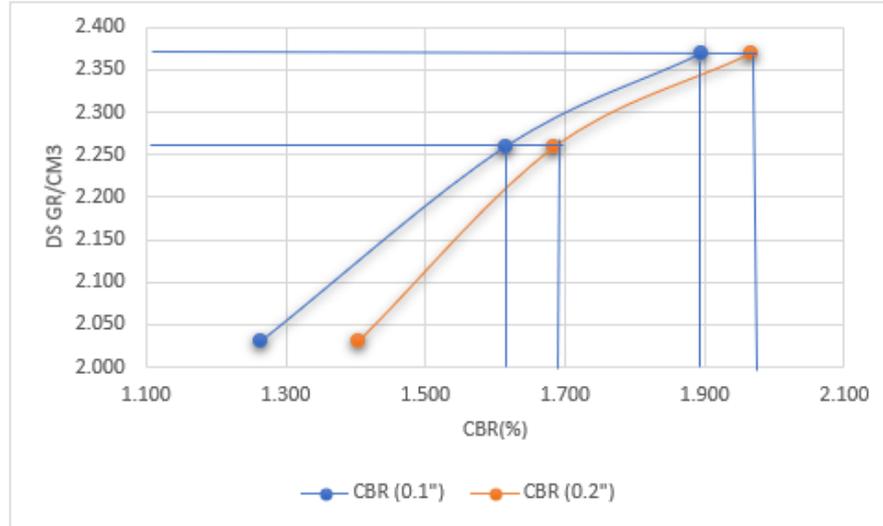
Ds máx	2.380
95% Ds max	2.261

CBR (0.1")	2
CBR (0.2")	2

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 54**

*Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 2% Polietileno*



Nota: Elaboración propia, (2023).

### **CBR CON 4% DE POLIETILENO**

**Tabla 63**

*Carga penetración Cbr 4% polietileno*

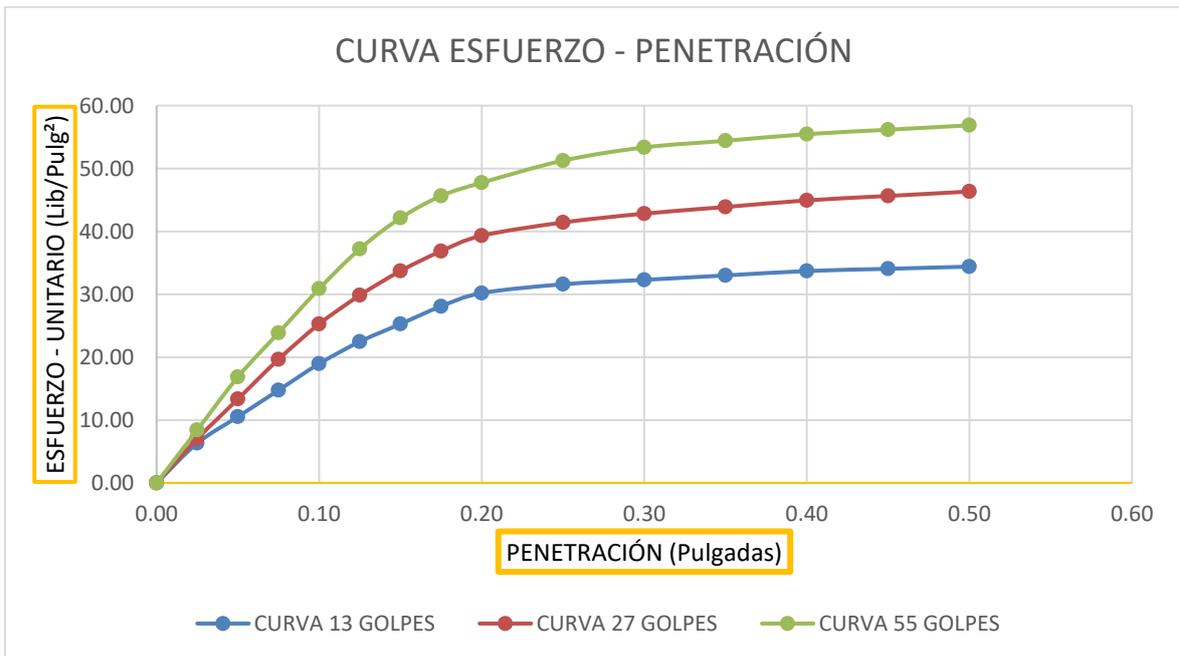
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9.0000	19.8416	10.0000	22.0462	12.0000	26.4555
15.0000	33.0693	19.0000	41.8878	24.0000	52.9109
21.0000	46.2971	28.0000	61.7294	34.0000	74.9572
27.0000	59.5248	36.0000	79.3664	44.0000	97.0034
32.0000	70.5479	42.5000	93.6965	53.0000	116.8450
36.0000	79.3664	48.0000	105.8219	60.0000	132.2774
40.0000	88.1849	52.5000	115.7427	65.0000	143.3005
43.0000	94.7988	56.0000	123.4589	68.0000	149.9143
45.0000	99.2080	59.0000	130.0727	73.0000	160.9375
46.0000	101.4126	61.0000	134.4820	76.0000	167.5513
47.0000	103.6173	62.5000	137.7889	77.5000	170.8583
48.0000	105.8219	64.0000	141.0958	79.0000	174.1652
48.5000	106.9242	65.0000	143.3005	80.0000	176.3698
49.0000	108.0265	66.0000	145.5051	81.0000	178.5744

PENETRACIÓN		CARGA-PENETRACIÓN								
		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	24.49	1.21	6.32	27.22	1.34	7.02	32.66	1.61	8.43
1.27	0.05	40.82	2.01	10.53	51.71	2.55	13.34	65.32	3.22	16.85
1.91	0.08	57.15	2.82	14.74	76.20	3.76	19.66	92.53	4.57	23.87
2.54	0.10	73.48	3.63	18.96	97.98	4.83	25.28	119.75	5.91	30.89
3.18	0.13	87.09	4.30	22.47	115.67	5.71	29.84	144.24	7.12	37.21
3.81	0.15	97.98	4.83	25.28	130.63	6.45	33.70	163.29	8.06	42.13
4.45	0.18	108.86	5.37	28.08	142.88	7.05	36.86	176.90	8.73	45.64
5.08	0.20	117.03	5.77	30.19	152.41	7.52	39.32	185.07	9.13	47.74
6.35	0.25	122.47	6.04	31.59	160.57	7.92	41.42	198.67	9.80	51.25
7.62	0.30	125.19	6.18	32.30	166.01	8.19	42.83	206.84	10.21	53.36
8.89	0.35	127.91	6.31	33.00	170.10	8.39	43.88	210.92	10.41	54.41
10.16	0.40	130.63	6.45	33.70	174.18	8.59	44.93	215.00	10.61	55.47
11.43	0.45	132.00	6.51	34.05	176.90	8.73	45.64	217.72	10.74	56.17
12.70	0.50	133.36	6.58	34.40	179.62	8.86	46.34	220.45	10.88	56.87

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 55**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 4% Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	18.9569	30.1907	25.2759	39.3181	30.8928	47.7434
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.8957	2.0127	2.5276	2.6212	3.0893	3.1829

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.8957	2.0127	2.5276	2.6212	3.0893	3.1829
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.31	2.31	2.41	2.41	2.45	2.45

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
1.8957	2.31	2.0127	2.31
2.5276	2.41	2.6212	2.41
3.0893	2.45	3.1829	2.45

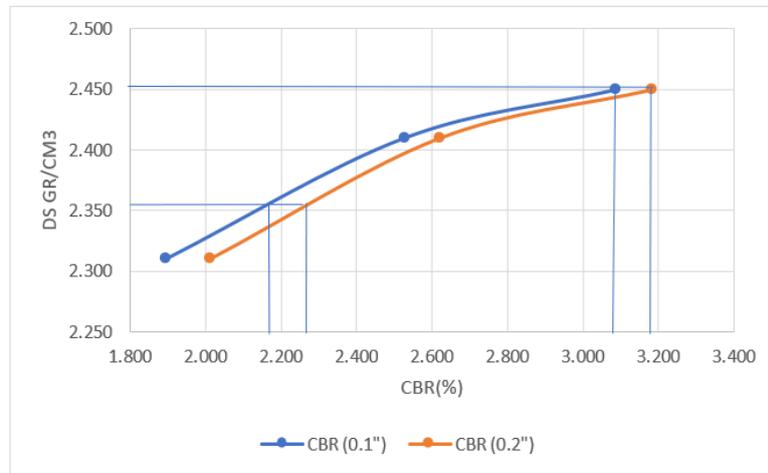
Ds máx	2.480
95% Ds max	2.356

CBR (0.1")	3
CBR (0.2")	3

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 56**

*Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% Polietileno*



**CBR CON 6% DE POLIETILENO**

**Tabla 64**

*Carga penetración Cbr 6% polietileno*

CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8.0000	17.6370	12.0000	26.4555	17.0000	37.4786
19.0000	41.8878	24.0000	52.9109	30.0000	66.1387
29.0000	63.9341	35.0000	77.1618	41.0000	90.3895
41.0000	90.3895	47.0000	103.6173	53.0000	116.8450
50.0000	110.2311	56.0000	123.4589	64.0000	141.0958
57.0000	125.6635	63.0000	138.8912	72.0000	158.7328
63.0000	138.8912	69.0000	152.1190	78.0000	171.9606
65.0000	143.3005	73.0000	160.9375	82.0000	180.7791
66.5000	146.6074	76.0000	167.5513	86.0000	189.5975
68.0000	149.9143	79.0000	174.1652	89.0000	196.2114
69.5000	153.2213	81.0000	178.5744	91.0000	200.6207
70.5000	155.4259	82.5000	181.8814	92.5000	203.9276
71.0000	156.5282	83.5000	184.0860	94.0000	207.2345
71.5000	157.6305	84.0000	185.1883	95.0000	209.4391

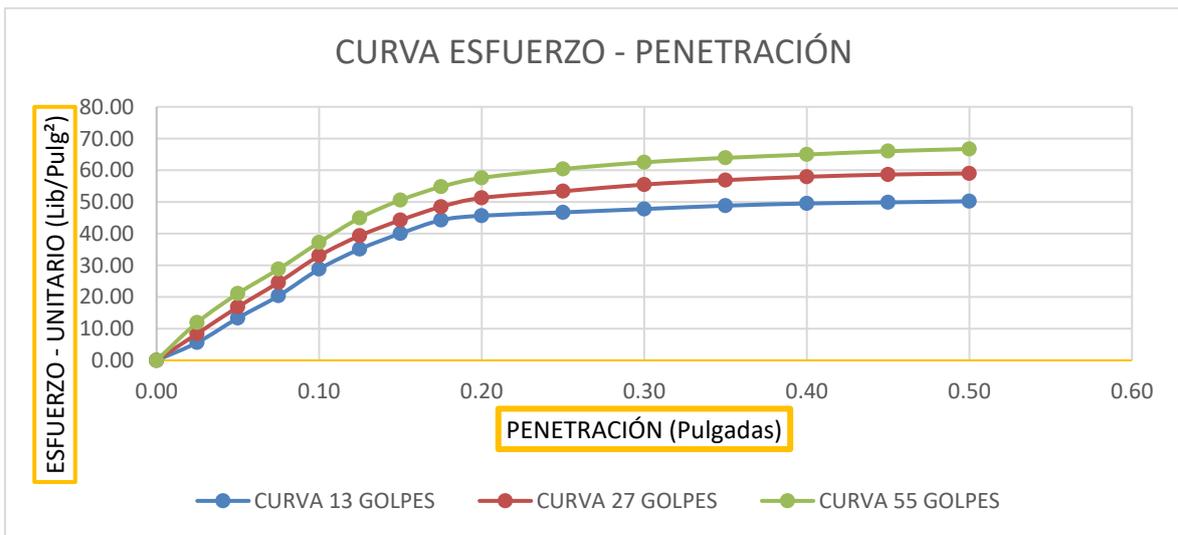
Nota: Elaboración propia, (2023).

PENETRACIÓN	CARGA-PENETRACIÓN									
	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
	Pulg	Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	
mm	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	21.77	1.07	5.62	32.66	1.61	8.43	46.27	2.28	11.94
1.27	0.05	51.71	2.55	13.34	65.32	3.22	16.85	81.65	4.03	21.06
1.91	0.08	78.93	3.89	20.36	95.25	4.70	24.57	111.58	5.51	28.79
2.54	0.10	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00	144.24	7.12	37.21
3.18	0.13	136.08	6.71	35.11	152.41	7.52	39.32	174.18	8.59	44.93
3.81	0.15	155.13	7.65	40.02	171.46	8.46	44.23	195.95	9.67	50.55
4.45	0.18	171.46	8.46	44.23	187.79	9.27	48.45	212.28	10.47	54.76
5.08	0.20	176.90	8.73	45.64	198.67	9.80	51.25	223.17	11.01	57.57
6.35	0.25	180.98	8.93	46.69	206.84	10.21	53.36	234.05	11.55	60.38
7.62	0.30	185.07	9.13	47.74	215.00	10.61	55.47	242.22	11.95	62.49
8.89	0.35	189.15	9.33	48.80	220.45	10.88	56.87	247.66	12.22	63.89
10.16	0.40	191.87	9.47	49.50	224.53	11.08	57.92	251.74	12.42	64.95
11.43	0.45	193.23	9.53	49.85	227.25	11.21	58.63	255.83	12.62	66.00
12.70	0.50	194.59	9.60	50.20	228.61	11.28	58.98	258.55	12.76	66.70

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 57**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 6% Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	28.7865	45.6371	32.9991	51.2540	37.2118	57.5729
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	2.8786	3.0425	3.2999	3.4169	3.7212	3.8382

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	2.8786	3.0425	3.2999	3.4169	3.7212	3.8382
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.24	2.24	2.35	2.35	2.47	2.47

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
2.8786	2.24	3.0425	2.24
3.2999	2.35	3.4169	2.35
3.7212	2.47	3.8382	2.47

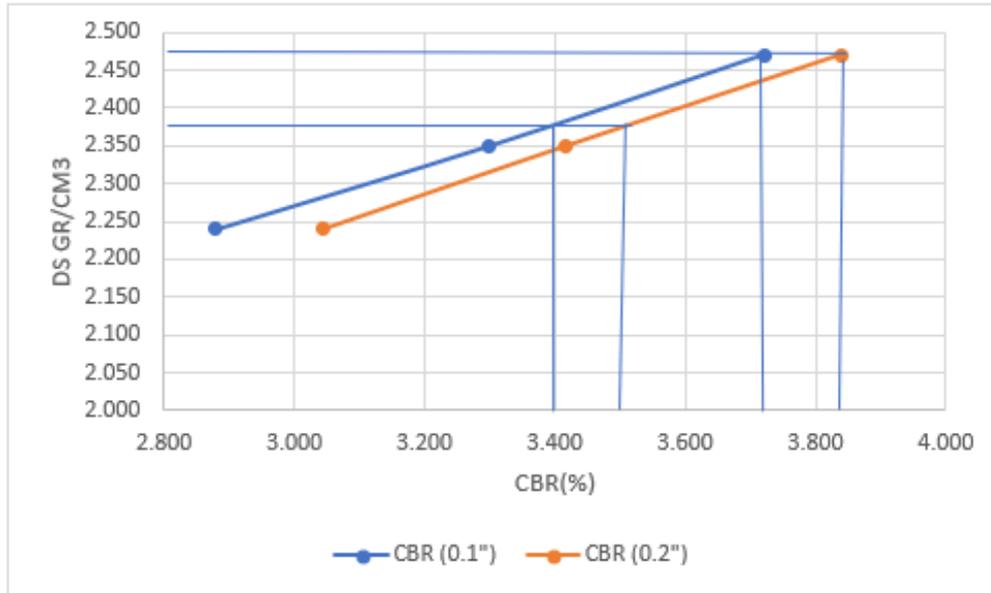
Ds máx	2.500
95% Ds max	2.375

CBR (0.1")	4
CBR (0.2")	4

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 58**

*Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 6% Polietileno*



**Calicata 3**

Nota: Elaboración propia, (2023).

### CBR PATRON

**Tabla 65**

*Carga penetración Cbr patrón*

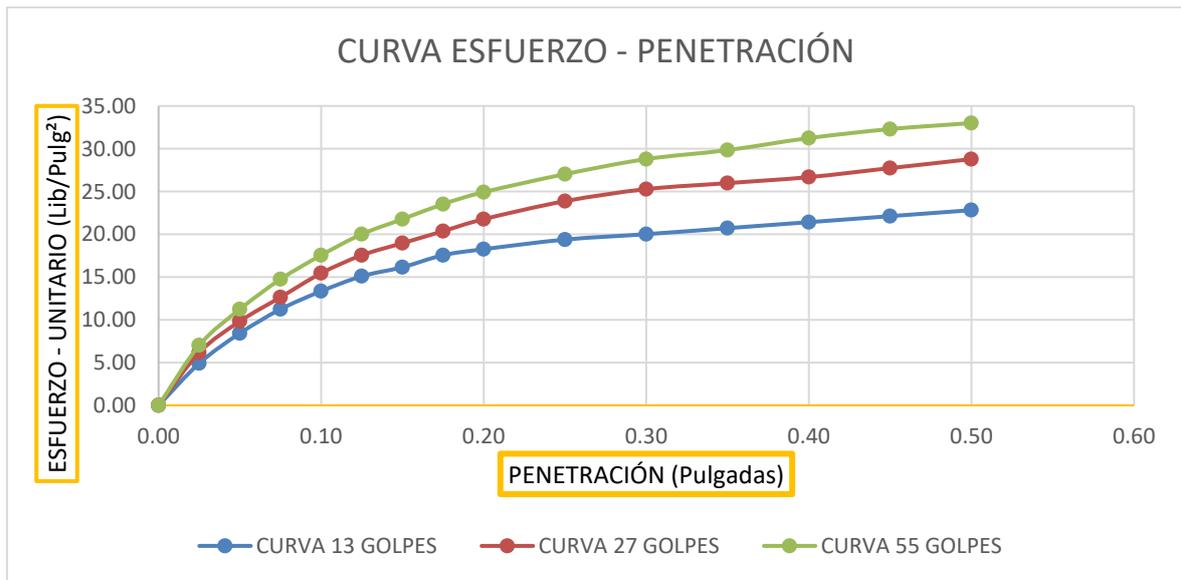
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7.0000	15.4324	8.8000	19.4007	10.0000	22.0462
12.0000	26.4555	14.0000	30.8647	16.0000	35.2740
16.0000	35.2740	18.0000	39.6832	21.0000	46.2971
19.0000	41.8878	22.0000	48.5017	25.0000	55.1156
21.5000	47.3994	25.0000	55.1156	28.5000	62.8317
23.0000	50.7063	27.0000	59.5248	31.0000	68.3433
25.0000	55.1156	29.0000	63.9341	33.5000	73.8549
26.0000	57.3202	31.0000	68.3433	35.5000	78.2641
27.6000	60.8476	34.0000	74.9572	38.5000	84.8780
28.5000	62.8317	36.0000	79.3664	41.0000	90.3895
29.5000	65.0364	37.0000	81.5710	42.5000	93.6965
30.5000	67.2410	38.0000	83.7757	44.5000	98.1057
31.5000	69.4456	39.5000	87.0826	46.0000	101.4126
32.5000	71.6502	41.0000	90.3895	47.0000	103.6173

CARGA-PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	19.05	0.94	4.91	23.95	1.18	6.18	27.22	1.34	7.02
1.27	0.05	32.66	1.61	8.43	38.10	1.88	9.83	43.54	2.15	11.23
1.91	0.08	43.54	2.15	11.23	48.99	2.42	12.64	57.15	2.82	14.74
2.54	0.10	51.71	2.55	13.34	59.87	2.95	15.45	68.04	3.36	17.55
3.18	0.13	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55	77.56	3.83	20.01
3.81	0.15	62.60	3.09	16.15	73.48	3.63	18.96	84.37	4.16	21.77
4.45	0.18	68.04	3.36	17.55	78.93	3.89	20.36	91.17	4.50	23.52
5.08	0.20	70.76	3.49	18.25	84.37	4.16	21.77	96.62	4.77	24.92
6.35	0.25	75.11	3.71	19.38	92.53	4.57	23.87	104.78	5.17	27.03
7.62	0.30	77.56	3.83	20.01	97.98	4.83	25.28	111.58	5.51	28.79
8.89	0.35	80.29	3.96	20.71	100.70	4.97	25.98	115.67	5.71	29.84
10.16	0.40	83.01	4.10	21.41	103.42	5.10	26.68	121.11	5.98	31.24
11.43	0.45	85.73	4.23	22.12	107.50	5.30	27.73	125.19	6.18	32.30
12.70	0.50	88.45	4.36	22.82	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 59**

*Esfuerzo vs penetración, muestra patrón*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	13.3401	18.2548	15.4464	21.7654	17.5527	24.9249
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.3340	1.2170	1.5446	1.4510	1.7553	1.6617

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.3340	1.2170	1.5446	1.4510	1.7553	1.6617
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.21	2.21	2.32	2.32	2.43	2.43

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
1.3340	2.21	1.2170	2.21
1.5446	2.32	1.4510	2.32
1.7553	2.43	1.6617	2.43

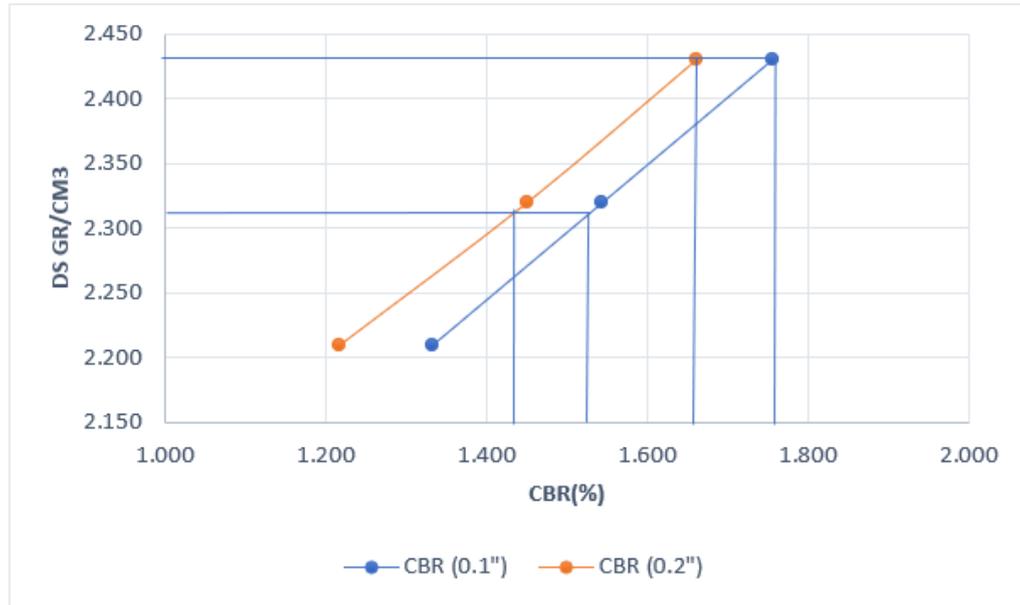
Ds máx	2.440
95% Ds max	2.318

CBR (0.1")	2
CBR (0.2")	2

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 60**

Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra patrón



Nota: Elaboración propia, (2023).

**CBR CON 2% DE POLIETILENO**

**Tabla 66**

Carga penetración Cbr 2% de Polietileno

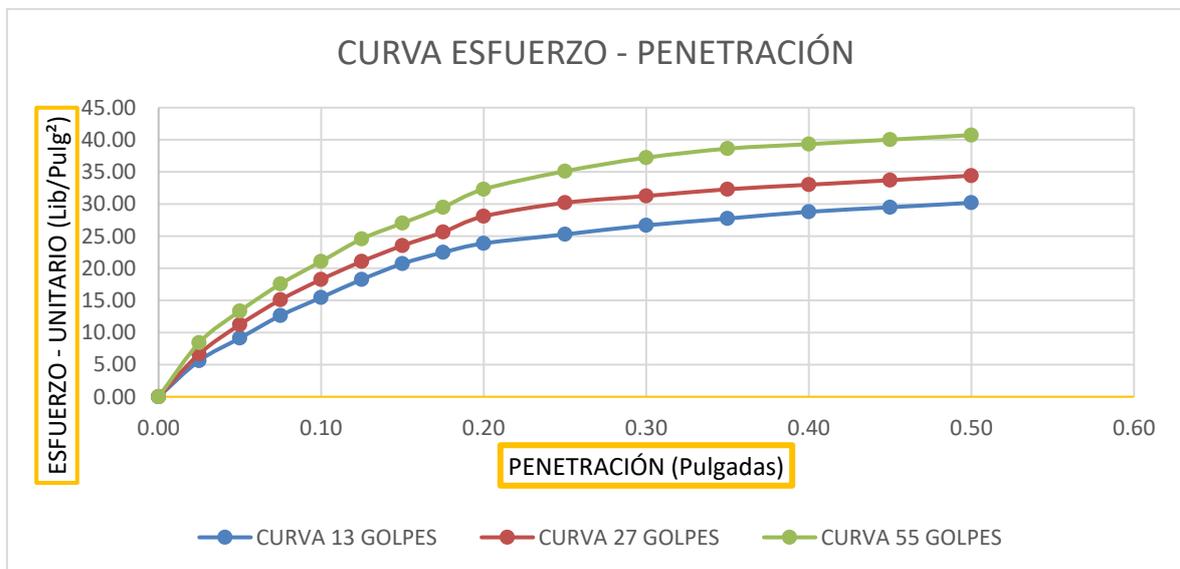
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8.0000	17.6370	9.5000	20.9439	12.0000	26.4555
13.0000	28.6601	16.0000	35.2740	19.0000	41.8878
18.0000	39.6832	21.5000	47.3994	25.0000	55.1156
22.0000	48.5017	26.0000	57.3202	30.0000	66.1387
26.0000	57.3202	30.0000	66.1387	35.0000	77.1618
29.5000	65.0364	33.5000	73.8549	38.5000	84.8780
32.0000	70.5479	36.5000	80.4687	42.0000	92.5942
34.0000	74.9572	40.0000	88.1849	46.0000	101.4126
36.0000	79.3664	43.0000	94.7988	50.0000	110.2311
38.0000	83.7757	44.5000	98.1057	53.0000	116.8450
39.5000	87.0826	46.0000	101.4126	55.0000	121.2542
41.0000	90.3895	47.0000	103.6173	56.0000	123.4589
42.0000	92.5942	48.0000	105.8219	57.0000	125.6635
43.0000	94.7988	49.0000	108.0265	58.0000	127.8681

CARGA-PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	21.77	1.07	5.62	25.85	1.28	6.67	32.66	1.61	8.43
1.27	0.05	35.38	1.75	9.13	43.54	2.15	11.23	51.71	2.55	13.34
1.91	0.08	48.99	2.42	12.64	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55
2.54	0.10	59.87	2.95	15.45	70.76	3.49	18.25	81.65	4.03	21.06
3.18	0.13	70.76	3.49	18.25	81.65	4.03	21.06	95.25	4.70	24.57
3.81	0.15	80.29	3.96	20.71	91.17	4.50	23.52	104.78	5.17	27.03
4.45	0.18	87.09	4.30	22.47	99.34	4.90	25.63	114.31	5.64	29.49
5.08	0.20	92.53	4.57	23.87	108.86	5.37	28.08	125.19	6.18	32.30
6.35	0.25	97.98	4.83	25.28	117.03	5.77	30.19	136.08	6.71	35.11
7.62	0.30	103.42	5.10	26.68	121.11	5.98	31.24	144.24	7.12	37.21
8.89	0.35	107.50	5.30	27.73	125.19	6.18	32.30	149.69	7.39	38.62
10.16	0.40	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00	152.41	7.52	39.32
11.43	0.45	114.31	5.64	29.49	130.63	6.45	33.70	155.13	7.65	40.02
12.70	0.50	117.03	5.77	30.19	133.36	6.58	34.40	157.85	7.79	40.72

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 61**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 2% de Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf.						
Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	15.4464	23.8717	18.2548	28.0844	21.0633	32.2970
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.5446	1.5914	1.8255	1.8723	2.1063	2.1531

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.5446	1.5914	1.8255	1.8723	2.1063	2.1531
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.18	2.18	2.27	2.27	2.40	2.40

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
1.5446	2.18	1.5914	2.18
1.8255	2.27	1.8723	2.27
2.1063	2.40	2.1531	2.40

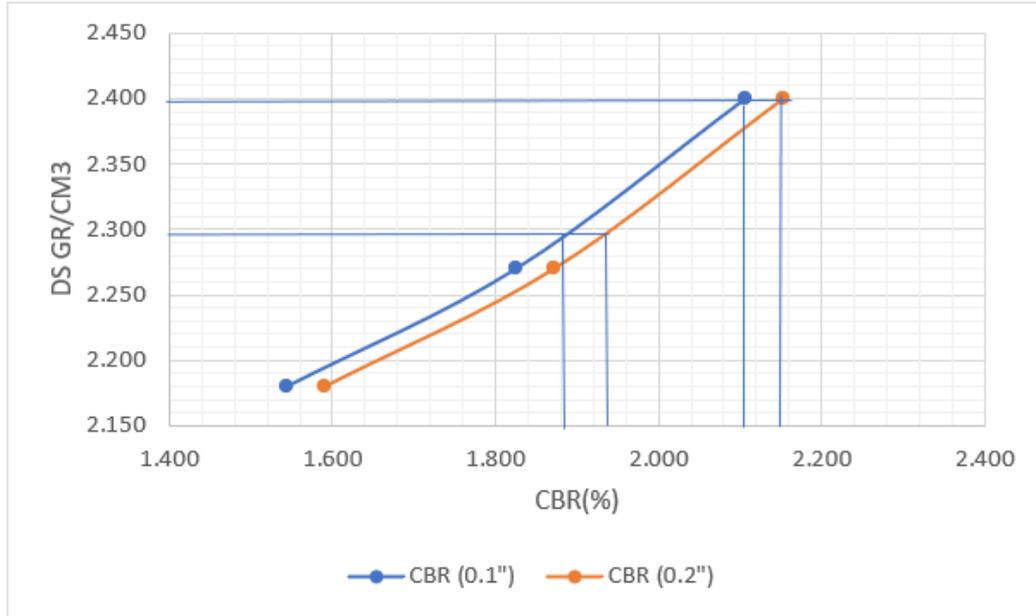
Ds máx	2.420
95% Ds max	2.299

CBR (0.1")	2
CBR (0.2")	2

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 62**

Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 2% de Polietileno



Nota: Elaboración propia, (2023).

**CBR CON 4% DE POLIETILENO**

**Tabla 67**

Carga penetración Cbr 4% de Polietileno

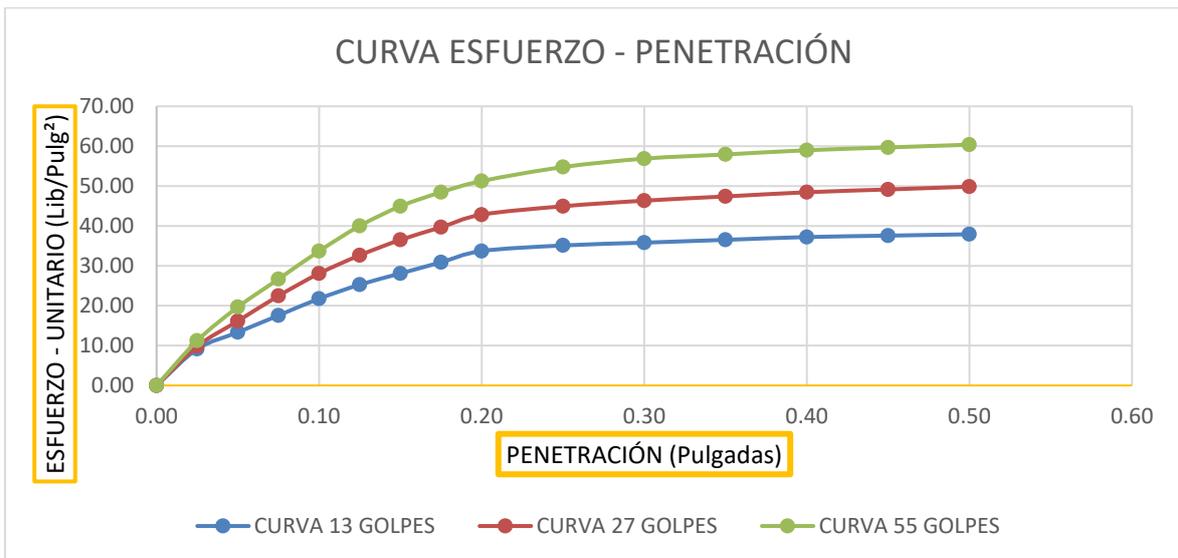
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13.0000	28.6601	14.0000	30.8647	16.0000	35.2740
19.0000	41.8878	23.0000	50.7063	28.0000	61.7294
25.0000	55.1156	32.0000	70.5479	38.0000	83.7757
31.0000	68.3433	40.0000	88.1849	48.0000	105.8219
36.0000	79.3664	46.5000	102.5150	57.0000	125.6635
40.0000	88.1849	52.0000	114.6404	64.0000	141.0958
44.0000	97.0034	56.5000	124.5612	69.0000	152.1190
48.0000	105.8219	61.0000	134.4820	73.0000	160.9375
50.0000	110.2311	64.0000	141.0958	78.0000	171.9606
51.0000	112.4358	66.0000	145.5051	81.0000	178.5744
52.0000	114.6404	67.5000	148.8120	82.5000	181.8814
53.0000	116.8450	69.0000	152.1190	84.0000	185.1883
53.5000	117.9473	70.0000	154.3236	85.0000	187.3929
54.0000	119.0496	71.0000	156.5282	86.0000	189.5975

CARGA-PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga kg	Esfuerzo		Carga kg	Esfuerzo		Carga kg	Esfuerzo	
			kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	35.38	1.75	9.13	38.10	1.88	9.83	43.54	2.15	11.23
1.27	0.05	51.71	2.55	13.34	62.60	3.09	16.15	76.20	3.76	19.66
1.91	0.08	68.04	3.36	17.55	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68
2.54	0.10	84.37	4.16	21.77	108.86	5.37	28.08	130.63	6.45	33.70
3.18	0.13	97.98	4.83	25.28	126.55	6.24	32.65	155.13	7.65	40.02
3.81	0.15	108.86	5.37	28.08	141.52	6.98	36.51	174.18	8.59	44.93
4.45	0.18	119.75	5.91	30.89	153.77	7.59	39.67	187.79	9.27	48.45
5.08	0.20	130.63	6.45	33.70	166.01	8.19	42.83	198.67	9.80	51.25
6.35	0.25	136.08	6.71	35.11	174.18	8.59	44.93	212.28	10.47	54.76
7.62	0.30	138.80	6.85	35.81	179.62	8.86	46.34	220.45	10.88	56.87
8.89	0.35	141.52	6.98	36.51	183.70	9.06	47.39	224.53	11.08	57.92
10.16	0.40	144.24	7.12	37.21	187.79	9.27	48.45	228.61	11.28	58.98
11.43	0.45	145.60	7.18	37.56	190.51	9.40	49.15	231.33	11.41	59.68
12.70	0.50	146.96	7.25	37.91	193.23	9.53	49.85	234.05	11.55	60.38

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 63**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 4% de Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf.						
Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	21.7654	33.7012	28.0844	42.8287	33.7012	51.2540
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	2.1765	2.2467	2.8084	2.8552	3.3701	3.4169

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	2.1765	2.2467	2.8084	2.8552	3.3701	3.4169
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.26	2.26	2.38	2.38	2.44	2.44

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
2.1765	2.26	2.2467	2.26
2.8084	2.38	2.8552	2.38
3.3701	2.44	3.4169	2.44

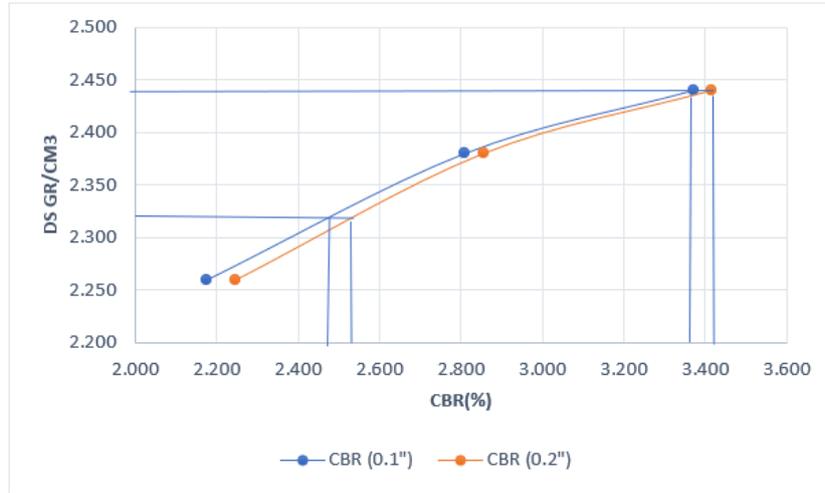
Ds máx	2.450
95% Ds max	2.3275

CBR (0.1")	3
CBR (0.2")	3

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 64**

Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 4% de Polietileno



Nota: Elaboración propia, (2023).

### CBR CON 6% DE POLIETILENO

**Tabla 68**

Carga penetración Cbr 6% de Polietileno

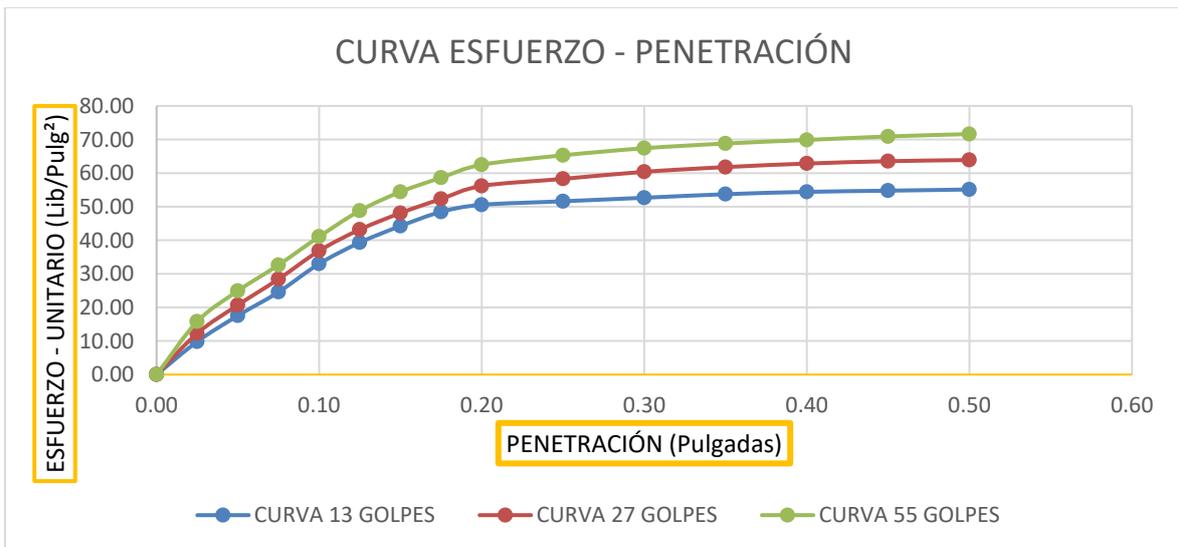
CARGA PENETRACIÓN					
kg	lb	kg	lb	kg	lb
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14.0000	30.8647	17.5000	38.5809	22.5000	49.6040
25.0000	55.1156	29.5000	65.0364	35.5000	78.2641
35.0000	77.1618	40.5000	89.2872	46.5000	102.5150
47.0000	103.6173	52.5000	115.7427	58.5000	128.9704
56.0000	123.4589	61.5000	135.5843	69.5000	153.2213
63.0000	138.8912	68.5000	151.0166	77.5000	170.8583
69.0000	152.1190	74.5000	164.2444	83.5000	184.0860
72.0000	158.7328	80.0000	176.3698	89.0000	196.2114
73.5000	162.0398	83.0000	182.9837	93.0000	205.0299
75.0000	165.3467	86.0000	189.5975	96.0000	211.6438
76.5000	168.6536	88.0000	194.0068	98.0000	216.0530
77.5000	170.8583	89.5000	197.3137	99.5000	219.3600
78.0000	171.9606	90.5000	199.5183	101.0000	222.6669
78.5000	173.0629	91.0000	200.6207	102.0000	224.8715

PENETRACIÓN		CARGA-PENETRACIÓN								
		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	38.10	1.88	9.83	47.63	2.35	12.29	61.23	3.02	15.80
1.27	0.05	68.04	3.36	17.55	80.29	3.96	20.71	96.62	4.77	24.92
1.91	0.08	95.25	4.70	24.57	110.22	5.44	28.44	126.55	6.24	32.65
2.54	0.10	127.91	6.31	33.00	142.88	7.05	36.86	159.21	7.86	41.07
3.18	0.13	152.41	7.52	39.32	167.38	8.26	43.18	189.15	9.33	48.80
3.81	0.15	171.46	8.46	44.23	186.43	9.20	48.09	210.92	10.41	54.41
4.45	0.18	187.79	9.27	48.45	202.76	10.00	52.31	227.25	11.21	58.63
5.08	0.20	195.95	9.67	50.55	217.72	10.74	56.17	242.22	11.95	62.49
6.35	0.25	200.03	9.87	51.61	225.89	11.15	58.28	253.10	12.49	65.30
7.62	0.30	204.12	10.07	52.66	234.05	11.55	60.38	261.27	12.89	67.40
8.89	0.35	208.20	10.27	53.71	239.50	11.82	61.79	266.71	13.16	68.81
10.16	0.40	210.92	10.41	54.41	243.58	12.02	62.84	270.79	13.36	69.86
11.43	0.45	212.28	10.47	54.76	246.30	12.15	63.54	274.88	13.56	70.91
12.70	0.50	213.64	10.54	55.12	247.66	12.22	63.89	277.60	13.70	71.62

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 65**

*Esfuerzo vs penetración, muestra 6% de Polietileno*



ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACION						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl <sup>2</sup> )	32.9991	50.5519	36.8607	56.1687	41.0734	62.4877
Esf. Patron (Lb/pl <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	3.2999	3.3701	3.6861	3.7446	4.1073	4.1658

% CBR y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetracion (	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	3.2999	3.3701	3.6861	3.7446	4.1073	4.1658
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.25	2.33	2.33	2.44	2.44

CUADRO RESUMEN			
CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Ds (gr/cm <sup>3</sup> )
3.2999	2.25	3.3701	2.25
3.6861	2.33	3.7446	2.33
4.1073	2.44	4.1658	2.44

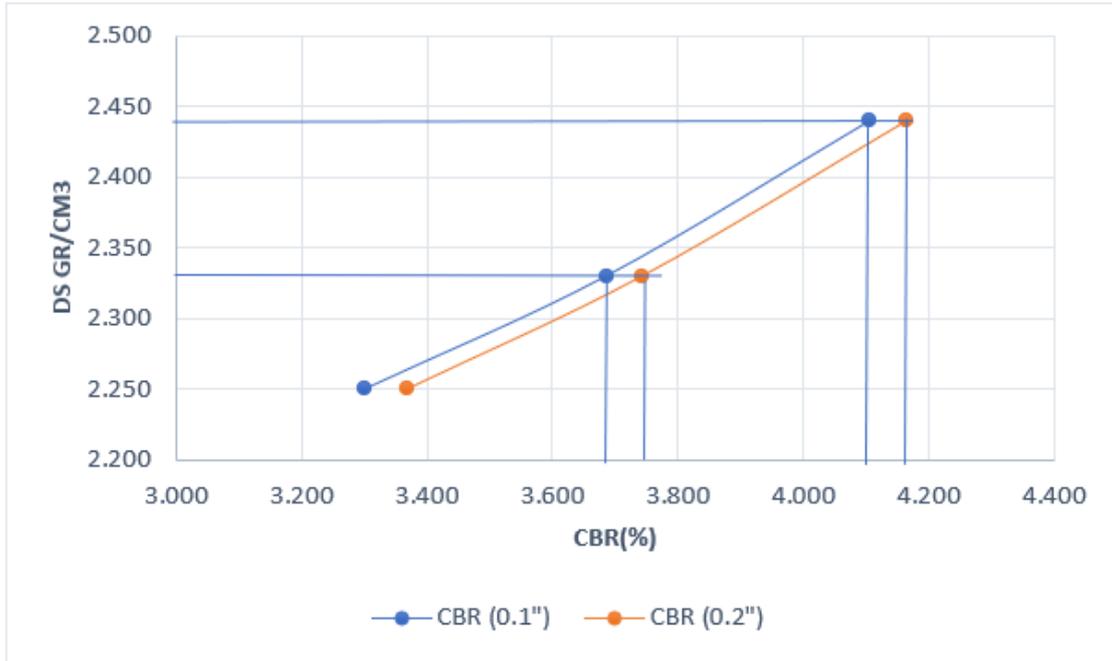
Ds máx	2.460
95% Ds max	2.337

CBR (0.1")	4
CBR (0.2")	4

Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 66**

Gráfico de Densidad vs Cbr% para 0.1" y 0.2", muestra 6% de Polietileno



Nota: Elaboración propia, (2023).

Anexo N°1 Protocolos de ensayos

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
		ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD			
		NORMA: MTC É 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			
		TESIS: *UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022*			
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON	
FECHA DE MUESTREO:	2/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	3/11/2022		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

<u>Temperatura de Secado</u> 60 °C / 110 °C / Ambiente	<u>Método</u> Horno 110 ± 5 °C
---	-----------------------------------

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		P1	P2	P3
B	Peso del Recipiente	gr	39.20	89.10	77.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	129.20	179.50	167.10
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	92.67	143.93	132.26
E	Peso del Agua (Ww) C - B	gr	90.00	90.40	89.80
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	53.47	54.83	54.96
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	68.32	64.87	63.39
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	65.53		

$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$
  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD			
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			
TESIS:	*UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022*				
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON	
FECHA DE MUESTREO:	2/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	3/11/2022		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

Temperatura de Secado  
60 °C / 110 °C / Ambiente

Método  
Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		P1	P2	P3
B	Peso del Recipiente	gr	87.40	88.30	94.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	177.20	178.50	184.10
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	143.14	143.47	150.48
E	Peso del Agua (Ww) C - B	gr	89.80	90.20	89.80
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	55.74	55.17	56.18
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	61.11	63.49	59.84
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	61.48		

$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROCOLO				
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD			
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"				
CALICATA:	C-3	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON	
FECHA DE MUESTREO:	2/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	3/11/2022		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

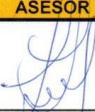
Temperatura de Secado  
60 °C / 110 °C / Ambiente

Método  
Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		P1	P2	P3
B	Peso del Recipiente	gr	83.20	88.40	87.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	173.20	178.40	177.30
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	125.40	132.60	125.50
E	Peso del Agua (Ww) C - B	gr	90.00	90.00	90.00
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	42.20	44.20	38.20
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	113.27	103.62	135.60
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	117.50		

$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

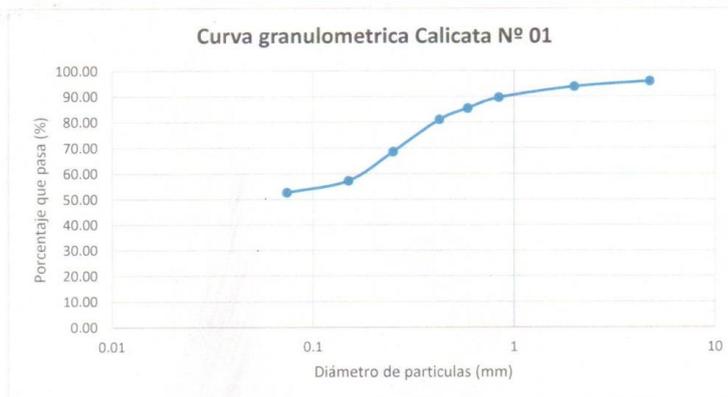
OBSERVACIONES:

RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
<b>PROTOCOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>		ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			
<b>NORMA:</b>		MTC E 107/ ASTM D421			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>ESTRATO:</b>	1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	TIERRA
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA BARBARA		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	MOSTAZA/ MARRON	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2/11/2022		<b>RESPONSABLE:</b>	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	31/01/2023		<b>REVISADO POR:</b>	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

Peso de muestra seca; Ws	500	gr
--------------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	%RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.75	19.76	3.95	3.95	96.05
N°10	2.00	10.87	2.17	6.13	93.87
N°20	0.84	21.08	4.22	10.34	89.66
N°30	0.59	20.76	4.15	14.49	85.51
N°40	0.42	22.16	4.43	18.93	81.07
N°60	0.25	62.18	12.44	31.36	68.64
N°100	0.15	56.63	11.33	42.69	57.31
N°200	0.07	22.98	4.60	47.28	52.72
<b>Perdida</b>	Lavado	323.76	64.75	112.04	-
<b>Total</b>		560.18	112.04		



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
<b>PROTOCOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>		ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			
<b>NORMA:</b>		MTC E 107 / ASTM S421			
<b>TESIS:</b>		*UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022*			
<b>CALICATA:</b>	C-2	<b>ESTRATO:</b>	1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	TIERRA
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA BARBARA			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	MOSTAZA/ MARRON
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2/11/2022		<b>RESPONSABLE:</b>	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	31/01/2023		<b>REVISADO POR:</b>	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

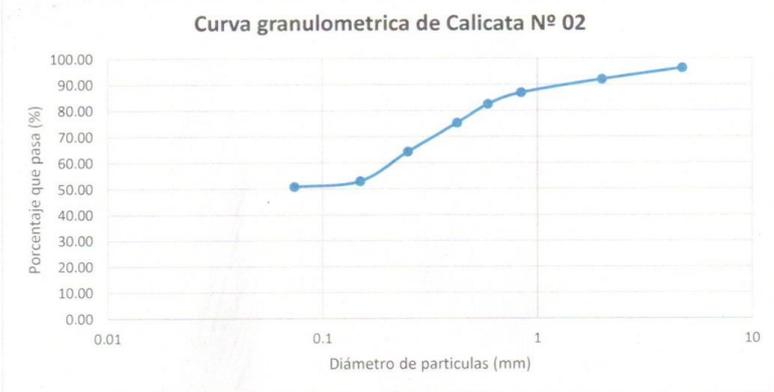
<b>Peso de muestra seca; Ws</b>	500	gr
---------------------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	%RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.76	18.43	3.69	3.69	96.31
N°10	2.00	21.65	4.33	8.02	91.98
N°20	0.84	25.54	5.11	13.12	86.88
N°30	0.59	21.76	4.35	17.48	82.52
N°40	0.42	36.12	7.22	24.70	75.30
N°60	0.25	54.87	10.97	35.67	64.33
N°100	0.15	56.44	11.29	46.96	53.04
N°200	0.07	10.76	2.15	49.11	50.89
<b>Perdida</b>	Lavado	357.68	71.54	120.65	-
<b>Total</b>		603.25	120.65		

**Curva granulometrica de Calicata N° 02**

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>ASISTENTE DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
<b>PROTOCOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>		ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			
<b>NORMA:</b>		MTC E 107/ ASTM D421			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
<b>CALICATA:</b>	C-3	<b>ESTRATO:</b>	1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	TIERRA
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA BARBARA			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	MOSTAZA/ MARRON
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2/11/2022		<b>RESPONSABLE:</b>	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	31/01/2023		<b>REVISADO POR:</b>	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

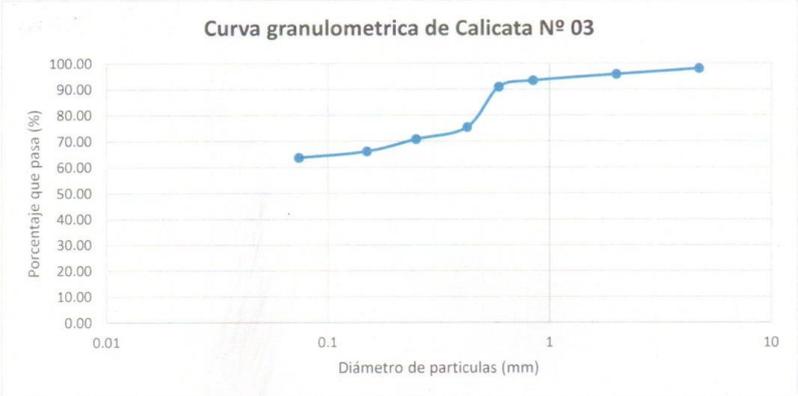
<b>Peso de muestra seca; Ws</b>	500	gr
---------------------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	%RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.76	9.87	1.97	1.97	98.03
N°10	2.00	11.23	2.25	4.22	95.78
N°20	0.84	11.78	2.36	6.58	93.42
N°30	0.59	12.32	2.46	9.04	90.96
N°40	0.42	77.90	15.58	24.62	75.38
N°60	0.25	22.76	4.55	29.17	70.83
N°100	0.15	23.65	4.73	33.90	66.10
N°200	0.07	11.65	2.33	36.23	63.77
<b>Perdida</b>	Lavado	431.89	86.38	122.61	-
<b>Total</b>		613.05	122.61		

**Curva granulometrica de Calicata N° 03**



OBSERVACIONES:		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>ASISTENTE DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023	FECHA: 03/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SÓLIDOS				
	NORMA:	MTC E 113/ ASTM D854 / NTP 339.131				
	TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"				
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA	
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON		
FECHA DE MUESTREO:	2/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO		
FECHA DE ENSAYO:	31/02/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ		

PESO ESPECIFICO DE MATERIAL FINO					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		M1	M2	M3
B	PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	90	90	90
C	PESO DE FIOLA + AGUA (500ml)	cm3	673.2	678.45	683.59
D	PESO DE FIOLA + AGUA (500 ml)+ SUELO	cm3	731.25	729.7	715.34
E	PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.82	2.32	1.55
F	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.23		

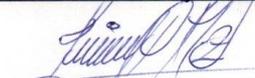
$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 04/03/2023	FECHA: 04/03/2023	FECHA: 04/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>		PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SÓLIDOS			
<b>NORMA:</b>		MTC E 113/ ASTM D854 / NTP 339.131			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
<b>CALICATA:</b>	C-2	<b>ESTRATO:</b>	1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	TIERRA
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA BARBARA		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	MOSTAZA/ MARRON	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2/11/2022		<b>RESPONSABLE:</b>	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	31/02/2023		<b>REVISADO POR:</b>	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

PESO ESPECIFICO DE MATERIAL FINO					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		M1	M2	M3
B	PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	90	90	90
C	PESO DE FIOLA + AGUA (500ml)	cm3	687.64	665.98	671.83
D	PESO DE FIOLA + AGUA (500 ml)+ SUELO	cm3	743.2	712.8	732.4
E	PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.61	2.08	3.06
F	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.59		

$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JÓRGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 04/03/2023	FECHA: 04/03/2023	FECHA: 04/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>		PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SÓLIDOS			
<b>NORMA:</b>		MTC E 113/ ASTM D854 / NTP 339.131			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
<b>CALICATA:</b>	C-3	<b>ESTRATO:</b>	1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	TIERRA
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA BARBARA		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	MOSTAZA/ MARRON	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2/11/2022		<b>RESPONSABLE:</b>	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	31/02/2023		<b>REVISADO POR:</b>	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

PESO ESPECIFICO DE MATERIAL FINO					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		M1	M2	M3
B	PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	90	90	90
C	PESO DE FIOLA + AGUA (500ml)	cm3	665.64	678.98	683.83
D	PESO DE FIOLA + AGUA (500 ml)+ SUELO	cm3	732.26	708.8	726.4
E	PESO ESPECIFICO	gr/cm3	3.85	1.50	1.90
F	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO	gr/cm3	2.41		

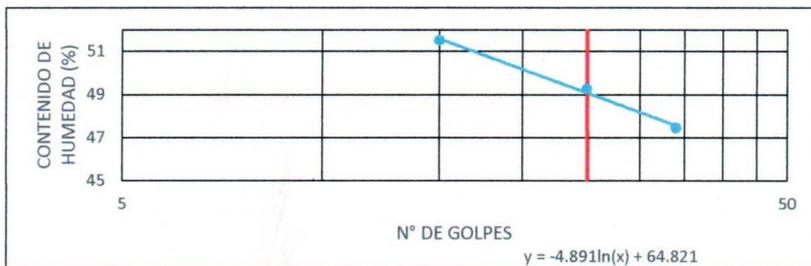
$$(W\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 04/03/2023	FECHA: 04/03/2023	FECHA: 04/03/2023

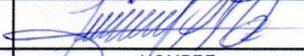
	<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>				
	<b>PROTOCOLO</b>				
	<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD			
	<b>NORMA:</b>	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318			
<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	<b>TESIS:</b> "UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"				
<b>CALICATA:</b>	C1	<b>ESTRATO:</b>	1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	TIERRA
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA BARBARA		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	MOSTAZA/ MARRON	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	02/11/2022		<b>RESPONSABLE:</b>	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	15/03/2023		<b>REVISADO POR:</b>	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipientes	N°	1A	2A	3A		
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	65.72	25.23	19.41		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	52.93	19.28	15.48		
D	Peso de Recipiente	gr	28.10	7.20	7.20		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	12.79	5.95	3.93		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	24.83	12.08	8.28		
G	Número de Golpes	N	15	25	34		
H	Contenido de Humedad	%	51.51	49.255	47.464		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipientes	N°	1B	2B	3B		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	34.22	32	33.1		
C	Suelo Seco + Tara	gr	32.61	31.76	31.54		
D	Peso de Tara	gr	29.2	28.4	28.1		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	1.61	0.24	1.56		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	3.41	3.36	3.44		
G	Contenido de Humedad	%	47.214	7.143	45.349		
H	Promedio Límite Plástico						



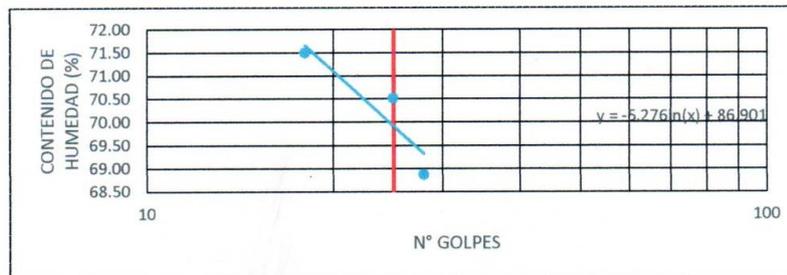
L.L  
49.08  
L,P  
33.24  
I,P  
15.84

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>ASISTENTE DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/03/2023	FECHA: 20/03/2023	FECHA: 20/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		
NORMA:	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318		
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023"		
CALICATA:	C2	ESTRATO:	1
TIPO DE MATERIAL:		TIERRA	
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA	COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022	RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:	15/03/2023	REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

DETERMINACIÓN LÍMITE LIQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipientes	N°	1A	2A	3A		
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	21.40	25.71	37.20		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	15.48	20.16	33.04		
D	Peso de Recipiente	gr	7.20	12.29	27.00		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	5.92	5.55	4.16		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	8.28	7.87	6.04		
G	Número de Golpes	N	18	25	28		
H	Contenido de Humedad	%	71.50	70.52	68.87		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipientes	N°	1B	2B	3B		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	33.81	32.98	33.89		
C	Suelo Seco + Tara	gr	31.6	31.12	31.54		
D	Peso de Tara	gr	26	27.9	27.25		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	2.21	1.86	2.35		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	5.60	3.22	4.29		
G	Contenido de Humedad	%	39.46	57.76	54.78		
H	Promedio Límite Plástico						



L.L  
69.92  
L.P  
50.67  
I.P  
19.25

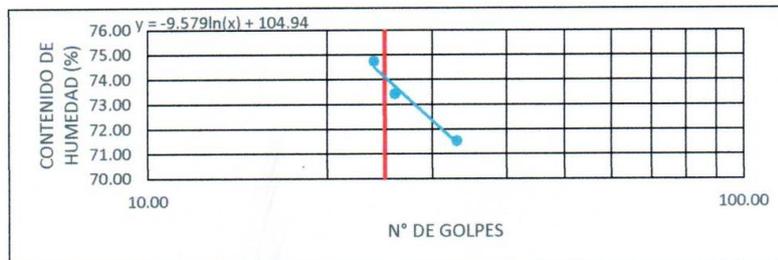
OBSERVACIONES:

RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/03/2023	FECHA: 20/03/2023	FECHA: 20/03/2023

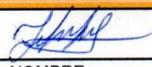
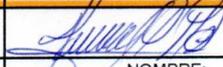
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		LÍMITES DE PLASTICIDAD			
NORMA:		NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		TESIS: "UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023"			
CALICATA:	C3	ESTRATO:	1	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON	
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	15/03/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipientes	N°	1A	2A	3A		
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	37.26	41.11	39.33		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	33.86	35.06	33.88		
D	Peso de Recipiente	gr	29.31	26.82	26.26		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	3.4	6.05	5.45		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	4.55	8.24	7.62		
G	Número de Golpes	N	24.00	26.00	33.00		
H	Contenido de Humedad	%	74.73	73.42	71.52		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipientes	N°	1B	2B	3B		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	34.82	31.65	32.21		
C	Suelo Seco + Tara	gr	32.1	30.15	30.43		
D	Peso de Tara	gr	28.12	27.64	27.42		
E	Peso del Agua (B - C)	gr	2.72	1.50	1.78		
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	3.98	2.51	3.01		
G	Contenido de Humedad	%	68.34	59.76	59.14		
H	Promedio Límite Plástico						

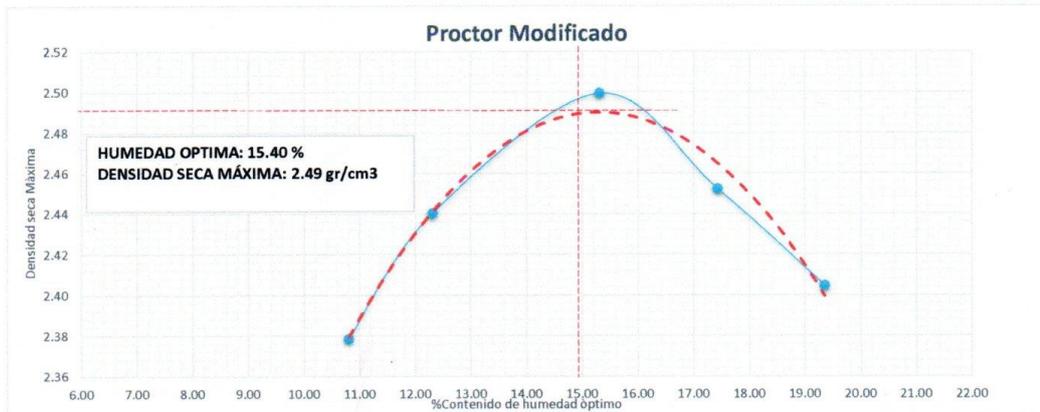


L.L  
 74.11  
 L.P  
 62.41  
 I.P  
 11.69

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/03/2023	FECHA: 20/03/2023	FECHA: 20/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141		
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"		
CALICATA:	C-1	MUESTRA	PATRON
		TIPO DE MATERIAL:	
		TIERRA	
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:
		MOSTAZA/ MARRON	
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022		RESPONSABLE:
		JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	20/03/2023		REVISADO POR:
		JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

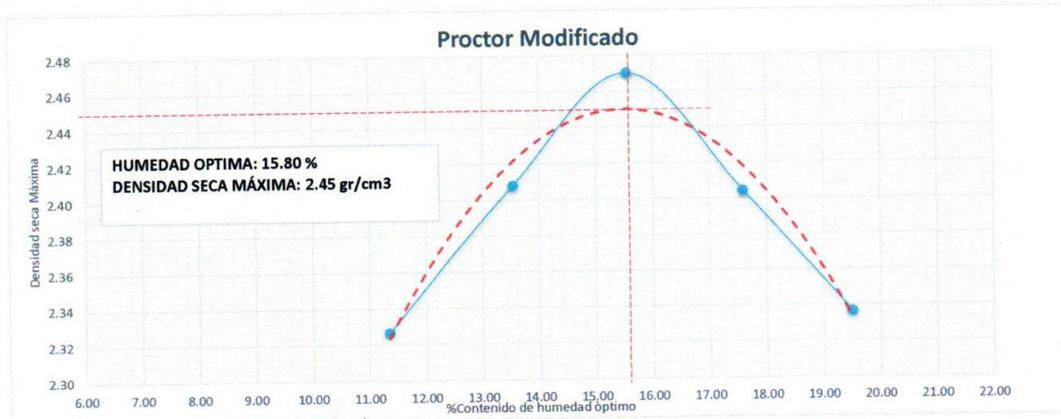
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3956		3956		3956		3956		3956	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6362		6458		6587		6585		6576	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2406		2502		2631		2629		2620	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.64		2.74		2.88		2.88		2.87	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	29.15	28.10	29.06	28.48	27.34	27.44	29.31	28.09	28.91	27.43
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	118.61	125.91	116.05	89.32	141.91	176.43	117.88	115.71	115.65	116.42
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	110.70	115.50	106.45	82.70	126.90	156.40	104.80	102.64	101.80	101.77
K	Peso del Agua (I-J)	gr	7.91	10.41	9.60	6.62	15.01	20.03	13.08	13.07	13.85	14.65
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	81.55	87.40	77.39	54.22	99.56	128.96	75.49	74.55	72.89	74.34
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	9.70	11.91	12.40	12.21	15.08	15.53	17.33	17.53	19.00	19.71
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	10.81		12.31		15.30		17.43		19.35	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.38		2.44		2.50		2.45		2.40	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 24/03/2023	FECHA: 24/03/2023	FECHA: 24/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
<b>PROTOCOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
<b>NORMA:</b>		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA	C-1	MUESTRA	2% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		23/03/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

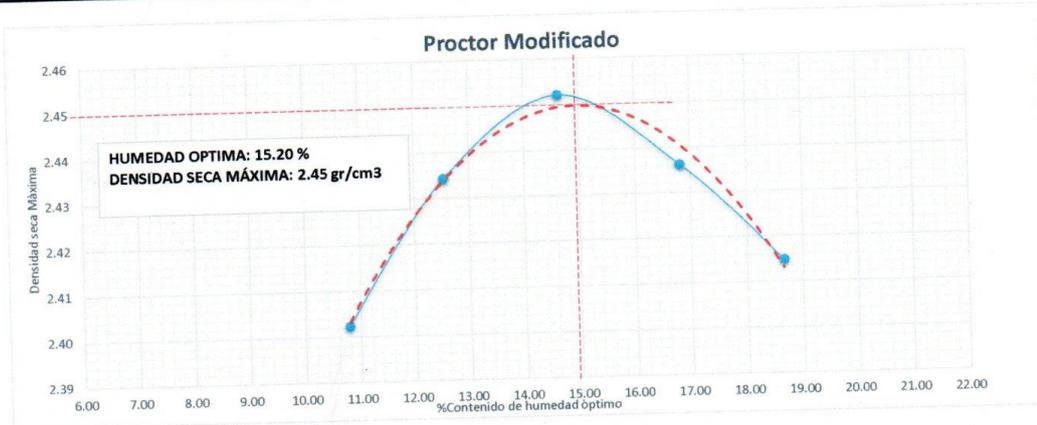
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3960.00		3960.00		3960.00		3960.00		3960.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6325.00		6456.00		6566.00		6541.00		6509.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2365.00		2496.00		2606.00		2581.00		2549.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.59		2.73		2.85		2.83		2.79	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.72	7.51	35.37	39.53	36.43	38.47	27.94	28.52	25.67	26.51
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	144.94	79.53	120.81	150.85	119.54	151.13	146.64	115.82	117.27	109.22
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	132.63	72.35	110.51	137.73	108.54	135.71	128.94	102.73	102.43	95.62
K	Peso del Agua (I-J)	gr	12.31	7.18	10.30	13.12	11.00	15.42	17.70	13.09	14.84	13.60
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	105.91	64.84	75.14	98.20	72.11	97.24	101.00	74.21	76.76	69.11
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.62	11.07	13.71	13.36	15.25	15.86	17.52	17.64	19.33	19.68
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.35		13.53		15.56		17.58		19.51	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.33		2.41		2.47		2.40		2.34	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 27/03/2023	FECHA: 27/03/2023	FECHA: 27/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
<b>PROTOKOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
<b>NORMA:</b>		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA	C-1	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		28/03/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

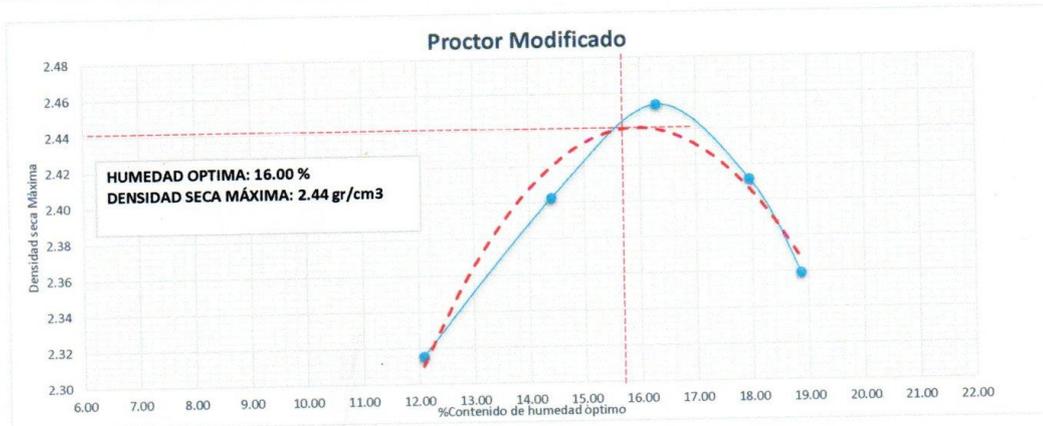
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3968.00		3968.00		3968.00		3968.00		3960.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6398.00		6469.00		6534.00		6566.00		6576.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2430.00		2501.00		2566.00		2598.00		2616.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.66		2.74		2.81		2.85		2.87	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	12.41	28.78	28.62	26.09	7.31	7.23	12.53	29.74	26.67	27.51
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	115.24	126.52	135.67	95.41	58.32	70.32	119.65	110.30	116.47	108.42
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	105.28	116.94	123.56	87.81	51.78	62.31	104.33	98.64	102.43	95.62
K	Peso del Agua (I-J)	gr	9.96	9.58	12.11	7.60	6.54	8.01	15.32	11.66	14.04	12.80
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	92.87	88.16	94.94	61.72	44.47	55.08	91.80	68.90	75.76	68.11
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	10.72	10.87	12.76	12.31	14.71	14.54	16.69	16.92	18.53	18.79
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	10.80		12.53		14.62		16.81		18.66	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.40		2.43		2.45		2.44		2.41	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 30/03/2023	FECHA: 30/03/2023	FECHA: 30/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
<b>PROTOCOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
<b>NORMA:</b>		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA	C-1	MUESTRA	6% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		31/03/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

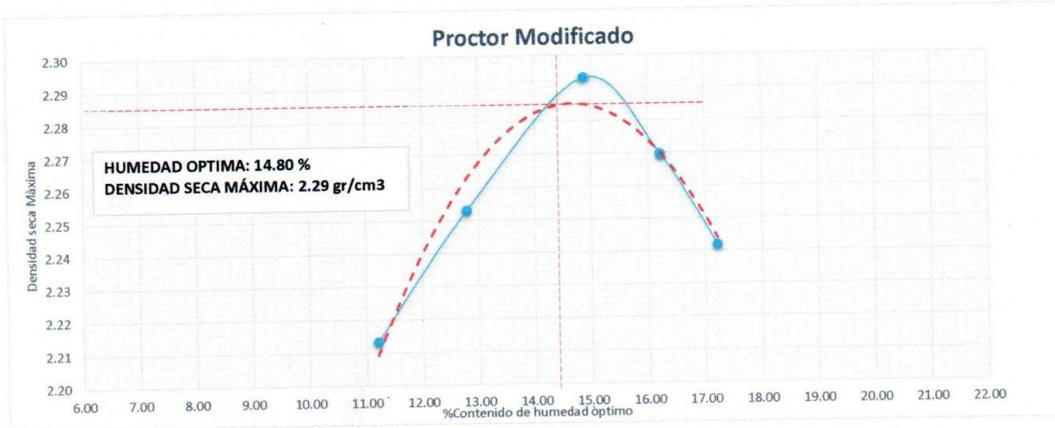
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3959.00		3959.00		3959.00		3959.00		3959.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6328.00		6468.00		6564.00		6556.00		6519.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2369.00		2509.00		2605.00		2597.00		2560.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.59		2.75		2.85		2.84		2.80	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	7.23	28.81	29.22	27.84	28.18	29.31	28.53	27.51	28.62	27.45
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	79.16	146.23	121.64	151.43	124.63	149.46	83.61	145.48	132.18	131.82
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	71.43	133.55	110.16	135.67	111.12	132.63	75.23	127.52	115.76	115.24
K	Peso del Agua (I-J)	gr	7.73	12.68	11.48	15.76	13.51	16.83	8.38	17.96	16.42	16.58
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	64.20	104.74	80.94	107.83	82.94	103.32	46.70	100.01	87.14	87.79
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	12.04	12.11	14.18	14.62	16.29	16.29	17.94	17.96	18.84	18.89
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.07		14.40		16.29		17.95		18.86	
O	Densidad Seca Máxima; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	2.32		2.40		2.45		2.41		2.36	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 31/03/2023	FECHA: 31/03/2023	FECHA: 31/03/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		
NORMA:		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141		
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"		
CALICATA	C-2	MUESTRA	PATRON	TIPO DE MATERIAL: TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:	03/04/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

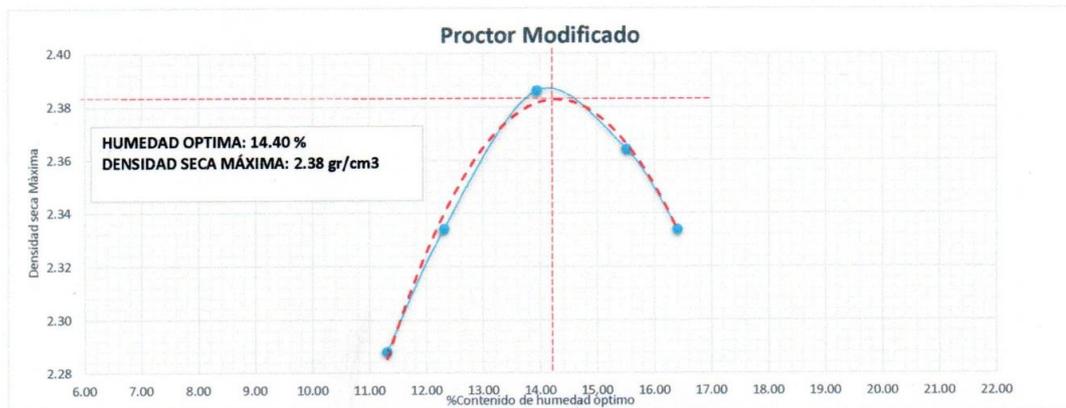
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3962.00		3962.00		3962.00		3962.00		3962.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6209.00		6282.00		6367.00		6370.00		6361.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2247.00		2320.00		2405.00		2408.00		2399.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.46		2.54		2.63		2.64		2.63	
G	Recipiente	N°										
H	Peso Recipiente	gr	27.92	27.21	28.82	12.35	28.56	26.37	27.48	22.23	26.56	23.23
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	134.94	147.46	119.58	133.81	136.14	153.42	123.22	131.28	122.84	133.53
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	124.24	135.25	109.67	119.53	121.73	137.53	109.73	116.21	108.76	117.25
K	Peso del Agua (I-J)	gr	10.70	12.21	9.91	14.28	14.41	15.89	13.49	15.07	14.08	16.28
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	96.32	108.04	80.85	107.18	93.17	111.16	82.25	93.98	82.20	94.02
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.11	11.30	12.26	13.32	15.47	14.29	16.40	16.04	17.13	17.32
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.21		12.79		14.88		16.22		17.22	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.21		2.25		2.29		2.27		2.24	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141		
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"		
CALICATA:	C-2	MUESTRA	2% POLIETILENO
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA	TIPO DE MATERIAL:
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022	TIERRA
FECHA DE ENSAYO:		04/04/2023	COLOR DE MATERIAL:
			MOSTAZA/ MARRON
			RESPONSABLE:
			JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
			REVISADO POR:
			JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

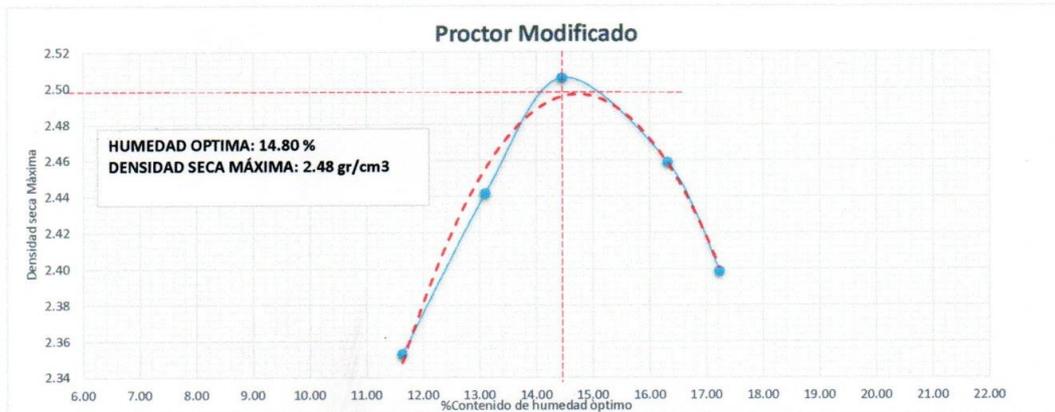
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3955.00		3955.00		3955.00		3955.00		3962.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6280.00		6348.00		6437.00		6448.00		6442.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2325.00		2393.00		2482.00		2493.00		2480.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.55		2.62		2.72		2.73		2.72	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.41	28.33	26.25	28.42	28.87	27.16	26.28	25.13	29.41	24.43
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	130.85	127.62	145.63	149.48	118.38	159.80	174.41	161.82	121.64	132.63
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	120.33	117.54	132.26	136.51	107.43	143.57	154.36	143.61	108.76	117.25
K	Peso del Agua (I-J)	gr	10.52	10.08	13.37	12.97	10.95	16.23	20.05	18.21	12.88	15.38
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	92.92	89.21	106.01	108.09	78.56	116.41	128.08	118.48	79.35	92.82
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.32	11.30	12.61	12.00	13.94	13.94	15.65	15.37	16.23	16.57
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.31		12.31		13.94		15.51		16.40	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.29		2.33		2.39		2.36		2.33	

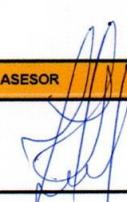


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141		
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"		
CALICATA	C-2	MUESTRA	4% POLIETILENO
		TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:
		MOSTAZA/ MARRON	
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022	RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:	06/04/2023	REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

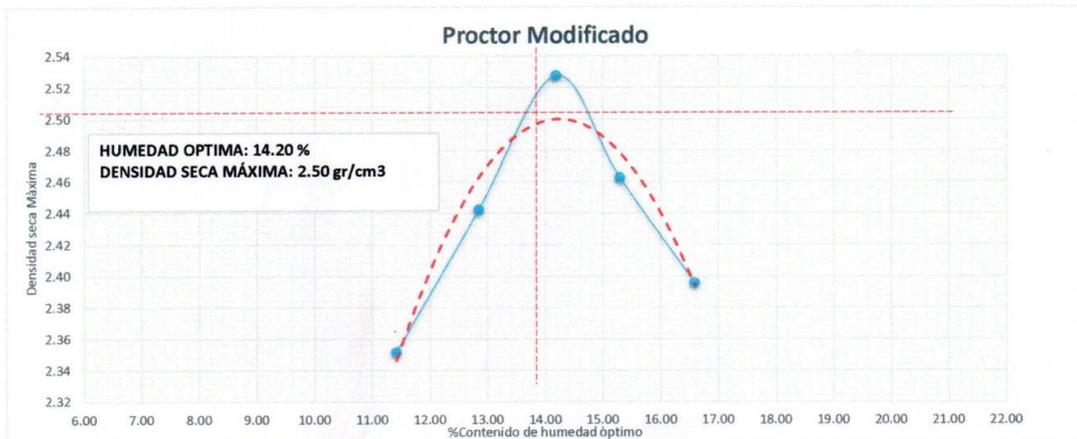
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3965.00		3965.00		3965.00		3965.00		3965.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6363.00		6486.00		6583.00		6576.00		6532.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2398.00		2521.00		2618.00		2611.00		2567.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.63		2.76		2.87		2.86		2.81	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	28.84	28.98	27.52	28.99	28.31	27.36	28.42	27.97	27.31	28.65
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	115.81	170.62	123.99	140.39	125.45	143.35	126.69	111.74	126.69	110.94
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	106.73	155.89	112.75	127.56	113.42	128.43	112.74	100.13	111.74	99.13
K	Peso del Agua (I-J)	gr	9.08	14.73	11.24	12.83	12.03	14.92	13.95	11.61	14.95	11.81
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	77.89	126.91	85.23	98.57	85.11	101.07	84.32	72.16	84.43	70.48
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%= (K/L)*100)	%	11.66	11.61	13.19	13.02	14.13	14.76	16.54	16.09	17.71	16.76
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.63		13.10		14.45		16.32		17.23	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.35		2.44		2.51		2.46		2.40	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	
NORMA:		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141	
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"	
CALICATA	C-2	MUESTRA	6% POLIETILENO
		TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA	COLOR DE MATERIAL:
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022	RESPONSABLE:
			JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		10/04/2023	REVISADO POR:
			JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

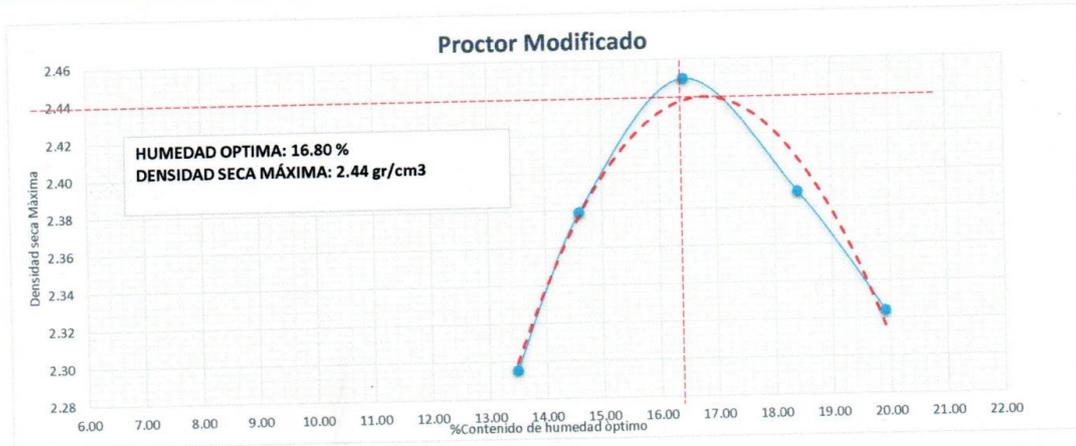
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3964.00		3964.00		3964.00		3964.00		3964.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6356.00		6480.00		6599.00		6556.00		6514.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2392.00		2516.00		2635.00		2592.00		2550.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.62		2.76		2.89		2.84		2.79	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	28.77	12.36	12.39	29.05	13.41	28.65	27.86	27.51	29.62	29.42
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	167.62	139.28	101.25	133.67	103.21	136.12	145.85	123.26	133.65	116.49
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	153.22	126.43	91.46	121.38	92.16	122.64	130.36	110.43	118.72	104.21
K	Peso del Agua (I-J)	gr	14.40	12.85	9.79	12.29	11.05	13.48	15.49	12.83	14.93	12.28
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	124.45	114.07	79.07	92.33	78.75	93.99	102.50	82.92	89.10	74.79
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	11.57	11.27	12.38	13.31	14.03	14.34	15.11	15.47	16.76	16.42
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.42		12.85		14.19		15.29		16.59	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.35		2.44		2.53		2.46		2.40	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023	FECHA: 11/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
NORMA:		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA	C-3	MUESTRA	PATRON	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		12/04/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

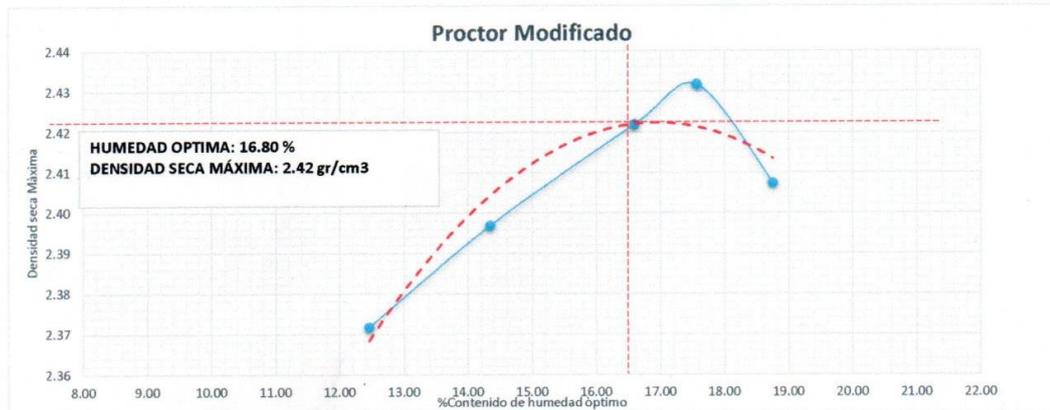
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3958.00		3958.00		3958.00		3958.00		3958.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6336.00		6447.00		6562.00		6540.00		6502.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2378.00		2489.00		2604.00		2582.00		2544.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.60		2.73		2.85		2.83		2.79	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	12.23	27.02	28.33	27.42	28.85	29.02	7.53	8.32	8.43	7.49
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	90.51	145.43	124.22	172.25	130.21	140.64	86.87	88.86	86.27	91.40
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	81.09	131.54	111.92	153.93	116.01	124.76	74.54	76.33	73.50	77.30
K	Peso del Agua (I-J)	gr	9.42	13.89	12.30	18.32	14.20	15.88	12.33	12.53	12.77	14.10
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	68.86	104.52	83.59	126.51	87.16	95.74	67.01	68.01	65.07	69.81
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	13.68	13.29	14.71	14.48	16.29	16.59	18.40	18.42	19.63	20.20
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	13.48		14.60		16.44		18.41		19.91	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.30		2.38		2.45		2.39		2.32	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141		
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"		
CALICATA	C-3	MUESTRA	TIPO DE MATERIAL: TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL: MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022	RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:	13/04/2023	REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

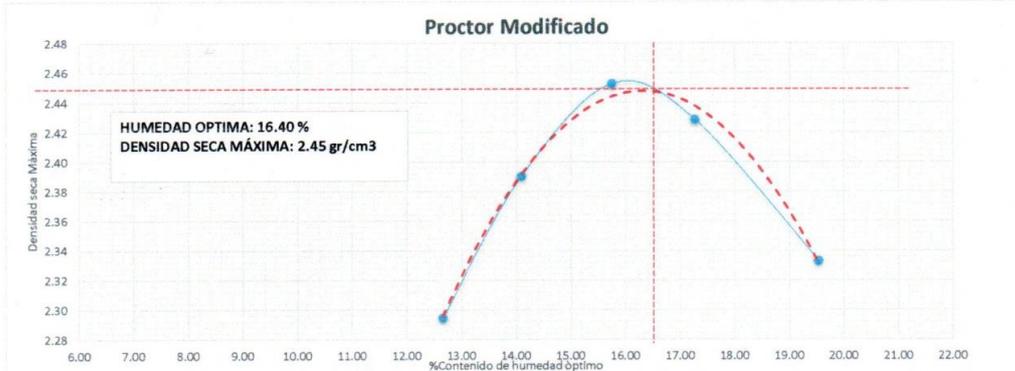
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3956.00		3956.00		3956.00		3956.00		3956.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6391.00		6458.00		6534.00		6566.00		6566.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2435.00		2502.00		2578.00		2610.00		2610.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.67		2.74		2.82		2.86		2.86	
G	Recipiente	N°	a		b		a		b		a	
H	Peso Recipiente	gr	26.13	23.75	26.37	28.80	7.12	7.08	28.45	27.65	27.43	28.41
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	102.82	139.08	130.35	140.24	57.66	80.19	126.95	146.04	129.25	140.04
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	94.30	126.34	117.26	126.31	50.53	69.69	112.26	128.31	113.26	122.31
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.52	12.74	13.09	13.93	7.13	10.50	14.69	17.73	15.99	17.73
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	68.17	102.59	90.89	97.51	43.41	62.61	83.81	100.66	85.83	93.90
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	12.50	12.42	14.40	14.29	16.42	16.77	17.53	17.61	18.63	18.88
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.46		14.34		16.60		17.57		18.76	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.37		2.40		2.42		2.43		2.41	

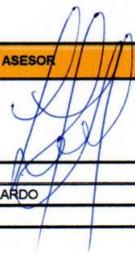


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
NORMA:		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA	C-3	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		14/04/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

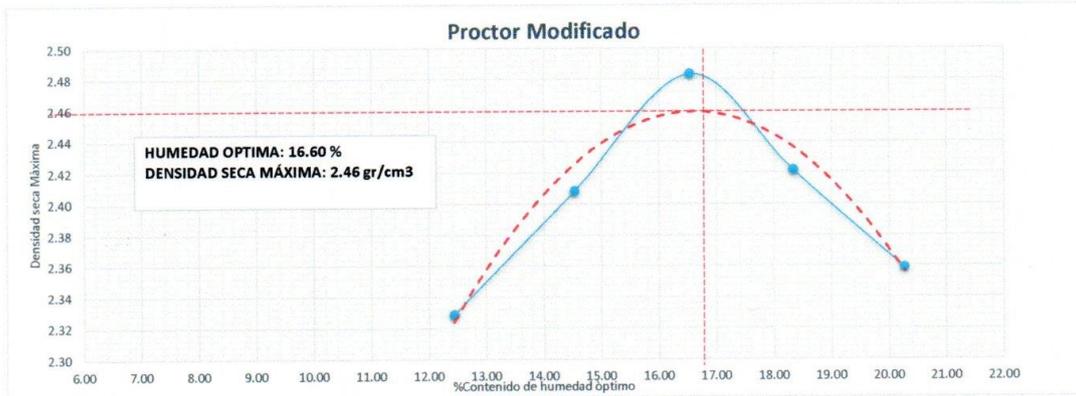
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3956.00		3956.00		3956.00		3956.00		3956.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6316.00		6446.00		6548.00		6556.00		6502.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2360.00		2490.00		2592.00		2600.00		2546.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.59		2.73		2.84		2.85		2.79	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	7.07	7.16	26.00	28.62	41.94	35.91	30.00	27.42	28.35	28.37
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	78.64	83.11	139.59	184.18	140.86	184.91	133.68	126.61	135.62	128.83
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	70.60	74.58	125.59	164.92	127.35	164.71	118.61	111.82	117.73	112.75
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.04	8.53	14.00	19.26	13.51	20.20	15.07	14.79	17.89	16.08
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	63.53	67.42	99.59	136.30	85.41	128.80	88.61	84.40	89.38	84.38
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	12.66	12.65	14.06	14.13	15.82	15.68	17.01	17.52	20.02	19.06
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.65		14.09		15.75		17.27		19.54	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.29		2.39		2.45		2.43		2.33	



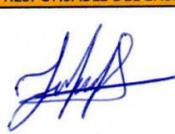
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
<b>PROTOCOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
<b>NORMA:</b>		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141			
<b>TESIS:</b>		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA	C-3	MUESTRA	6% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:		02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		17/04/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4		5	
A	Peso Molde	gr	3956.00		3956.00		3956.00		3956.00		3956.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6346.00		6474.00		6598.00		6572.00		6546.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	2390.00		2518.00		2642.00		2616.00		2590.00	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	912.95		912.95		912.95		912.95		912.95	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.62		2.76		2.89		2.87		2.84	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	7.07	7.16	26.00	28.62	41.94	35.91	28.62	27.45	28.71	27.52
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	78.64	82.81	140.09	184.68	141.20	186.41	142.56	128.75	142.86	130.75
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	70.60	74.58	125.59	164.92	127.35	164.71	124.74	113.21	123.74	113.25
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.04	8.23	14.50	19.76	13.85	21.70	17.82	15.54	19.12	17.50
L	Peso Muestra Seca (I-H)	gr	63.53	67.42	99.59	136.30	85.41	128.80	96.12	85.76	95.03	85.73
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%= (K/L)*100)	%	12.66	12.21	14.56	14.50	16.22	16.85	18.54	18.12	20.12	20.41
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.43		14.53		16.53		18.33		20.27	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.33		2.41		2.48		2.42		2.36	



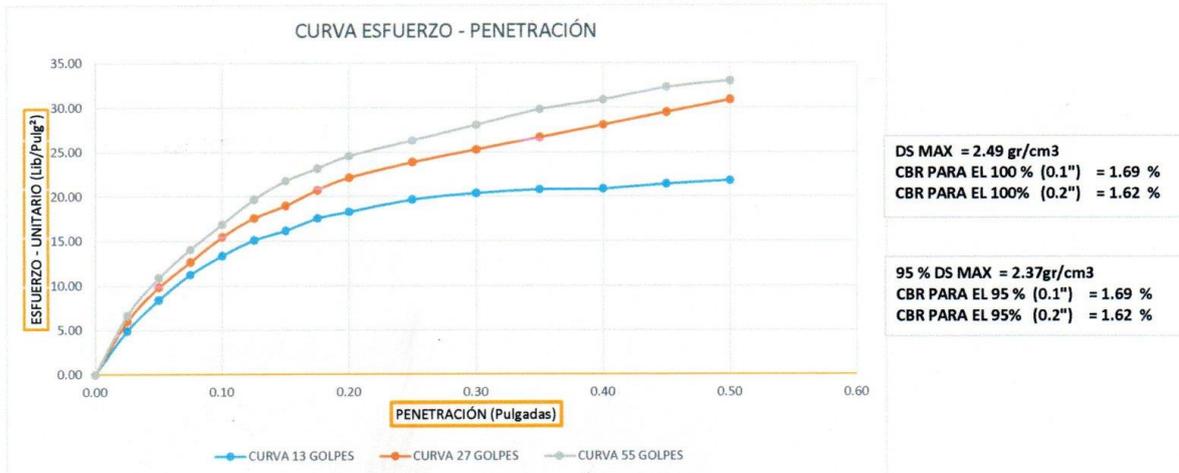
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023	FECHA: 19/04/2023

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR								
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429								
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"								
CALICATA:	C-1	MUESTRA	PATRON	TIPO DE MATERIAL:			TIERRA			
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:			MOSTAZA/MARRON			
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:			JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			
FECHA DE ENSAYO:	02/05/2023			REVISADO POR:			JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ			
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7237	7237	7265	7265	7242	7242			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12611.67	12889.67	13126.18	13612.68	13867.68	13914.01			
Peso Muestra húmeda	gr	5374.67	5652.67	5861.18	6347.68	6625.68	6672.01			
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67			
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.32	2.44	2.53	2.74	2.86	2.88			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.90	26.10	28.00	27.00	27.70	27.80	28.50	26.90	28.20
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	78.86	79.24	122.69	77.12	77.55	121.51	70.22	77.62	120.84
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	72.00	72.00	107.90	70.30	70.90	107.30	64.60	70.70	107.70
Peso del Agua	gr	6.86	7.24	14.79	6.82	6.65	14.21	5.62	6.92	13.14
Peso Muestra Seca	gr	44.10	45.90	79.90	43.30	43.20	79.50	36.10	43.80	79.50
Contenido de Humedad; W%	%	15.56	15.77	18.51	15.75	15.39	17.87	15.57	15.80	16.53
Promedio Contenido de Humedad	%	17.09			16.72			16.11		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.03			2.26			2.47		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.86	4.72	4.65	1.83	4.65	4.15	1.35	3.43	3.06
48.00	2.00	2.28	5.79	5.71	2.23	5.66	5.06	1.71	4.34	3.88
72.00	3.00	2.82	7.16	7.06	2.75	6.99	6.24	2.20	5.59	4.99
96.00	4.00	3.43	8.71	8.58	3.32	8.43	7.53	2.71	6.88	6.14
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ				NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO			
FECHA: 10/05/2023			FECHA: 10/05/2023				FECHA: 10/05/2023			

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
	NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
	TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-1	MUESTRA	PATRON	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:		MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022		RESPONSABLE:		JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	05/05/2023		REVISADO POR:		JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CARGA-PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03		
	Carga		Esfuerzo		Carga		Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.03	19.05	0.94	4.91	23.13	1.14	5.97	25.85	1.28	6.67	
1.27	0.05	32.66	1.61	8.43	38.10	1.88	9.83	42.18	2.08	10.88	
1.91	0.08	43.54	2.15	11.23	48.99	2.42	12.64	54.43	2.69	14.04	
2.54	0.10	51.71	2.55	13.34	59.87	2.95	15.45	65.32	3.22	16.85	
3.18	0.13	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55	76.20	3.76	19.66	
3.81	0.15	62.60	3.09	16.15	73.48	3.63	18.96	84.37	4.16	21.77	
4.45	0.18	68.04	3.36	17.55	80.29	3.96	20.71	89.81	4.43	23.17	
5.08	0.20	70.76	3.49	18.25	85.73	4.23	22.12	95.25	4.70	24.57	
6.35	0.25	76.20	3.76	19.66	92.53	4.57	23.87	102.06	5.04	26.33	
7.62	0.30	78.93	3.89	20.36	97.98	4.83	25.28	108.86	5.37	28.08	
8.89	0.35	80.56	3.97	20.78	103.42	5.10	26.68	115.67	5.71	29.84	
10.16	0.40	80.83	3.99	20.85	108.86	5.37	28.08	119.75	5.91	30.89	
11.43	0.45	83.01	4.10	21.41	114.31	5.64	29.49	125.19	6.18	32.30	
12.70	0.50	84.37	4.16	21.77	119.75	5.91	30.89	127.91	6.31	33.00	



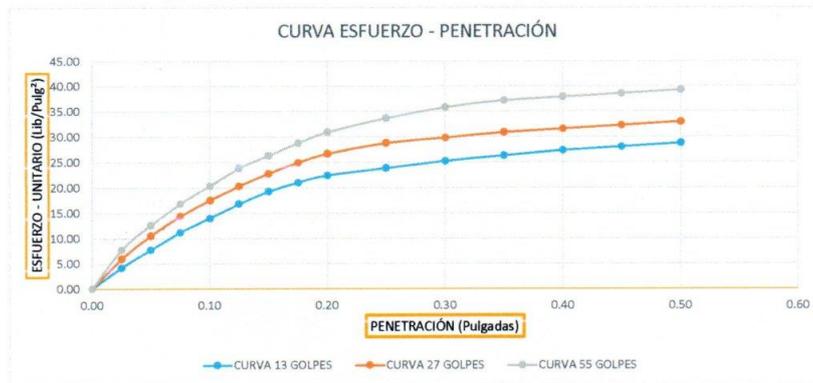
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR								
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429								
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"								
CALICATA:	C-1	MUESTRA	2%	POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA				
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA				COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/MARRON				
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022				RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO				
FECHA DE ENSAYO:	02/05/2023				REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ				
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7256	7256	7232	7232	7264	7264			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13024.51	13140.34	13185.84	13533.34	13565.34	14098.18			
Peso Muestra húmeda	gr	5768.51	5884.34	5953.84	6301.34	6301.34	6834.18			
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67			
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.49	2.54	2.57	2.72	2.72	2.95			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.38	26.25	7.24	28.98	26.70	7.32	27.54	28.32	7.28
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	112.54	121.25	47.51	116.86	106.87	50.08	106.54	137.32	43.22
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	101.07	108.32	41.09	104.91	95.99	43.81	95.78	122.34	37.82
Peso del Agua	gr	11.47	12.93	6.42	11.95	10.88	6.27	10.76	14.98	5.40
Peso Muestra Seca	gr	72.69	82.07	33.85	75.93	69.29	36.49	68.24	94.02	30.54
Contenido de Humedad; W%	%	15.78	15.75	18.97	15.74	15.70	17.18	15.77	15.93	17.68
Promedio Contenido de Humedad	%	17.37			16.45			16.77		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.14			2.27			2.43		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
ACUMULADO		Lectura		Hinchamiento	Lectura		Hinchamiento	Lectura		Hinchamiento
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.59	4.04	3.98	1.58	4.01	3.58	1.17	2.97	2.65
48.00	2.00	1.90	4.83	4.75	1.71	4.34	3.88	1.41	3.58	3.20
72.00	3.00	2.39	6.07	5.98	2.26	5.74	5.13	1.82	4.61	4.12
96.00	4.00	2.90	7.37	7.26	2.81	7.14	6.37	2.22	5.64	5.03

OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ				NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO			
FECHA: 10/05/2023			FECHA: 10/05/2023				FECHA: 10/05/2023			

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-1	MUESTRA	2% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL: TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL: MOSTAZA/ MARRON	
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022		RESPONSABLE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	05/05/2023		REVISADO POR: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

CARGA-PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
mm	Pulg	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.03	16.33	0.81	4.21	23.13	1.14	5.97	29.94	1.48	7.72	
1.27	0.05	29.94	1.48	7.72	40.82	2.01	10.53	48.99	2.42	12.64	
1.91	0.08	43.54	2.15	11.23	55.79	2.75	14.39	65.32	3.22	16.85	
2.54	0.10	54.43	2.69	14.04	68.04	3.36	17.55	78.93	3.89	20.36	
3.18	0.13	65.32	3.22	16.85	78.93	3.89	20.36	92.53	4.57	23.87	
3.81	0.15	74.84	3.69	19.31	88.45	4.36	22.82	102.06	5.04	26.33	
4.45	0.18	81.65	4.03	21.06	96.62	4.77	24.92	111.58	5.51	28.79	
5.08	0.20	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68	119.75	5.91	30.89	
6.35	0.25	92.53	4.57	23.87	111.58	5.51	28.79	130.63	6.45	33.70	
7.62	0.30	97.98	4.83	25.28	115.67	5.71	29.84	138.80	6.85	35.81	
8.89	0.35	102.06	5.04	26.33	119.75	5.91	30.89	144.24	7.12	37.21	
10.16	0.40	106.14	5.24	27.38	122.47	6.04	31.59	146.96	7.25	37.91	
11.43	0.45	108.86	5.37	28.08	125.19	6.18	32.30	149.69	7.39	38.62	
12.70	0.50	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00	152.41	7.52	39.32	



DS MAX = 2.45 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 100 % (0.1") = 1.96 %  
 CBR PARA EL 100% (0.2") = 1.98 %

95 % DS MAX = 2.33 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 95 % (0.1") = 1.75 %

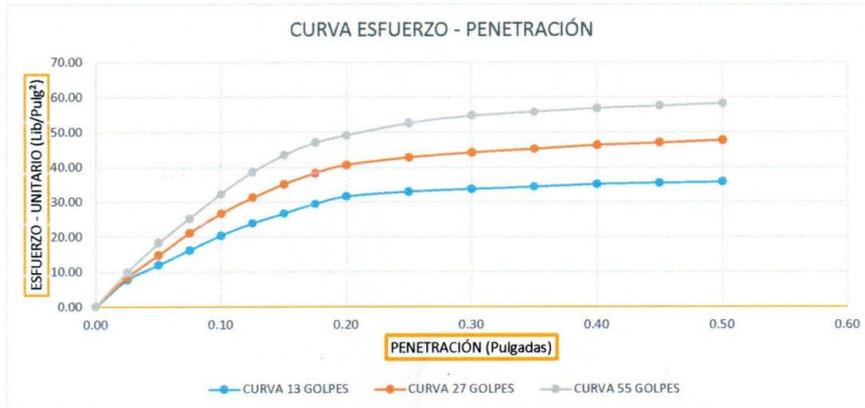
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
PROTOCOLO										
ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR										
NORMA: MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429										
TESIS: "UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"										
CALICATA:	C-1	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:			TIERRA			
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:			MOSTAZA/MARRON			
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:			JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			
FECHA DE ENSAYO:	04/05/2023			REVISADO POR:			JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ			
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7216	7216	7234	7234	7262	7262	7262	7262	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13239.34	13517.34	13604.84	13790.18	13540.18	14026.68	14026.68	14026.68	
Peso Muestra húmeda	gr	6023.34	6301.34	6370.84	6556.18	6278.18	6764.68	6764.68	6764.68	
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.60	2.72	2.75	2.83	2.71	2.92	2.71	2.92	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	12.22	27.91	28.40	12.26	27.54	26.65	27.93	28.14	24.54
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	68.23	66.18	87.45	126.76	132.46	104.67	136.16	123.25	114.25
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	60.82	61.12	78.35	111.66	118.58	92.30	121.86	110.64	101.70
Peso del Agua	gr	7.41	5.06	9.10	15.10	13.88	12.37	14.30	12.61	12.55
Peso Muestra Seca	gr	48.60	33.21	49.95	99.40	91.04	65.65	93.93	82.50	77.16
Contenido de Humedad; W%	%	15.25	15.24	18.22	15.19	15.25	18.84	15.22	15.28	16.26
Promedio Contenido de Humedad	%	16.73			17.03			15.76		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.28			2.38			2.43		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
ACUMULADO		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.41	3.58	3.53	1.41	3.58	3.20	1.05	2.66	2.38
48.00	2.00	1.56	3.96	3.90	1.37	3.48	3.11	1.09	2.77	2.47
72.00	3.00	1.92	4.88	4.80	1.79	4.55	4.06	1.36	3.44	3.07
96.00	4.00	2.34	5.94	5.86	2.27	5.77	5.15	1.73	4.39	3.92

OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ				NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO			
FECHA: 10/05/2023			FECHA: 10/05/2023				FECHA: 10/05/2023			

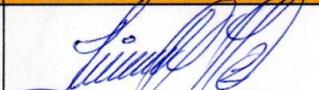
<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>					
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-1	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	08/05/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CARGA-PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.03	29.94	1.48	7.72	32.66	1.61	8.43	38.10	1.88	9.83	
1.27	0.05	46.27	2.28	11.94	57.15	2.82	14.74	70.76	3.49	18.25	
1.91	0.08	62.60	3.09	16.15	81.65	4.03	21.06	97.98	4.83	25.28	
2.54	0.10	78.93	3.89	20.36	103.42	5.10	26.68	125.19	6.18	32.30	
3.18	0.13	92.53	4.57	23.87	121.11	5.98	31.24	149.69	7.39	38.62	
3.81	0.15	103.42	5.10	26.68	136.08	6.71	35.11	168.74	8.33	43.53	
4.45	0.18	114.31	5.64	29.49	148.32	7.32	38.26	182.34	9.00	47.04	
5.08	0.20	122.47	6.04	31.59	157.85	7.79	40.72	190.51	9.40	49.15	
6.35	0.25	127.91	6.31	33.00	166.01	8.19	42.83	204.12	10.07	52.66	
7.62	0.30	130.63	6.45	33.70	171.46	8.46	44.23	212.28	10.47	54.76	
8.89	0.35	133.36	6.58	34.40	175.54	8.66	45.29	216.36	10.68	55.82	
10.16	0.40	136.08	6.71	35.11	179.62	8.86	46.34	220.45	10.88	56.87	
11.43	0.45	137.44	6.78	35.46	182.34	9.00	47.04	223.17	11.01	57.57	
12.70	0.50	138.80	6.85	35.81	185.07	9.13	47.74	225.89	11.15	58.28	



DS MAX = 2.45 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 100% (0.1") = 3.20 %  
 CBR PARA EL 100% (0.2") = 3.28 %

95 % DS MAX = 2.33 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 95% (0.1") = 2.52 %  
 CBR PARA EL 95% (0.2") = 2.78 %

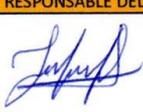
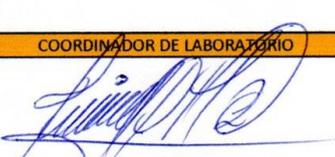
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023

<b>LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR		
NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429		
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"		
CALICATA:	C-1	MUESTRA	6% POLIETILENO
		TIPO DE MATERIAL: TIERRA	
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA	COLOR DE MATERIAL: MOSTAZA/MARRON
FECHA DE MUESTREO :		02/11/2022	RESPONSABLE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:		04/05/2023	REVISADO POR: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7252	7252	7272	7272	7214	7214
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13530.18	13900.84	13619.68	14106.18	13584.84	14094.51
Peso Muestra húmeda	gr	6278.18	6648.84	6347.68	6834.18	6370.84	6880.51
Volumen Muestra húmeda	cm³	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67
Densidad húmeda : Dh	gr/cm³	2.71	2.87	2.74	2.95	2.75	2.97

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	12.42	28.24	28.40	12.26	27.54	26.65	27.93	28.14	24.54
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	88.64	56.71	87.85	73.26	83.84	104.57	104.83	122.85	116.25
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	78.07	52.74	78.35	64.83	76.01	92.30	94.14	109.72	101.70
Peso del Agua	gr	10.57	3.97	9.50	8.43	7.83	12.27	10.69	13.13	14.55
Peso Muestra Seca	gr	65.65	24.50	49.95	52.57	48.47	65.65	66.21	81.58	77.16
Contenido de Humedad; W%	%	16.10	16.20	19.02	16.04	16.15	18.69	16.15	16.09	18.86
Promedio Contenido de Humedad	%	17.59			17.39			17.49		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm³	2.37			2.42			2.43		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
Horas	Días	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.14	2.90	2.85	1.16	2.95	2.63	0.87	2.21	1.97
48.00	2.00	1.18	3.00	2.95	1.20	3.04	2.71	1.09	2.77	2.47
72.00	3.00	1.38	3.51	3.45	1.27	3.23	2.88	1.25	3.17	2.83
96.00	4.00	1.43	3.63	3.58	1.32	3.35	2.99	1.26	3.20	2.86

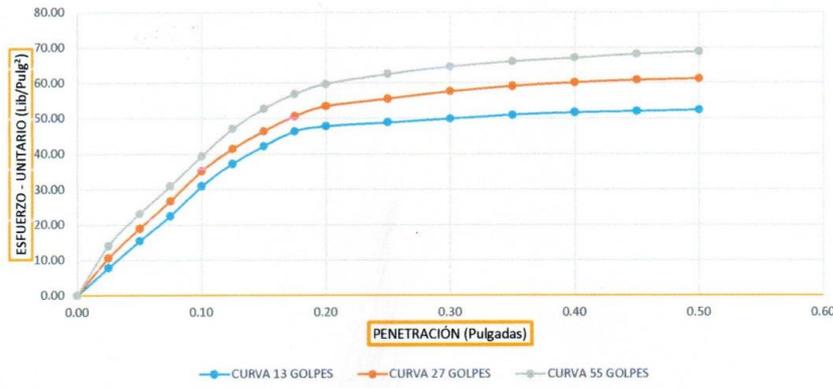
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-1	MUESTRA	6% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	08/05/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CARGA-PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03				
	Carga		Esfuerzo		Carga		Esfuerzo		Carga		Esfuerzo		
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	29.94	1.48	7.72	40.82	2.01	10.53	54.43	2.69	14.04	14.04	2.69	14.04
1.27	0.05	59.87	2.95	15.45	73.48	3.63	18.96	89.81	4.43	23.17	23.17	4.43	23.17
1.91	0.08	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68	119.75	5.91	30.89	30.89	5.91	30.89
2.54	0.10	119.75	5.91	30.89	136.08	6.71	35.11	152.41	7.52	39.32	39.32	7.52	39.32
3.18	0.13	144.24	7.12	37.21	160.57	7.92	41.42	182.34	9.00	47.04	47.04	9.00	47.04
3.81	0.15	163.29	8.06	42.13	179.62	8.86	46.34	204.12	10.07	52.66	52.66	10.07	52.66
4.45	0.18	179.62	8.86	46.34	195.95	9.67	50.55	220.45	10.88	56.87	56.87	10.88	56.87
5.08	0.20	185.07	9.13	47.74	206.84	10.21	53.36	231.33	11.41	59.68	59.68	11.41	59.68
6.35	0.25	189.15	9.33	48.80	215.00	10.61	55.47	242.22	11.95	62.49	62.49	11.95	62.49
7.62	0.30	193.23	9.53	49.85	223.17	11.01	57.57	250.38	12.35	64.59	64.59	12.35	64.59
8.89	0.35	197.31	9.74	50.90	228.61	11.28	58.98	255.83	12.62	66.00	66.00	12.62	66.00
10.16	0.40	200.03	9.87	51.61	232.69	11.48	60.03	259.91	12.82	67.05	67.05	12.82	67.05
11.43	0.45	201.40	9.94	51.96	235.41	11.62	60.73	263.99	13.03	68.10	68.10	13.03	68.10
12.70	0.50	202.76	10.00	52.31	236.78	11.68	61.08	266.71	13.16	68.81	68.81	13.16	68.81

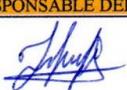
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



DS MAX = 2.44 gr/cm<sup>3</sup>  
CBR PARA EL 100 % (0.1") = 3.80 %  
CBR PARA EL 100% (0.2") = 3.92 %

95 % DS MAX = 2.31 gr/cm<sup>3</sup>  
CBR PARA EL 95 % (0.1") = 3.60 %  
CBR PARA EL 95% (0.2") = 3.68 %

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023	FECHA: 10/05/2023

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR								
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429								
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"								
CALICATA:	C-2	MUESTRA	PATRON			TIPO DE MATERIAL:	TIERRA			
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA				COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/MARRON				
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022				RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO				
FECHA DE ENSAYO:	10/05/2023				REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ				
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7242	7242	7224	7224	7260	7260	7260	7260	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12408.17	13103.18	12760.84	13270.51	13121.18	13584.51	13121.18	13584.51	
Peso Muestra húmeda	gr	5166.17	5861.18	5536.84	6046.51	5861.18	6324.51	5861.18	6324.51	
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.23	2.53	2.39	2.61	2.53	2.73	2.61	2.73	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.54	21.46	28.12	26.53	14.26	29.01	28.46	24.23	27.32
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	83.68	82.42	115.42	82.86	81.16	119.82	71.80	84.12	118.96
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	76.35	74.51	102.60	75.61	72.54	106.32	66.24	76.38	105.66
Peso del Agua	gr	7.33	7.91	12.82	7.25	8.62	13.50	5.56	7.74	13.30
Peso Muestra Seca	gr	49.81	53.05	74.48	49.08	58.28	77.31	37.78	52.15	78.34
Contenido de Humedad; W%	%	14.72	14.91	17.21	14.77	14.79	17.46	14.72	14.84	16.98
Promedio Contenido de Humedad	%	16.01			16.12			15.88		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.05			2.15			2.27		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
Horas	Días	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma.	Hinchamiento mm	Hinchamiento %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.94	4.93	4.85	1.91	4.85	4.33	1.43	3.63	3.24
48.00	2.00	2.36	5.99	5.91	2.31	5.87	5.24	1.79	4.54	4.06
72.00	3.00	2.71	6.88	6.78	2.66	6.76	6.03	2.10	5.33	4.76
96.00	4.00	2.92	7.42	7.31	2.87	7.29	6.51	2.31	5.86	5.24

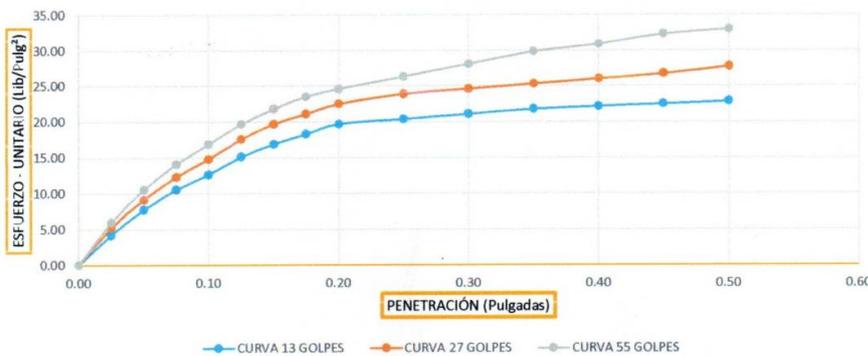
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR			
	NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
	TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-2	MUESTRA	PATRON	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:		MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022		RESPONSABLE:		JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	15/05/2023		REVISADO POR:		JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CARGA-PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	16.33	0.81	4.21	20.41	1.01	5.27	23.13	1.14	5.97
1.27	0.05	29.94	1.48	7.72	35.38	1.75	9.13	40.82	2.01	10.53
1.91	0.08	40.82	2.01	10.53	47.63	2.35	12.29	54.43	2.69	14.04
2.54	0.10	48.99	2.42	12.64	57.15	2.82	14.74	65.32	3.22	16.85
3.18	0.13	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55	76.20	3.76	19.66
3.81	0.15	65.32	3.22	16.85	76.20	3.76	19.66	84.37	4.16	21.77
4.45	0.18	70.76	3.49	18.25	81.65	4.03	21.06	91.17	4.50	23.52
5.08	0.20	76.20	3.76	19.66	87.09	4.30	22.47	95.25	4.70	24.57
6.35	0.25	78.93	3.89	20.36	92.53	4.57	23.87	102.06	5.04	26.33
7.62	0.30	81.65	4.03	21.06	95.25	4.70	24.57	108.86	5.37	28.08
8.89	0.35	84.37	4.16	21.77	97.98	4.83	25.28	115.67	5.71	29.84
10.16	0.40	85.73	4.23	22.12	100.70	4.97	25.98	119.75	5.91	30.89
11.43	0.45	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68	125.19	6.18	32.30
12.70	0.50	88.45	4.36	22.82	107.50	5.30	27.73	127.91	6.31	33.00

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



DS MAX = 2.29 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 100 % (0.1") = 1.69 %  
 CBR PARA EL 100% (0.2") = 1.63 %

95 % DS MAX = 2.17 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 95 % (0.1") = 1.50 %  
 CBR PARA EL 95% (0.2") = 1.53 %

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023

		LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
		PROTOCOLO			
		ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR		
		NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429		
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"				
CALICATA:	C-2	MUESTRA	2% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/MARRON	
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	10/05/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7234	7234	7245	7245	7249	7249
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12840.34	13164.68	13106.18	13824.34	13318.68	13828.34
Peso Muestra húmeda	gr	5606.34	5930.68	5861.18	6579.34	6069.68	6579.34
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.42	2.56	2.53	2.84	2.62	2.84

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.56	24.32	14.32	29.62	24.56	14.56	12.26	28.64	14.12
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	115.64	113.65	50.51	117.56	102.12	49.78	105.34	142.82	43.62
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	104.56	102.36	45.21	106.52	92.34	44.62	93.64	128.30	39.54
Peso del Agua	gr	11.08	11.29	5.30	11.04	9.78	5.16	11.70	14.52	4.08
Peso Muestra Seca	gr	77.00	78.04	30.89	76.90	67.78	30.06	81.38	99.66	25.42
Contenido de Humedad; W%	%	14.39	14.47	17.16	14.36	14.43	17.17	14.38	14.57	16.05
Promedio Contenido de Humedad	%	15.79			15.78			15.26		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.15			2.32			2.37		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento	%	Lectura	Hinchamiento	%	Lectura	Hinchamiento	%
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.67	4.24	4.18	1.66	4.22	3.76	1.25	3.17	2.83
48.00	2.00	1.98	5.03	4.95	1.79	4.55	4.06	1.49	3.78	3.38
72.00	3.00	2.47	6.27	6.18	2.34	5.94	5.31	1.90	4.81	4.30
96.00	4.00	2.74	6.96	6.86	2.62	6.65	5.94	2.25	5.72	5.10

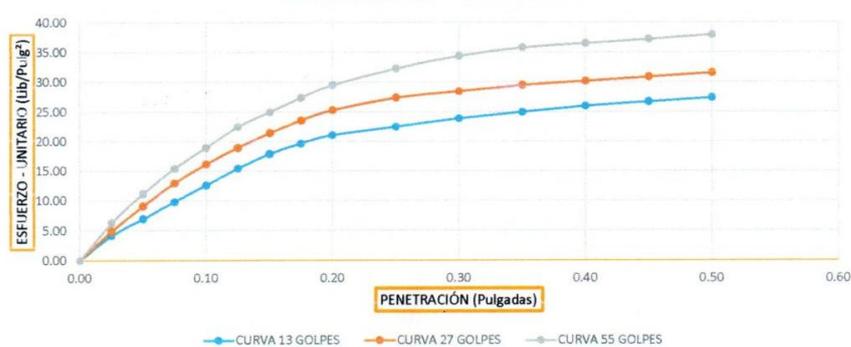
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>					
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-2	MUESTRA	2% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	15/05/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CARGA-PENETRACION

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga	Esfuerzo	Lb/pl <sup>2</sup>	Carga	Esfuerzo	Lb/pl <sup>2</sup>	Carga	Esfuerzo	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	16.33	0.81	4.21	19.05	0.94	4.91	24.49	1.21	6.32
1.27	0.05	27.22	1.34	7.02	35.38	1.75	9.13	43.54	2.15	11.23
1.91	0.08	38.10	1.88	9.83	50.35	2.48	12.99	59.87	2.95	15.45
2.54	0.10	48.99	2.42	12.64	62.60	3.09	16.15	73.48	3.63	18.96
3.18	0.13	59.87	2.95	15.45	73.48	3.63	18.96	87.09	4.30	22.47
3.81	0.15	69.40	3.42	17.90	83.01	4.10	21.41	96.62	4.77	24.92
4.45	0.18	76.20	3.76	19.66	91.17	4.50	23.52	106.14	5.24	27.38
5.08	0.20	81.65	4.03	21.06	97.98	4.83	25.28	114.31	5.64	29.49
6.35	0.25	87.09	4.30	22.47	106.14	5.24	27.38	125.19	6.18	32.30
7.62	0.30	92.53	4.57	23.87	110.22	5.44	28.44	133.36	6.58	34.40
8.89	0.35	96.62	4.77	24.92	114.31	5.64	29.49	138.80	6.85	35.81
10.16	0.40	100.70	4.97	25.98	117.03	5.77	30.19	141.52	6.98	36.51
11.43	0.45	103.42	5.10	26.68	119.75	5.91	30.89	144.24	7.12	37.21
12.70	0.50	106.14	5.24	27.38	122.47	6.04	31.59	146.96	7.25	37.91

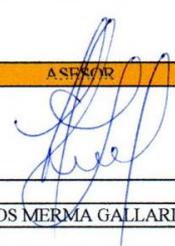
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN



DS MAX = 2.38 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 100 % (0.1") = 1.90 %  
 CBR PARA EL 100 % (0.2") = 1.96 %

95 % DS MAX = 2.26 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 95 % (0.1") = 1.62 %  
 CBR PARA EL 95 % (0.2") = 1.69 %

OBSERVACIONES:

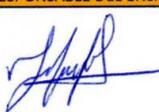
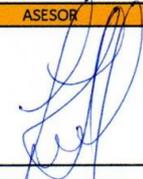
RESPONSABLE DEL ENSAYO			ASISTENTE DE LABORATORIO			ASESOR		
								
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ			NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO		
FECHA: 20/05/2023			FECHA: 20/05/2023			FECHA: 20/05/2023		

		LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
		PROTOCOLO					
		ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR				
		NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429				
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"						
CALICATA:	C-2	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA		
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/MARRON		
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO		
FECHA DE ENSAYO:	15/05/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ		

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7232	7232	7232	7232	7216	7216
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13324.84	13765.01	13533.34	13904.01	13540.51	14050.18
Peso Muestra húmeda	gr	6092.84	6533.01	6301.34	6672.01	6324.51	6834.18
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.82	2.72	2.88	2.73	2.95

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	14.23	28.61	27.92	14.56	27.86	26.34	28.23	28.74	26.51
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	68.23	72.21	84.85	131.56	122.54	107.67	141.63	126.85	120.65
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	61.23	66.54	76.38	116.52	110.23	95.64	126.86	114.25	106.72
Peso del Agua	gr	7.00	5.67	8.47	15.04	12.31	12.03	14.77	12.60	13.93
Peso Muestra Seca	gr	47.00	37.93	48.46	101.96	82.37	69.30	98.63	85.51	80.21
Contenido de Humedad; W%	%	14.89	14.95	17.48	14.75	14.94	17.36	14.98	14.74	17.37
Promedio Contenido de Humedad	%	16.20			16.10			16.11		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.35			2.41			2.45		

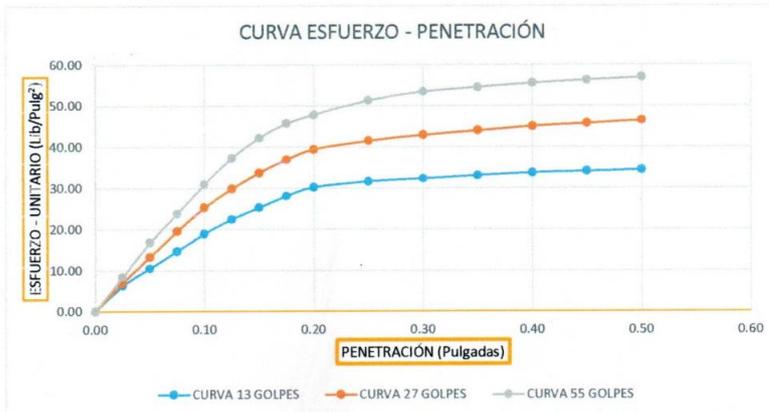
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.49	3.78	3.73	1.49	3.78	3.38	1.29	3.28	2.93
48.00	2.00	1.64	4.17	4.10	1.45	3.68	3.29	1.17	2.97	2.65
72.00	3.00	2.19	5.56	5.48	2.04	5.18	4.63	1.62	4.10	3.66
96.00	4.00	2.58	6.55	6.46	2.51	6.38	5.69	2.06	5.23	4.67

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>					
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-2	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	19/05/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

**CARGA-PENETRACIÓN**

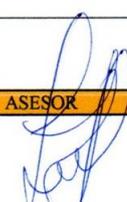
PENETRACIÓN	MOLDE N° 01					MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo			
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pi <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pi <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pi <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.03	24.49	1.21	6.32	27.22	1.34	7.02	32.66	1.61	8.43	
1.27	0.05	40.82	2.01	10.53	51.71	2.55	13.34	65.32	3.22	16.85	
1.91	0.08	57.15	2.82	14.74	76.20	3.76	19.66	92.53	4.57	23.87	
2.54	0.10	73.48	3.63	18.96	97.98	4.83	25.28	119.75	5.91	30.89	
3.18	0.13	87.09	4.30	22.47	115.67	5.71	29.84	144.24	7.12	37.21	
3.81	0.15	97.98	4.83	25.28	130.63	6.45	33.70	163.29	8.06	42.13	
4.45	0.18	108.86	5.37	28.08	142.88	7.05	36.86	176.90	8.73	45.64	
5.08	0.20	117.03	5.77	30.19	152.41	7.52	39.32	185.07	9.13	47.74	
6.35	0.25	122.47	6.04	31.59	160.57	7.92	41.42	198.67	9.80	51.25	
7.62	0.30	125.19	6.18	32.30	166.01	8.19	42.83	206.84	10.21	53.36	
8.89	0.35	127.91	6.31	33.00	170.10	8.39	43.88	210.92	10.41	54.41	
10.16	0.40	130.63	6.45	33.70	174.18	8.59	44.93	215.00	10.61	55.47	
11.43	0.45	132.00	6.51	34.05	176.90	8.73	45.64	217.72	10.74	56.17	
12.70	0.50	133.36	6.58	34.40	179.62	8.86	46.34	220.45	10.88	56.87	

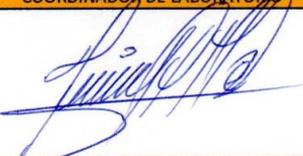


DS MAX = 2.48 gr/cm<sup>3</sup>  
CBR PARA EL 100% (0.1") = 3.11 %  
CBR PARA EL 100% (0.2") = 3.19 %

95% DS MAX = 2.36 gr/cm<sup>3</sup>  
CBR PARA EL 95% (0.1") = 2.25 %  
CBR PARA EL 95% (0.2") = 2.32 %

OBSERVACIONES:

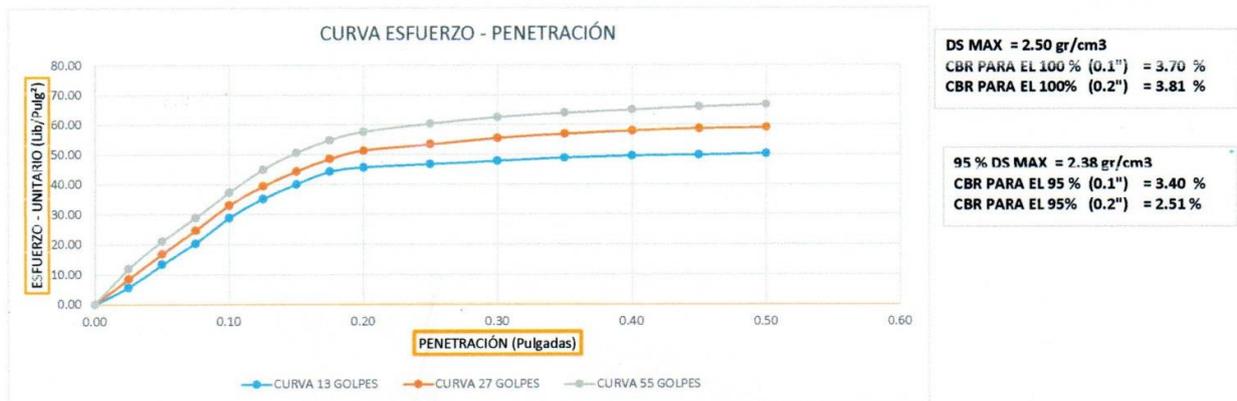
RESPONSABLE DEL ENSAYO			ASISTENTE DE LABORATORIO			ASESOR		
								
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ			NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO		
FECHA: 20/05/2023			FECHA: 20/05/2023			FECHA: 20/05/2023		

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR								
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429								
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"								
CALICATA:	C-2	MUESTRA	6% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:			TIERRA			
UBICACIÓN:		SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:			MOSTAZA/MARRON		
FECHA DE MUESTREO :		02/11/2022			RESPONSABLE:			JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO		
FECHA DE ENSAYO:		15/05/2023			REVISADO POR:			JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ		
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7236	7236	7242	7242	7216	7216			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13074.01	13444.68	13358.01	13775.01	13610.01	14073.34			
Peso Muestra húmeda	gr	5838.01	6208.68	6116.01	6533.01	6394.01	6857.34			
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67			
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.52	2.68	2.64	2.82	2.76	2.96			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.56	27.41	29.02	13.14	27.69	25.47	23.64	28.16	14.51
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	82.34	63.81	82.45	69.44	79.28	107.67	100.82	115.22	125.25
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	75.62	59.24	74.56	62.38	72.86	95.34	91.16	104.35	109.15
Peso del Agua	gr	6.72	4.57	7.89	7.06	6.42	12.33	9.66	10.87	16.10
Peso Muestra Seca	gr	47.06	31.83	45.54	49.24	45.17	69.87	67.52	76.19	94.64
Contenido de Humedad; W%	%	14.28	14.36	17.33	14.34	14.21	17.65	14.31	14.27	17.01
Promedio Contenido de Humedad	%	15.82			15.96			15.65		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.24			2.35			2.47		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura		Hinchamiento	Lectura		Hinchamiento	Lectura		Hinchamiento
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.22	3.10	3.05	1.24	3.15	2.81	0.95	2.41	2.15
48.00	2.00	1.68	4.27	4.20	1.59	4.04	3.61	1.18	3.00	2.68
72.00	3.00	1.84	4.67	4.60	1.86	4.72	4.22	1.56	3.96	3.54
96.00	4.00	2.47	6.27	6.18	2.36	5.99	5.35	1.89	4.80	4.29
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO			NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ				NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO			
FECHA: 20/05/2023			FECHA: 20/05/2023				FECHA: 20/05/2023			

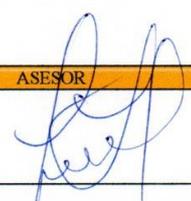
<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>				
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR		
	NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429		
	TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"		
CALICATA:	C-2	MUESTRA	6% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL: TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:	19/05/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

**CARGA-PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	21.77	1.97	5.62	32.66	1.61	8.43	46.27	2.28	11.94
1.27	0.05	51.71	2.55	13.34	65.32	3.22	16.85	81.65	4.03	21.06
1.91	0.08	78.93	3.89	20.36	95.25	4.70	24.57	111.58	5.51	28.79
2.54	0.10	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00	144.24	7.12	37.21
3.18	0.13	136.08	6.71	35.11	152.41	7.52	39.32	174.18	8.59	44.93
3.81	0.15	155.13	7.65	40.02	171.46	8.46	44.23	195.95	9.67	50.55
4.45	0.18	171.46	8.46	44.23	187.79	9.27	48.45	212.28	10.47	54.76
5.08	0.20	176.90	8.73	45.64	198.67	9.80	51.25	223.17	11.01	57.57
6.35	0.25	180.98	8.93	46.69	206.84	10.21	53.36	234.05	11.55	60.38
7.62	0.30	185.07	9.13	47.74	215.00	10.61	55.47	242.22	11.95	62.49
8.89	0.35	189.15	9.33	48.80	220.45	10.88	56.87	247.66	12.22	63.89
10.16	0.40	191.87	9.47	49.50	224.53	11.08	57.92	251.74	12.42	64.95
11.43	0.45	193.23	9.53	49.85	227.25	11.21	58.63	255.83	12.62	66.00
12.70	0.50	194.59	9.60	50.20	228.61	11.28	58.98	258.55	12.76	66.70

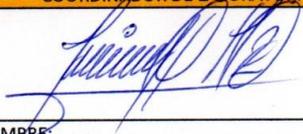


**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023	FECHA: 20/05/2023

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR								
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429								
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"								
CALICATA:		C-3	MUESTRA		PATRON		TIPO DE MATERIAL:		TIERRA	
UBICACIÓN:			SANTA BARBARA				COLOR DE MATERIAL:		MOSTAZA/MARRON	
FECHA DE MUESTREO :			02/11/2022				RESPONSABLE:		JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:			01/06/2023				REVISADO POR:		JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7240.00	7240.00	7234.00	7234.00	7299.00	7299.00	7299.00	7299.00	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13147.51	13425.51	13396.34	13743.84	13716.18	14156.34	14156.34	14156.34	
Peso Muestra húmeda	gr	5907.51	6185.51	6162.34	6509.84	6417.18	6857.34	6857.34	6857.34	
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.55	2.67	2.66	2.81	2.77	2.96	2.96	2.96	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	29.20	27.87	27.80	28.96	26.57	27.15	27.65	25.73	27.12
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	80.06	79.02	120.61	76.64	75.74	117.86	69.85	78.96	126.48
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	72.70	71.67	105.78	69.78	68.65	103.67	63.78	71.27	110.89
Peso del Agua	gr	7.36	7.35	14.83	6.86	7.09	14.19	6.07	7.69	15.59
Peso Muestra Seca	gr	43.50	43.80	77.98	40.82	42.08	76.52	36.13	45.54	83.77
Contenido de Humedad; W%	%	16.92	16.78	19.02	16.81	16.85	18.54	16.80	16.89	18.61
Promedio Contenido de Humedad	%	17.93			17.69			17.73		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.21			2.32			2.43		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
ACUMULADO		Lectura		Hinchamiento	Lectura		Hinchamiento	Lectura		Hinchamiento
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.78	4.52	4.45	1.75	4.45	3.97	1.27	3.22	2.88
48.00	2.00	2.20	5.59	5.51	2.15	5.46	4.88	1.63	4.14	3.69
72.00	3.00	2.55	6.48	6.38	2.50	6.35	5.67	1.94	4.93	4.40
96.00	4.00	2.98	7.57	7.46	2.86	7.26	6.49	2.24	5.69	5.08

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023

 <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>					
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-3	MUESTRA	PATRON	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	04/06/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

**CARGA-PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01					MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga		Esfuerzo			Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.03	19.05	0.94	4.91	23.95	1.18	6.18	27.22	1.34	7.02	
1.27	0.05	32.66	1.61	8.43	38.10	1.88	9.83	43.54	2.15	11.23	
1.91	0.08	43.54	2.15	11.23	48.99	2.42	12.64	57.15	2.82	14.74	
2.54	0.10	51.71	2.55	13.34	59.87	2.95	15.45	68.04	3.36	17.55	
3.18	0.13	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55	77.56	3.83	20.01	
3.81	0.15	62.60	3.09	16.15	73.48	3.63	18.96	84.37	4.16	21.77	
4.45	0.18	68.04	3.36	17.55	78.93	3.89	20.36	91.17	4.50	23.52	
5.08	0.20	70.76	3.49	18.25	84.37	4.16	21.77	96.62	4.77	24.92	
6.35	0.25	75.11	3.71	19.38	92.53	4.57	23.87	104.78	5.17	27.03	
7.62	0.30	77.56	3.83	20.01	97.98	4.83	25.28	111.58	5.51	28.79	
8.89	0.35	80.29	3.96	20.71	100.70	4.97	25.98	115.67	5.71	29.84	
10.16	0.40	83.01	4.10	21.41	103.42	5.10	26.68	121.11	5.98	31.24	
11.43	0.45	85.73	4.23	22.12	107.50	5.30	27.73	125.19	6.18	32.30	
12.70	0.50	88.45	4.36	22.82	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00	



DS MAX = 2.49 gr/cm3  
CBR PARA EL 100% (0.1") = 1.76 %  
CBR PARA EL 100% (0.2") = 1.65 %

95% DS MAX = 2.37gr/cm3  
CBR PARA EL 95% (0.1") = 1.62 %  
CBR PARA EL 95% (0.2") = 1.53 %

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023

<b>LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR				
NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429				
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"				
CALICATA:	C-3	MUESTRA	2% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	01/06/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7234.00	7234.00	7265.00	7265.00	7249.00	7249.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13048.84	13350.01	13172.51	13705.34	13527.18	14060.01
Peso Muestra húmeda	gr	5814.84	6116.01	5907.51	6440.34	6278.18	6811.01
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.51	2.64	2.55	2.78	2.71	2.94

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.67	25.26	8.76	27.98	25.40	7.10	26.89	27.45	7.12
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	118.86	125.16	47.16	118.84	106.34	52.94	106.34	137.52	42.28
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	105.78	110.78	40.89	105.76	94.67	45.90	94.89	121.65	36.78
Peso del Agua	gr	13.08	14.38	6.27	13.08	11.67	7.04	11.45	15.87	5.50
Peso Muestra Seca	gr	78.11	85.52	32.13	77.78	69.27	38.80	68.00	94.20	29.66
Contenido de Humedad; W%	%	16.75	16.81	19.51	16.82	16.85	18.14	16.84	16.85	18.54
Promedio Contenido de Humedad	%	18.15			17.49			17.69		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.18			2.27			2.40		

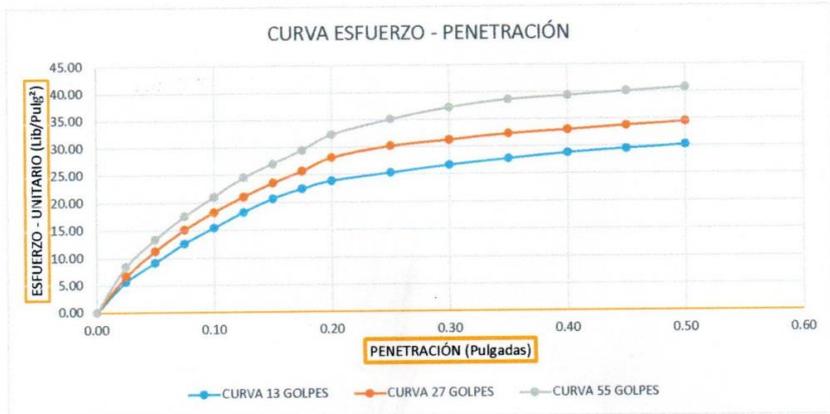
ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
ACUMULADO		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
24.00	1.00	1.51	3.84	3.78	1.50	3.81	3.40	1.09	2.77	2.47	
48.00	2.00	1.82	4.62	4.55	1.63	4.14	3.70	1.33	3.38	3.02	
72.00	3.00	2.31	5.87	5.78	2.18	5.54	4.94	1.74	4.41	3.93	
96.00	4.00	2.82	7.16	7.06	2.73	6.93	6.19	2.14	5.44	4.85	

<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023

 <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>				
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-3	MUESTRA	2% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL: TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA		COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO:	02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO:	04/06/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

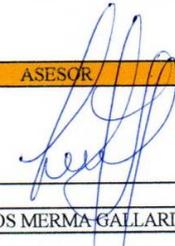
CARGA-PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga	Esfuerzo			Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	21.77	1.07	5.62	25.85	1.28	6.67	32.66	1.61	8.43
1.27	0.05	35.38	1.75	9.13	43.54	2.15	11.23	51.71	2.55	13.34
1.91	0.08	48.99	2.42	12.64	58.51	2.89	15.10	68.04	3.36	17.55
2.54	0.10	59.87	2.95	15.45	70.76	3.49	18.25	81.65	4.03	21.06
3.18	0.13	70.76	3.49	18.25	81.65	4.03	21.06	95.25	4.70	24.57
3.81	0.15	80.29	3.96	20.71	91.17	4.50	23.52	104.78	5.17	27.03
4.45	0.18	87.09	4.30	22.47	99.34	4.90	25.63	114.31	5.64	29.49
5.08	0.20	92.53	4.57	23.87	108.86	5.37	28.08	125.19	6.18	32.30
6.35	0.25	97.98	4.83	25.28	117.03	5.77	30.19	136.08	6.71	35.11
7.62	0.30	103.42	5.10	26.68	121.11	5.98	31.24	144.24	7.12	37.21
8.89	0.35	107.50	5.30	27.73	125.19	6.18	32.30	149.69	7.39	38.62
10.16	0.40	111.58	5.51	28.79	127.91	6.31	33.00	152.41	7.52	39.32
11.43	0.45	114.31	5.64	29.49	130.63	6.45	33.70	155.13	7.65	40.02
12.70	0.50	117.03	5.77	30.19	133.36	6.58	34.40	157.85	7.79	40.72

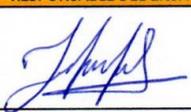
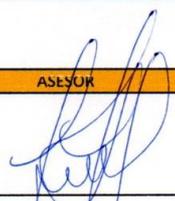


DS MAX = 2.49 gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 100 % (0.1") = 2.10 %  
 CBR PARA EL 100 % (0.2") = 2.16 %

95 % DS MAX = 2.37gr/cm<sup>3</sup>  
 CBR PARA EL 95 % (0.1") = 1.89 %  
 CBR PARA EL 95% (0.2") = 1.95 %

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023

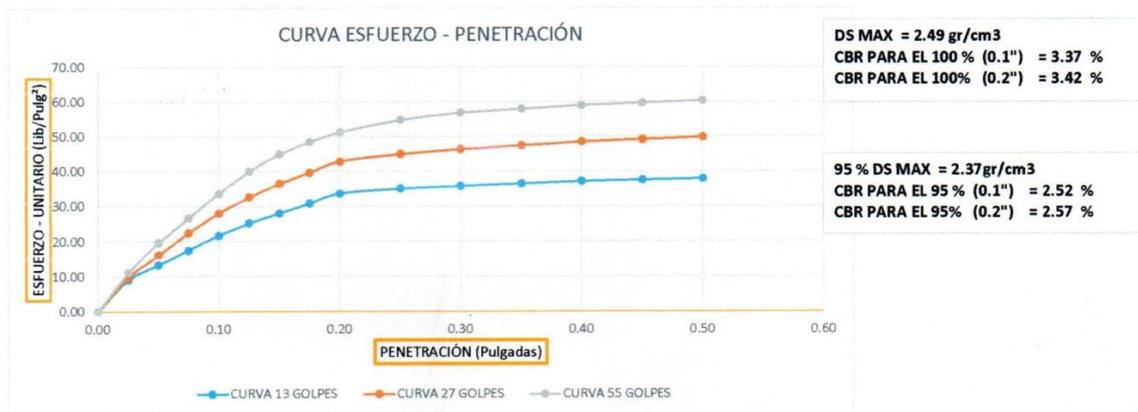
LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										
PROTOCOLO										
ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR										
NORMA: MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429										
TESIS: "UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"										
CALICATA:	C-3	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA					
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/MARRON					
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO					
FECHA DE ENSAYO:	05/06/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ					
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7241.00	7241.00	7246.00	7246.00	7234.00	7234.00	7234.00	7234.00	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13218.01	13588.68	13524.18	13941.18	13581.68	13581.68	14137.68	14137.68	
Peso Muestra húmeda	gr	5977.01	6347.68	6278.18	6695.18	6347.68	6347.68	6903.68	6903.68	
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.58	2.74	2.71	2.89	2.74	2.74	2.98	2.98	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	11.65	26.27	29.89	13.76	28.43	27.80	26.86	29.10	29.65
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	67.33	65.68	86.45	126.76	132.68	103.27	136.22	123.11	116.25
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	59.45	60.11	77.32	110.86	117.98	91.43	120.83	109.84	102.86
Peso del Agua	gr	7.88	5.57	9.13	15.90	14.70	11.84	15.39	13.27	13.39
Peso Muestra Seca	gr	47.80	33.84	47.43	97.10	89.55	63.63	93.97	80.74	73.21
Contenido de Humedad; W%	%	16.49	16.46	19.25	16.37	16.42	18.61	16.38	16.44	18.29
Promedio Contenido de Humedad	%	17.86			17.50			17.35		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.26			2.38			2.44		
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.33	3.38	3.33	1.31	3.33	2.97	0.97	2.46	2.20
48.00	2.00	1.48	3.76	3.70	1.59	4.04	3.61	1.12	2.84	2.54
72.00	3.00	2.03	5.16	5.08	1.88	4.78	4.26	1.46	3.70	3.30
96.00	4.00	2.66	6.76	6.66	2.55	6.48	5.78	1.95	4.95	4.42

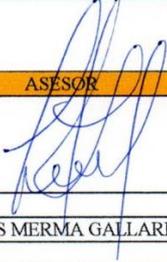
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR		
										
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO				NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ				NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO		
FECHA: 22/06/2023				FECHA: 22/06/2023				FECHA: 22/06/2023		

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
	NORMA:	MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
	TESIS:	"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-3	MUESTRA	4% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	10/06/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CARGA-PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01					MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga	Esfuerzo				Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.03	35.38	1.75	9.13	38.10	1.88	9.83	43.54	2.15	11.23	
1.27	0.05	51.71	2.55	13.34	62.60	3.09	16.15	76.20	3.76	19.66	
1.91	0.08	68.04	3.36	17.55	87.09	4.30	22.47	103.42	5.10	26.68	
2.54	0.10	84.37	4.16	21.77	108.86	5.37	28.08	130.63	6.45	33.70	
3.18	0.13	97.98	4.83	25.28	126.55	6.24	32.65	155.13	7.65	40.02	
3.81	0.15	108.86	5.37	28.08	141.52	6.98	36.51	174.18	8.59	44.93	
4.45	0.18	119.75	5.91	30.89	153.77	7.59	39.67	187.79	9.27	48.45	
5.08	0.20	130.63	6.45	33.70	166.01	8.19	42.83	198.67	9.80	51.25	
6.35	0.25	136.08	6.71	35.11	174.18	8.59	44.93	212.28	10.47	54.76	
7.62	0.30	138.80	6.85	35.81	179.62	8.86	46.34	220.45	10.88	56.87	
8.89	0.35	141.52	6.98	36.51	183.70	9.06	47.39	224.53	11.08	57.92	
10.16	0.40	144.24	7.12	37.21	187.79	9.27	48.45	228.61	11.28	58.98	
11.43	0.45	145.60	7.18	37.56	190.51	9.40	49.15	231.33	11.41	59.68	
12.70	0.50	146.96	7.25	37.91	193.23	9.53	49.85	234.05	11.55	60.38	



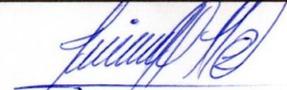
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023

<b>LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-3	MUESTRA	6% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN:	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022		RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	
FECHA DE ENSAYO:	05/06/2023		REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7236.00	7236.00	7252.00	7252.00	7244.00	7244.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13189.84	13583.68	13414.34	13831.34	13661.18	14124.51
Peso Muestra húmeda	gr	5953.84	6347.68	6162.34	6579.34	6417.18	6880.51
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.57	2.74	2.66	2.84	2.77	2.97

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	13.65	27.43	29.80	13.76	28.65	27.89	25.34	29.54	25.11
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	87.94	54.26	86.45	71.52	82.68	103.67	104.96	124.82	118.25
peso Muestra Seca + Recipiente	gr	77.34	50.45	77.21	63.28	74.98	91.32	93.64	111.23	103.78
Peso del Agua	gr	10.60	3.81	9.24	8.24	7.70	12.35	11.32	13.59	14.47
Peso Muestra Seca	gr	63.69	23.02	47.41	49.52	46.33	63.43	68.30	81.69	78.67
Contenido de Humedad; W%	%	16.64	16.55	19.49	16.64	16.62	19.47	16.57	16.64	18.39
Promedio Contenido de Humedad	%	18.04			18.05			17.50		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	2.25			2.33			2.44		

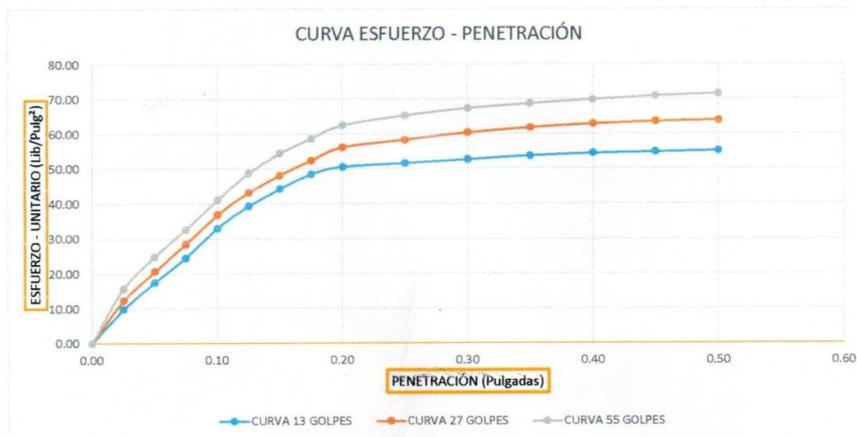
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.00	1.00	1.06	2.69	2.65	1.08	2.74	2.45	0.79	2.00	1.79
48.00	2.00	1.25	3.18	3.13	1.34	3.40	3.04	0.96	2.44	2.18
72.00	3.00	1.68	4.27	4.20	1.53	3.89	3.47	1.15	2.91	2.60
96.00	4.00	2.55	6.48	6.38	2.40	6.10	5.44	1.78	4.52	4.04

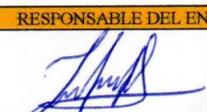
<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>					
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO -CBR			
NORMA:		MTC E 132/ ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:		"UTILIZACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE EN EL CASERÍO DE SANTA BÁRBARA, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2022"			
CALICATA:	C-3	MUESTRA	6% POLIETILENO	TIPO DE MATERIAL:	TIERRA
UBICACIÓN :	SANTA BARBARA			COLOR DE MATERIAL:	MOSTAZA/ MARRON
FECHA DE MUESTREO :	02/11/2022			RESPONSABLE:	JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO
FECHA DE ENSAYO :	10/06/2023			REVISADO POR:	JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ

CARGA-PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N° 01					MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	Carga	Esfuerzo				Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.64	0.03	38.10	1.88	9.83	47.63	2.35	12.29	61.23	3.02	15.80	
1.27	0.05	68.04	3.36	17.55	80.29	3.96	20.71	96.62	4.77	24.92	
1.91	0.08	95.25	4.70	24.57	110.22	5.44	28.44	126.55	6.24	32.65	
2.54	0.10	127.91	6.31	33.00	142.88	7.05	36.86	159.21	7.86	41.07	
3.18	0.13	152.41	7.52	39.32	167.38	8.26	43.18	189.15	9.33	48.80	
3.81	0.15	171.46	8.46	44.23	186.43	9.20	48.09	210.92	10.41	54.41	
4.45	0.18	187.79	9.27	48.45	202.76	10.00	52.31	227.25	11.21	58.63	
5.08	0.20	195.95	9.67	50.55	217.72	10.74	56.17	242.22	11.95	62.49	
6.35	0.25	200.03	9.87	51.61	225.89	11.15	58.28	253.10	12.49	65.30	
7.62	0.30	204.12	10.07	52.66	234.05	11.55	60.38	261.27	12.89	67.40	
8.89	0.35	208.20	10.27	53.71	239.50	11.82	61.79	266.71	13.16	68.81	
10.16	0.40	210.92	10.41	54.41	243.58	12.02	62.84	270.79	13.36	69.86	
11.43	0.45	212.28	10.47	54.76	246.30	12.15	63.54	274.88	13.56	70.91	
12.70	0.50	213.64	10.54	55.12	247.66	12.22	63.89	277.60	13.70	71.62	



RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: JHENIFFER PAOLA GUEVARA IDROGO	NOMBRE: JORGE LUIS HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO
FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023	FECHA: 22/06/2023

Anexo N° 02 Panel fotográfico

Figura 67 *Número de calicatas por el tipo de carretera*

*Número de calicatas por el tipo de carretera*

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 600 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m. 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.	1.50 m. 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.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	• 4 calicatas x km.	
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 subrasante 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 subrasante 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 subrasante del proyecto.	• 1 calicata x km.	

Nota: Adaptado de Manual de Carreteras Suelos, Geología y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos (p. 15), 2014.

**Figura 68:**

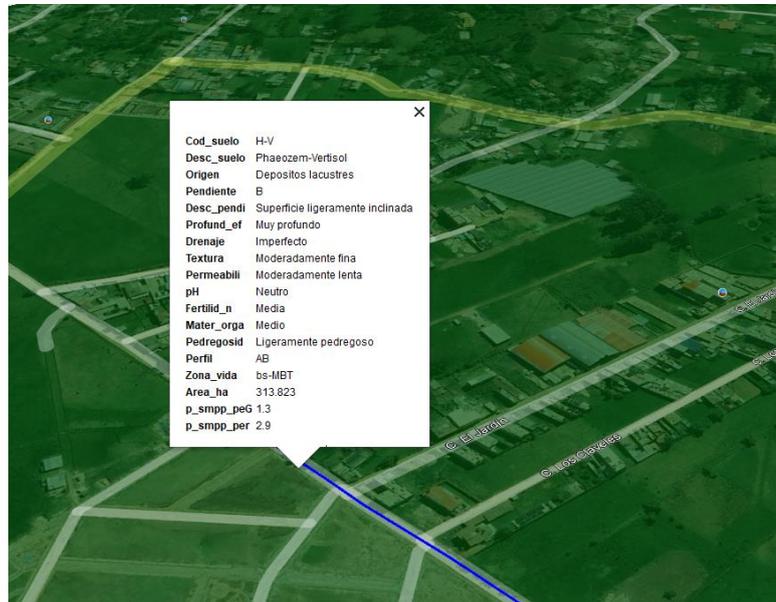
*Clasificación de suelos según el valor de CBR*

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%

Nota: Adaptado de Manual de laboratorio de Suelos, (p. 15), por J. Bowles, 2014.

**Figura 69**

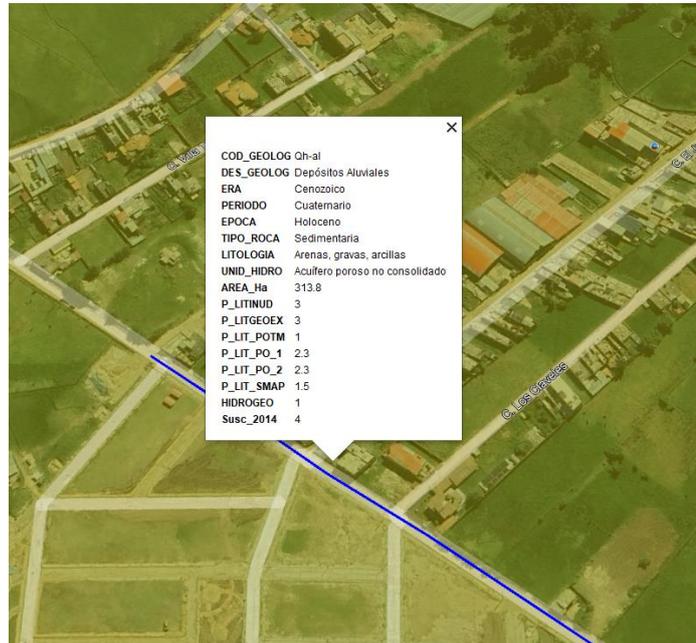
*Tipología del suelo de estudio según Geoservicios*



Nota: Geoservicios del Gobierno Regional de Cajamarca

**Figura 70:**

*Geomorfología de la zona en estudio*



Nota: Geoservicios del Gobierno Regional de Cajamarca

**Figura 71**

*Obtención de material calicata N° 01*



Nota: Elaboración propia, (2022).

**Figura 72**

*Obtención de material calicata N° 02*



Nota: Elaboración propia, (2022).

**Figura 73**

*Obtención de material calicata N° 03*



Nota: Elaboración propia, (2022).

**Figura 74**

*Bolsas de polietileno en proceso de fusión*



Nota: Elaboración propia, (2022).

**Figura 75**

*Obtención de las bolsas de polietileno en su estado sólido*



Nota: Elaboración propia, (2022).

**Figura 76**

*Polietileno en pequeñas proporciones*



Nota: Elaboración propia, (2022).

**Figura 77**

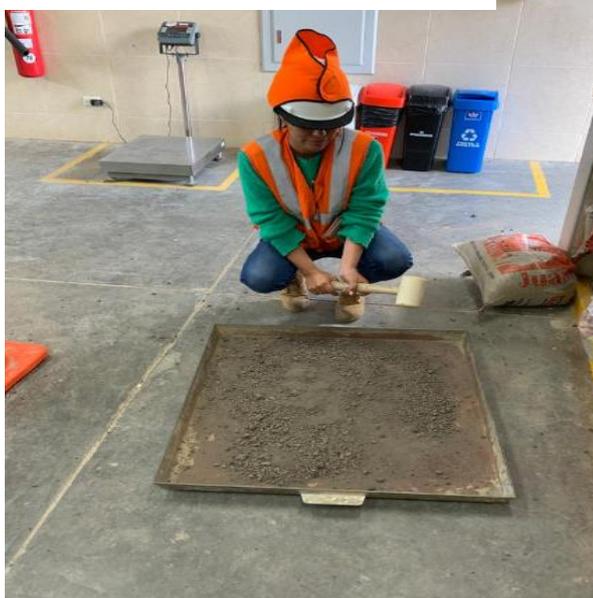
*Proceso de Solidificación del polietileno*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 78**

*Chancado de material*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 79**

*Contenido de humedad saturado*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 80**

*Limite plástico en el horno*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 81**

*Preparación de material más aditivo para proctor*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 82**

*Peso de muestra más molde de proctor con 2% polietileno*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 83**

*Peso de muestra de CBR más molde*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 84**

*Colocación de diales para ensayo de hinchamiento de CBR*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 85**

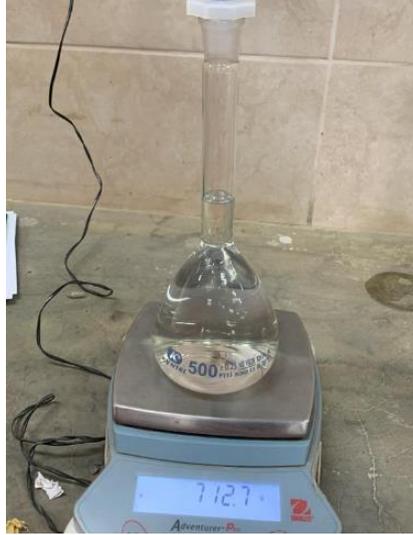
*Análisis granulométrico*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 86**

*Fiola más agua*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 87**

*Fiola más agua y muestra de suelo*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 88**

*Límite líquido*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 89**

*Peso de Límite Líquido*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 90**

*Límite plástico*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 91**

*Muestras de límite plástico*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 92**

*Preparación de mezcla para proctor*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 93**

*Muestra de proctor*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 94**

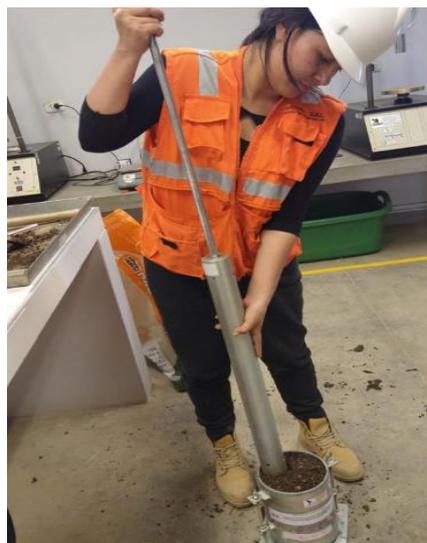
*Muestras de proctor en el horno*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 95**

*Apisonando material para CBR*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 96**

*Enrasando muestra de CBR*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 97**

*Muestras en el ensayo de hinchamiento*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 98**

*Medida de hinchamiento a las 24 horas*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 99**

*Registro de medida de hinchamiento a las 12 horas*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 100**

*Muestras en decantación*



Nota: Elaboración propia, (2023).

**Figura 101**

*Ensayo de penetración*



Nota: Elaboración propia, (2023).