

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“CARACTERIZACIÓN DEL USO DE RESTOS DE PVC PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DEL CBR DE UN MATERIAL GRANULAR TIPO BASE, CAJAMARCA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Luis Alexander Estrada Mendoza

Asesor:

Ing. Mg. Anita Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2020



## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo en primer lugar a Dios, quien guio mi camino, mis pensamientos y me dio la fuerza para seguir pese a las situaciones difíciles de la vida, a mis padres por su amor, su confianza puesta en mí, por el esfuerzo que realizaron día a día para poder apoyarme a cumplir mi sueño de ser un Ingeniero Civil, a mi abuelita, mis hermanos, y a todo familiar que me brindó su amor, atención y apoyo incondicional en los peores momentos de la vida, incentivándome a lograr mi objetivo, a mis mejores amigos y docentes quienes me enseñaron mucho sobre la vida y me brindaron su sustento. Este trabajo se lo dedico a todos ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por permitirme seguir con vida, por cuidar no solo de mí, si no de mis seres queridos, agradezco a mis padres por darme la maravillosa oportunidad de seguir mis estudios superiores y por su apoyo incondicional, a mi familia quienes también velan por mi bienestar físico y educativo, a mis mejores amigos y docentes por las ideas brindadas, por presionarme a terminar mis proyectos, por los aportes brindados en clase y fuera de ella para contribuir a mi formación. Gracias en general por todas buenas intenciones de verme crecer académicamente.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
Realidad problemática .....	9
1.1 Bases Teóricas.....	14
1.2 Formulación del problema .....	19
1.3 Objetivos .....	20
1.4 Hipótesis.....	20
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
2.1 Tipo de investigación .....	21
2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	21
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
2.4 Procedimiento .....	25
2.5 Aspectos éticos.....	28
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
1. Tipos de investigaciones, años y países .....	30
2. Grupo de estudio .....	34
<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
DISCUSIÓN .....	76
CONCLUSIONES .....	80
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>
Anexo 1. Ficha resumen .....	83
Anexo 2. Ficha de recolección de datos .....	84
Anexo 3. Manual Sobre el Uso de Restos de PVC para Mejorar la Capacidad Portante del CBR de un Material Granular Tipo Base .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Requerimientos Granulométricos para Base Granular.....	14
<b>Tabla 2</b> Requerimientos Agregado Grueso.....	15
<b>Tabla 3</b> Requerimientos Agregado Fino.....	15
<b>Tabla 4</b> Especificaciones Técnicas Constructivas.....	16
<b>Tabla 5</b> Pruebas de Compactación en Laboratorio.....	17
<b>Tabla 6</b> Propiedades Físicas Generales del PVC.....	18
<b>Tabla 7</b> Muestra 1- 6.....	22
<b>Tabla 8</b> Muestra 7 - 10.....	22
<b>Tabla 9</b> Cantidad de Investigaciones Según su Tipo de Investigación.....	30
<b>Tabla 10</b> Cantidad de Investigaciones por Año.....	31
<b>Tabla 11</b> Año y País de Investigación.....	32
<b>Tabla 12</b> Año y País de Investigación.....	33
<b>Tabla 13</b> Cantidad de Investigaciones por País.....	33
<b>Tabla 14</b> Resumen de Suelos-GE01.....	34
<b>Tabla 15</b> Resultado de CBR-GE01.....	35
<b>Tabla 16</b> <i>Resultados con uso de PVC-GE01</i> .....	35
<b>Tabla 17</b> <i>Resumen de Suelos-GE02</i> .....	37
<b>Tabla 18</b> Resultado de CBR-GE02.....	37
<b>Tabla 19</b> Resultados con Uso de PVC-GE02.....	37
<b>Tabla 20</b> <i>Resumen de Suelos-GE03</i> .....	39
<b>Tabla 21</b> Resultado de CBR-GE03.....	39
<b>Tabla 22</b> Resultados con uso de PVC-GE03.....	40
<b>Tabla 23</b> Resumen de Suelos-GE04.....	41
<b>Tabla 24</b> Resultado de Resistencia-GE04.....	41
<b>Tabla 25</b> Resultados con uso de PVC-GE04.....	42
<b>Tabla 26</b> Resumen de Suelos-GE05.....	43
<b>Tabla 27</b> Resultado de CBR-GE05.....	44
<b>Tabla 28</b> Resultados con uso de PVC-GE05.....	44
<b>Tabla 29</b> Resumen de Suelos-GE06.....	46
<b>Tabla 30</b> Resultado de CBR-GE06.....	46
<b>Tabla 31</b> Resultados con uso de PVC-GE06.....	46
<b>Tabla 32</b> Resumen de Suelos-GE07C1.....	48
<b>Tabla 33</b> Resultado de CBR-GE07C2.....	48
<b>Tabla 34</b> Resultados con uso de PVC-GE07C1.....	49
<b>Tabla 35</b> Resumen de Suelos-GE07C2.....	51
<b>Tabla 36</b> Resultado de CBR-GE07C2.....	51
<b>Tabla 37</b> Resultados con uso de PVC-GE07C2.....	51
<b>Tabla 38</b> Resumen de Suelos-GE07C3.....	53
<b>Tabla 39</b> Resultado de CBR-GE07C3.....	53
<b>Tabla 40</b> Resultados con uso de PVC-GE07C3.....	54
<b>Tabla 41</b> Resumen de Suelos-GE08M1.....	56
<b>Tabla 42</b> Resultado de CBR-GE08M1.....	56
<b>Tabla 43</b> Resultados con uso de PVC-GE08M1.....	56
<b>Tabla 44</b> Resumen de Suelos-GE08M2.....	58
<b>Tabla 45</b> Resultado de CBR-GE08M2.....	58
<b>Tabla 46</b> Resultados con uso de PVC-GE08M2.....	59
<b>Tabla 47</b> Resumen de Suelos-GE08M3.....	61
<b>Tabla 48</b> Resultado de CBR-GE08M3.....	61
<b>Tabla 49</b> Resultados con uso de PVC-GE08M3.....	61
<b>Tabla 50</b> Resumen de Suelos-GE08M4.....	63
<b>Tabla 51</b> Resultado de CBR-GE08M4.....	63
<b>Tabla 52</b> Resultados con uso de PVC-GE08M4.....	64
<b>Tabla 53</b> Resumen de Suelos-GE09.....	66
<b>Tabla 54</b> Resultado de CBR-GE09.....	66
<b>Tabla 55</b> Resultados con uso de PVC-GE09.....	66
<b>Tabla 56</b> Resumen de Suelos-GE010.....	68

<b>Tabla 57</b> Resultado de CBR-GE010 .....	68
<b>Tabla 58</b> Resultados con uso de PVC-GE010 .....	69
<b>Tabla 59</b> Resumen de Cantidad de Porcentajes Utilizados en el Grupo de Estudio.....	71
<b>Tabla 60</b> Resumen del Grupo de Estudios RGE-01 .....	72
<b>Tabla 61</b> Resumen del Grupo de Estudios RGE-02 .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Proceso de fabricación de PVC.....	18
<b>Figura 2</b>	Esquema de Investigación.....	21
<b>Figura 3</b>	Cantidad de Investigaciones Según su Tipo de Investigación .....	30
<b>Figura 4</b>	Cantidad de Investigaciones por Año – Barras.....	31
<b>Figura 5</b>	Cantidad de Investigaciones por Año – Lineal.....	32
<b>Figura 6</b>	Desarrollo de Investigaciones por Países en una Línea de 13 Años .....	33
<b>Figura 7</b>	Cantidad de Investigaciones por País de Origen.....	34
<b>Figura 8</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE01 .....	35
<b>Figura 9</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE01.....	36
<b>Figura 10</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE01 .....	36
<b>Figura 11</b>	% de adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE02.....	38
<b>Figura 12</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE02.....	38
<b>Figura 13</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE02.....	39
<b>Figura 14</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE03 .....	40
<b>Figura 15</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE03.....	41
<b>Figura 16</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora de la Resistencia-GE04 .....	42
<b>Figura 17</b>	Resistencia Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE04.....	43
<b>Figura 18</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE05 .....	44
<b>Figura 19</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE05.....	45
<b>Figura 20</b>	CBR Respecto al porcentaje de Adición de PVC-GE05 .....	45
<b>Figura 21</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE06.....	47
<b>Figura 22</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE06.....	47
<b>Figura 23</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE06.....	48
<b>Figura 24</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE07C1.....	49
<b>Figura 25</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE07C1.....	50
<b>Figura 26</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE07C1.....	50
<b>Figura 27</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE07C2.....	52
<b>Figura 28</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE07C2.....	52
<b>Figura 29</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE07C2.....	53
<b>Figura 30</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE07C2.....	54
<b>Figura 31</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE07C3.....	55
<b>Figura 32</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE07C3.....	55
<b>Figura 33</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M1 .....	57
<b>Figura 34</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M1 .....	57
<b>Figura 35</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M1 .....	58
<b>Figura 36</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M2 .....	59
<b>Figura 37</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M2 .....	60
<b>Figura 38</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M2.....	60
<b>Figura 39</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M3 .....	62
<b>Figura 40</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M3.....	62
<b>Figura 41</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M3.....	63
<b>Figura 42</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M4 .....	64
<b>Figura 43</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M4.....	65
<b>Figura 44</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M4.....	65
<b>Figura 45</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE09 .....	67
<b>Figura 46</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE09.....	67
<b>Figura 47</b>	CBR respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE09 .....	68
<b>Figura 48</b>	% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE010 .....	69
<b>Figura 49</b>	Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE010 .....	70
<b>Figura 50</b>	CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE10.....	70
<b>Figura 51</b>	Cantidad de Porcentajes Utilizados.....	71
<b>Figura 52</b>	Resumen del Grupo de Estudios 1-12 .....	73
<b>Figura 53</b>	Resumen del Grupo de Estudios 13-24 .....	74
<b>Figura 54</b>	Resumen del Grupo de Estudios 25-36 .....	74
<b>Figura 55</b>	Resumen del grupo de estudios 37-48.....	75

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general determinar la influencia de la adición de restos de PVC en la capacidad portante del CBR de un material granular tipo base para la Ciudad de Cajamarca, 2020. El tipo de metodología empleado es de carácter descriptivo no experimental con diseño longitudinal. Para el desarrollo de esta investigación la población y la muestra fue un grupo de estudio basado en investigaciones relacionadas al título, del total de las búsquedas solo se emplearon 10 investigaciones, se extrajeron datos importantes mediante el uso de Fichas de Resumen y de Fichas de Recolección. Como resultado se encontró que el PVC puede mejorar el CBR en más del 10% de la muestra patrón, también se pudo evidenciar que la densidad disminuye mientras más PVC se adiciona. Por último, el porcentaje de mejora del CBR depende del tipo de suelo y la dosificación de PVC incluida, es por tal motivo que se tiene como aporte de la investigación un Manual referente al uso de restos de PVC para mejorar la capacidad portante del CBR de un material granular tipo base.

**Palabras clave:** Restos de PVC, Policloruro de Vinilo, Mejoramiento de CBR, PVC en CBR e Influencia de PVC.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### **Realidad problemática**

El suelo es considerado como el material de construcción más abundante del mundo y muchas veces el único recurso local con que cuenta el ingeniero para sus obras; en este caso, se busca que sus características cumplan los requisitos que exigen dichos trabajos. (Lambe & Whitman, 1999).

En este caso el ingeniero debe intentar mejorar las propiedades del material ya sea por medios químicos o mecánicos. (Pari, 2013).

La construcción, como sector económico, está en una búsqueda continua de nuevas herramientas que permitan mejorar sus procesos, con el fin de disminuir el uso de recursos, cumplir con los estándares estipulados y minimizar los impactos ambientales. La industria de la construcción está ligada al desarrollo de un país, donde el crecimiento demográfico implica un aumento de infraestructura. (Ramos, 2007.).

El desecho de PVC se cataloga como un producto resistente que no se ve afectado por humus, líquidos corrosivos, soluciones ácidas, soluciones básicas, soluciones salinas, solventes y productos químicos; además, es resistente a las agresiones producidas por el medio ambiente. (Pari, 2013).

Amparado en estos conceptos, se ha planteado la idea de adicionar restos de PVC al CBR con la finalidad de mejorar sus características, así mismo reutilizar los desechos de PVC que se tienen en construcciones u obras donde intervenga dicho material y de esta manera contribuir con el medio ambiente. Además, se cuenta con los siguientes antecedentes:

Según Edgar Rodríguez; Hugo Rondón; Diana Vélez & Leidy Aguirre en su artículo extraído de Redalyc cuyo título es: “Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase”, del 2006. En su investigación

utilizó desecho de PVC como material de adición, para modificar el comportamiento de una subbase granular. A partir de ensayos de Proctor y CBR comparó el comportamiento del material natural, y mezclado con diferentes proporciones del desecho de PVC. Los resultados de la investigación muestran que el CBR de una mezcla de material granular, tipo subbase, y material de desecho, presenta un incremento notable. Además, la mezcla modificada logra cambiar el peso unitario del material, obteniéndose una mezcla con mayor resistencia y menor peso.

Además, en el 2008 Edwin Parí, en su Tesis titulada: “Influencia de la inclusión de desecho de Policloruro de Vinilo (PVC) sobre la capacidad de soporte de un material granular tipo Subbase en la ciudad de Juliaca”. En su tesis con un porcentaje de adición de desecho de PVC de 3% se presentó el mayor aumento de resistencia y el menor valor de peso unitario, lo que podría indicar que este es un porcentaje óptimo o el más cercano a este, además el desecho de PVC se cataloga como un producto resistente que no se ve afectado por humus, líquidos corrosivos, soluciones acidas, soluciones básicas, soluciones salinas, solventes y productos químicos; además, es resistente a las agresiones producidas por el medio ambiente.

En 2010 la Tesis denominada: “Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una sub base granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC” realizado por: Sebastián David & Luis Narváez, llega a las siguientes conclusiones: Con el uso de la adición de desecho de PVC entre el 3 y el 9% se presenta una disminución de la densidad seca máxima sin que esto afecte a la resistencia del material, por lo contrario se genera una relación inversamente proporcional: mientras la densidad seca máxima disminuye la resistencia aumenta. Con el uso de adición de desecho de PVC entre el 12 y el 25% se genera una relación directamente proporcional: mientras la densidad seca máxima disminuye la

resistencia también. Se determinó que el desecho de PVC mejora el CBR de una sub-base desde el 3% hasta el 9% de adición, siendo el 9% el porcentaje de desecho de PVC óptimo. Mientras que del 12% en adelante, el valor de CBR empieza a disminuir. García, Samuel; Bracho, Nicolino; López, William en su artículo científico extraído de EBSCO titulado: “Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto”. Sigue la metodología de luego de reciclar el plástico lo muele, en molino n molino industrial y molino mecánico, luego procedió a adicionar PVC en diferentes concentraciones a la mezcla cemento: agua: arena, luego dejo en curado por 7 días y se realizó la prueba a compresión obteniendo como resultado que los bloques fabricados adicionando solo residuos de PVC de relleno presentaron mejoras en las propiedades físicas y mecánicas, comparados con los fabricados sin residuos plásticos.

Palomino Saldaña, Yelsin Edilberto en 2016 con su artículo científico “Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016”. Obtuvo las muestras de suelos arcillosos de un banco de arcilla, analizó el suelo en el laboratorio con los ensayos de contenido de humedad, ensayo granulométrico y límites de Atterberg, clasificación, peso específico, Proctor modificado y California Bearing Ratio trabajando con alas dosificaciones de cloruro de sodio de cloruro de sodio en 4%,8% y 12 % en el índice California Bearing ratio (CBR) y obtuvo como resultado de esta investigación que la adición del cloruro de sodio en porcentajes de 4%, 8% y 12% incrementa el valor del CBR hasta en un 10% en comparación a la muestra patrón y para un CBR al 0.1”: con la muestra patrón el CBR de 4.43%, adicionando 4% de cloruro de sodio un CBR de 4.50%, adicionando 8% de cloruro de sodio el CBR de 4.70%, adicionando 12% de cloruro de sodio el CBR de 4.85%;

También en Perú en el año 2016 Alarcón Nina, Carol Sharmely Zamalloa Bohórquez, Jhonatan, en su artículo de investigación extraído de Google Académico y denominado: “Análisis de la capacidad de soporte (CBR) de la sub base para pavimentos flexibles estabilizada con termoplástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)” Usa Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) como estabilizador al material granular de subbase con un CBR = 51.04 % para pavimentos flexibles; de esta manera agrego diferentes porcentajes de termoplástico ABS: 1.5%; 2.5%; 3.5% y 4.5% del peso seco del material. De este modo, actuando en conjunto el material adicionado con dicho estabilizador (ABS); el pavimento logrará disipar las cargas y los resultados obtenidos son: la adición del termoplástico ABS en porcentajes 2.5%, 3.5% y 4.5% optimiza considerablemente la capacidad de soporte (% CBR) de 51.04 a 55.04, 59.54 y 64.90 respectivamente, así mismo la densidad disminuye de 2.20 g/cm<sup>3</sup> a 2.17 g/cm<sup>3</sup> con 1.5 % de ABS, 2.13 g/cm<sup>3</sup> con 2.5% de ABS, 2.08 g/cm<sup>3</sup> con 3.5% de ABS y 2.06 g/cm<sup>3</sup> con 4.5 % de ABS.

Por el contrario, Rondón Quintana, Hugo Alexander; Reyes Lizcano, Fredy Alberto; Ojeda Martínez, Blanca Esperanza en Colombia en el año 2018 termina su artículo científico sobre: “Comportamiento de una mezcla densa de asfalto en caliente modificada con desecho de Policloruro de Vinilo (PVC)”, en donde se ensayó una mezcla asfáltica densa en caliente modificada con desecho de Policloruro de Vinilo. Para la evaluación del comportamiento de las mezclas asfálticas convencionales y modificadas realizo ensayos Marshall, módulo dinámico y deformación permanente. Obteniendo como resultado que agregar PVC de desecho al asfalto para intentar mejorarlo o modificar alguna de sus propiedades, contribuirá al ambiente reduciendo el impacto negativo que produce.

Reyes Lizcano, Fredy Alberto; Guáqueta Echeona, Catalina; Porras Salcedo, Laura Melissa realizaron el artículo científico extraído de Redalyc y titulado: “Comportamiento de un cemento asfáltico modificado con un desecho de PVC” Quien experimento las propiedades físicas y geológicas a altas temperaturas de servicio de un cemento asfáltico (CA) modificado con un desecho de Policloruro de Vinilo (PVC) y obtuvo como resultado: l mayor resistencia a la penetración y temperatura a la cual comienza a fluir el material se obtiene cuando se utiliza una relación PVC/CA de 15 %. Con esta relación se observa una disminución de 59.2 % y 74.9 % en los valores de penetración con respecto al CA convencional cuando estos materiales son mezclados durante 20 y 40 minutos, respectivamente.

Finalmente, un artículo científico denominado “Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de Policloruro de Vinilo” y que fue elaborado por: Prada, Oscar; Rondón, Hugo; González, Gioconda; Reyes, Freddy, en el año 2010 cuya metodología fue elaborar mezclas asfálticas con un cemento asfáltico (CA) producido en Venezuela tipo A20 y según la especificación de la Comisión Venezolana de Normas Industriales - COVENIN (2000). Para el CA con y sin aditivo se realizaron ensayos de caracterización de asfaltos como penetración, punto de ablandamiento y viscosidad. La modificación de las mezclas se realizó por vía húmeda y los resultados indican que las mezclas modificadas con desecho de PVC experimentan mayor rigidez (bajo carga monotónica y cíclica) y resistencia a la deformación permanente en comparación con las convencionales. De la misma forma, el CA modificado presenta mayor resistencia a la penetración, punto de ablandamiento, viscosidad y menor susceptibilidad térmica a fluir que el convencional.

## 1.1 Bases Teóricas

Se denomina **material granular** a cualquier tipo de material gravoso proveniente de trituración de rocas y gravas, o de la extracción del lecho de un río. Este material es expuesto a distintos ensayos de laboratorio entre ellos: granulometría, desgaste (Máquina de los Ángeles), ensayos de CBR. Estos ensayos se realizan con la finalidad de analizar si un material cumple o no con las características para ser usada para construcciones, formación de bases o subbases.

De acuerdo con el MTC (2018), en su glosario de términos nos menciona que: una **base granular** es parte de la estructura del pavimento, constituida por una capa de material seleccionado que se coloca entre la subbase o subrasante y la capa de rodadura. Este material también debe cumplir con ciertas características:

La composición final de los materiales presentará una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos de una de las franjas granulométricas que se indican. Para las zonas con altitud iguales o mayores a 3000 msnm. se deberá seleccionar la gradación "A". (MTC, 2013).

**Tabla 1**

*Requerimientos Granulométricos para Base Granular*

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50mm. (2")	100	100		
25mm. (1")		75 - 95	100	100
9.5mm. (3/8 ")	30 – 65	40- 75	50 - 85	60 - 100
4.75mm. (N°4)	25 - 55	30 - 60	36 - 65	50 - 85
2,0mm. (N°10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
425µm. (N°40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
2,0mm. (N°200)	2 - 8	5 - 15	5- 15	8 - 15

*Fuente: ASTM D1241*

**Tabla 2**

*Requerimientos Agregado Grueso*

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210 - 2000	80 % mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E210 - 2000	40 % mínimo	50 % mínimo
Abrasión Los Ángeles	MTC 400.019: 2002	40 % máximo	
Sales Saludables	MTC 339.152: 2002	0.5 % máximo	
Pérdida con sulfato de Sodio	MTC 400.016: 1999		12 % máximo
Pérdida con sulfato de Magnesio	MTC 400.016: 1999		18 % máximo

*Fuente: SENCICO, 2010. CE. 010*

**Tabla 3**

*Requerimientos Agregado Fino*

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.	2 % mín.
Equivalentes de arena	MTC E 114	35 % mín.	45 % mín.
Sales solubles	MTC E 219		0.5 % máximo
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		35 % mínimo

*Fuente: Manual de Carreteras 2013*

**Tabla 4**

*Especificaciones Técnicas Constructivas*

Elemento / Tipo de pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub – rasante		95% de compactación: Suelos Granulares – Proctor Modificado Suelos Cohesivos – Proctor Estándar Espesores compactados: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub - base		CBR ≥ 40 % 100 % compactación Proctor Modificado	100 % compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30%
Base		CBR ≥ 80 % 100 % compactación Proctor Modificado	N. A.	CBR ≥ 80 % 100% compactación Proctor Modificado
Imprimación / capa de apoyo		Penetración de la imprimación ≥ 5 mm	N. A.	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 20 y 40 mm.
Espesor de la Capa de Rodadura	Vías locales	≥ 50 mm		≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm	≥ 150 mm	≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR

*Fuente: SENCICO, 2010. CE. 010*

**La capacidad portante** es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa. (*MTC, 2018*).

Según la norma ASTM D 1883-07, el CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración.

Se define **CBR**, el parámetro del ensayo, como la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1” (2.5 cm) y 0.2” (5 cm) en el suelo ensayado, y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje.

B.K Hough, define **Compactación** al término usado para la designación de cualquier procedimiento para incrementar la densidad del suelo. Dentro de la compactación se tienen dos ensayos los cuales son: Proctor modificado y Proctor estándar de los cuales solo uno se realiza de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 5**

*Pruebas de Compactación en Laboratorio*

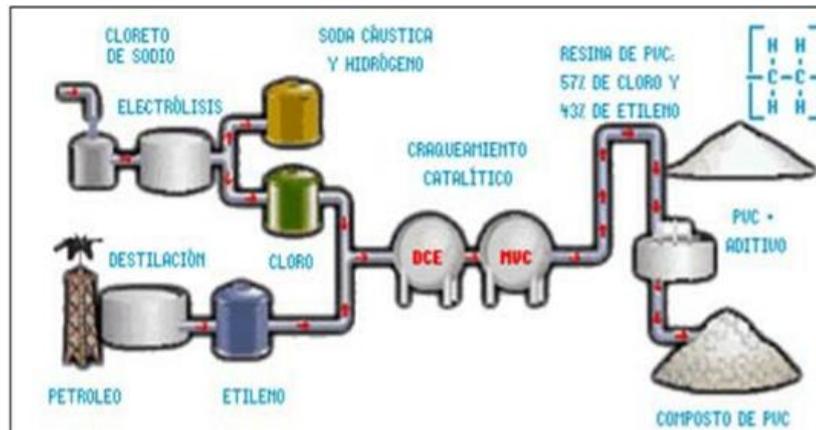
Tipo de ensayo	Proctor Estándar ASTM D698.91 (98)			Proctor Estándar ASTM D1557.91 (98)		
Método	A	B	C	A	B	C
Condiciones para la elección del método	% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8'' ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 > 20%	% Ret. Acum. 3/4'' ≤ 30% % Ret. Acum. 3/8'' > 20%	% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8'' ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 > 20%	% Ret. Acum. 3/4'' ≤ 30% % Ret. Acum. 3/8'' > 20%
Tipo de material utilizado	Pasante la malla N° 4	Pasante la malla 3/8''	Pasante la malla 3/4''	Pasante la malla N° 4	Pasante la malla 3/8''	Pasante la malla 3/4''
N° de capas (n)	5	5	5	3	3	3
N° de capas (N)	25	25	56	25	25	56
Diámetro del molde (cm)	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
Altura del molde (cm)	11.16 ± 0.05	11.16 ± 0.05	11.16 ± 0.05	11.16 ± 0.05	11.16 ± 0.05	11.16 ± 0.05
Volumen del molde V (cm)	944 ± 0.14	944 ± 0.14	2124 ± 0.25	944 ± 0.14	944 ± 0.14	2124 ± 0.25
Peso de martillo W (kg)	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
Altura de caída del martillo h (cm)	30.48 ± 0.13	30.48 ± 0.13	30.48 ± 0.13	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
Diámetro del martillo (cm)	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
Energía de compactación (Kg/cm) vm3)	6.054	6.054	6.054	27.485	27.485	27.363

*Fuente: (Clase Ing. Llique, 2017)*

**El Policloruro de Vinilo (PVC)** es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Sus materias primas provienen del petróleo (en un 43%) y de la sal común, recurso inagotable (en un 57%). Sólo el 4% del consumo total del petróleo se utiliza para fabricar materiales plásticos, de ellos únicamente una octava parte corresponde al PVC. (*Quiminet, 2006*)

**Figura 1**

*Proceso de fabricación de PVC*



**Fuente:** Tesis: “Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una subbase granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC2

**Tabla 6**

*Propiedades Físicas Generales del PVC*

Propiedad	Referencia
Punto de ebullición (°C)	- 13,9 +/- 0,1
Punto de congelación (°C)	- 153,7
Densidad a 28,11°C (gr/cm³)	0,8955
Calor de fusión (Kcal/mol)	1,181
Calor de vaporización	5.735
Índice de refracción a 15°	1,38
Viscosidad a - 10°C (m Poisses)	2,63
Presión de vapor a 25°C (mm)	3,000
Calor específico del líquido (cal/g)	0,38
Calor específico del vapor	10,8 - 12,83
Calor de combustión a 80°C (Kcal/mol)	286

**Fuente:** Explorador de Wikipedia

**Propiedades Mecánicas:**

- Módulo elástico:  
2.14 - 4.14 GPA
- Coeficiente de Poisson:  
0.383 - 0.407
- Resistencia mecánica a la compresión:  
42.5 - 89.6 MPa

- Resistencia mecánica a la tracción:  
40.7 - 65.1 MPa
- Tenacidad a fractura (K Ic):  
1.46 - 5.12 MPa·m<sup>1/2</sup>
- Comportamiento a tracción:  
40 – 80 %
- Dureza:  
10.6 - 15.6 HV

*Fuente: Universidad Barcelona*

La estabilización de suelos es muy común en el Perú y en nuestra región, sin embargo, es poco usual mejorar o estabilizar un suelo con material reciclado (PVC) porque esto conlleva a estudiar previamente las características y propiedades de dicho material, en consecuencia, se hace necesaria la investigación del uso de restos de PVC en nuestra región.

Desde otra perspectiva los desechos de PVC son fáciles de encontrar, no generan mucho gasto económico y su utilización ayudaría a mitigar la contaminación generada en las construcciones. Por tal motivo es que el presente trabajo tiene como finalidad el estudio de la caracterización del uso de restos de PVC para mejorar la capacidad portante de suelos granulares por medio del análisis de investigaciones similares realizadas con anterioridad y que brindan información fidedigna. Finalmente dando como resultado un manual en cual se proporcionará información detallada de la estabilización del suelo con el uso de restos de PVC, contribuyendo al conocimiento científico y siendo base para futuros tesis que tengan la intención de constatar el mejoramiento de la capacidad portante de material granular tipo base usando restos de PVC.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo influye en la capacidad portante del CBR de un material granular, la adición de restos de PVC?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la influencia de la adición de restos de PVC en la capacidad portante del CBR de un material granular tipo base.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Recopilar y analizar estudios sobre el mejoramiento de la capacidad portante de CBR de material granular tipo base, subbase.
- Determinar las características del material granular, las cuales deben cumplir con las especificaciones técnicas de materiales del Manual de Carreteras MTC.
- Comparar resultados de la capacidad portante de CBR adicionando restos de PVC en diferentes países y regiones.
- Elaborar un manual sobre el uso de restos de PVC para mejorar la capacidad portante del CBR de un material granular tipo base, según porcentajes utilizados en el grupo de estudio.

### **1.4 Hipótesis**

La capacidad portante del CBR de un material granular adicionando restos de PVC mejora hasta en un 10%.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación a realizarse en la presente Tesis es de carácter no experimental, tipo descriptiva porque solo se estudió características y propiedades más representativas de la información recopilada sin ninguna alteración de la variable.

Las investigaciones no experimentales no establecen, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos. **(Borja, 2012)**

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. **(Sabino, C.)**

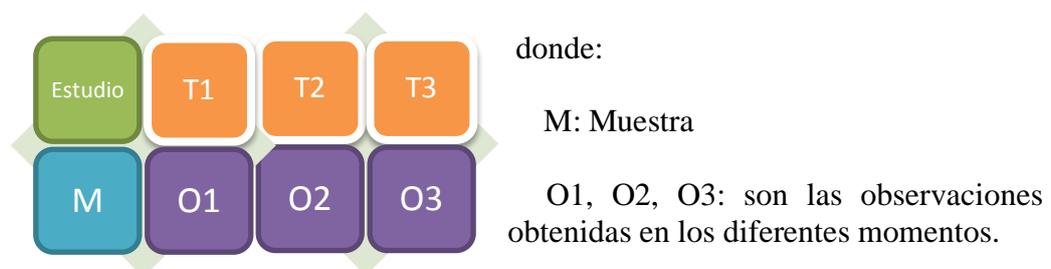
#### Diseño de investigación:

Diseños Longitudinales: Estudian la evolución del fenómeno a través del tiempo.

Corresponde a las investigaciones históricas. **(Borja, 2012)**

#### Figura 2

*Esquema de Investigación*



### 2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### Grupo de estudio:

El grupo de estudio en el presente trabajo de investigación fue determinado por criterio del investigador, eligiendo un total de 10 investigaciones a analizar referente al tema, se optó tanto por tesis y artículos científicos, teniendo en cuenta criterios para poder incluirlos dentro del desarrollo investigativo.

**Tabla 7**

*Muestra 1- 6*

Autor (es)	Título
Tatiana Carlina, Blanco Diaz Yiseth Paola, Brango Negrete José Miguel, Rivera Gonzáles	Reutilización del desecho de PVC como agente estabilizador de sub- bases granulares.
Edgar, Rodríguez Rincón Hugo Alexander, Rondón Quintana Diana Marcela, Vélez Pinzón Leidy Carolina, Aguirre Aguirre	Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase
Henry Kelvin, Briones Escobedo Martin Enrique, Paredes Arteaga	“Evaluación de la incorporación de partículas de tubos PVC SAP en el CBR de un suelo granular tipo subbase en la ciudad de Trujillo”
Juan Paul Edward, Henríquez Ulloa	Evaluación de las proporciones del residuo PVC de tapicería sobre la resistencia a la compresión, flexión asentamiento y costos en un concreto para pavimento rígido, Trujillo – La Libertad, 2017.
Sebastián David, Lascano Luis Aníbal, Narváez Sánchez	Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una subbase granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC.
Edwin Rene, Pari Pari	Influencia de la inclusión de desechos de Policloruro de Vinilo (PVC) sobre la capacidad de soporte de un material granular tipo subbase en la ciudad de Juliaca.

**Tabla 8**

*Muestra 7 - 10*

Autor (es)	Titulo
Freddy, Quispe Supo	Estabilización de suelos no aptos con desechos de Policloruro de Vinilo para su uso en la conformación de la capa base y subbase de pavimentos
Brenda Ruth, Del Castillo Ruiz	Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase en la ciudad de Trujillo.
Paola Esteffany, Saravia Álvarez Franklin Gonzalo, Vejarano Ferrer	Influencia de la adición de Policloruro de Vinilo reciclado sobre la compactación, capacidad de soporte y resistencia a la abrasión de un material granular para la capa base del pavimento flexible de la carretera Huanchaco – Santiago de Cao
Edwin Rubén, Morales Díaz	Evaluación de la capacidad de soporte de subbases granulares tipo 3, con la adición de PVC reciclado a base de residuos de ropa industrial.

Todos los artículos y tesis incluidos en la muestra cumplen con: tienen relación del título general investigado, se relacionan con la variable de estudio (uso de restos de PVC para mejorar suelos) y todas han sido aprobadas y evaluadas por profesionales expertos en la materia.

## 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.3.1 Técnicas

El presente estudio de investigación se elaboró con la técnica de revisión documental, que consiste en recopilar información de investigaciones realizadas con anterioridad, que guarden relación directa con el título de la investigación. De la información obtenida se analizó y se extrajo objetivos, metodologías, resultados, los cuales fueron relacionados con los demás estudios para obtener semejanzas y diferencias.

La revisión documental permite identificar las investigaciones elaboradas con anterioridad, las autorías y sus discusiones; delinear el objeto de estudio; construir premisas de partida; consolidar autores para elaborar una base teórica; hacer relaciones entre trabajos; rastrear 3 preguntas y objetivos de investigación; observar las estéticas de los procedimientos (metodologías de abordaje); establecer semejanzas y diferencias entre los trabajos y las ideas del investigador; categorizar experiencias; distinguir los elementos más abordados con sus esquemas observacionales; y precisar ámbitos no explorados. (**Valencia**)

### 2.3.2 Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos empleados en esta investigación descriptiva son:

**Ficha de resumen:** En esta ficha se tendrán en cuenta los siguientes parámetros: Título de la investigación (Tesis, artículos científicos), autor, año, país, objetivos (general y específicos), metodología, resultados, conclusiones y bibliografía.

**Ficha de recolección de datos:** Para esta ficha se tendrá en cuenta parámetros de: clasificación del suelo, uso del suelo, procedencia, uso de combinación de agregados, contenido de humedad, límites de Atterberg, densidad máxima, contenido de humedad óptimo, Proctor y CBR, procedencia del PVC, porcentaje de uso de restos de PVC y finalmente en cuanto mejora la resistencia de CBR.

### 2.3.1 Análisis de datos

**Técnicas:**

Técnica utilizada para el análisis de datos es la estadística descriptiva. Los datos recolectados mediante fichas son analizados y comparados en conjunto por medio de tablas y gráficos.

### **Instrumentos**

El instrumento para análisis de datos son hojas de Microsoft Excel.

El programa de Microsoft Excel cuenta con hojas de cálculo las cuales sirven para ordenar, sintetizar, agrupar, relacionar, graficar diferentes datos textuales y numéricos. Por ende, se utilizará estas hojas de cálculo para procesar los datos obtenidos en la ficha de resumen y en la ficha de recolección de datos.

## **2.4 Procedimiento**

### **2.4.1 Procedimiento de recolección de datos**

- 1) Selección y búsqueda de información: Mediante el uso de diferentes plataformas de búsqueda como Redalyc, ProQuest, Scielo y entre otras se realiza la recopilación de investigaciones relacionadas al uso de PVC o de Policloruro de Vinilo en el mejoramiento de suelos, todas las investigaciones que cumplan con los criterios de inclusión (las variables guardan relación con el título de la tesis, investigaciones con credibilidad, su año de antigüedad es considerable, los títulos se relacionan).
- 2) Fichas: Luego de encontrar y seleccionar las investigaciones a usar se procede a usar las fichas anteriormente descritas.
  - a) Ficha de resumen: Esta ficha es la que se usa para recolectar los datos generales de cada investigación y tener una idea de todo su contenido en una forma resumida: título, año, autor, país, resumen, objetivo, conclusiones, metodología y resultados.

- b) Ficha de recolección de datos: Es aplicada luego de la primera ficha para extraer datos técnicos, y hacer un estudio más exhaustivo del contenido: clasificación del suelo, tipo de suelo, procedencia, densidad, contenido de humedad, límites de Atterberg, permeabilidad, Proctor y CBR, procedencia del PVC y finalmente en cuanto mejora la resistencia de CBR.

#### **2.4.2 Procedimiento de análisis de datos**

- 1) Ordenamiento y agrupación en hojas Excel: Mediante el empleo del software Microsoft Excel, se ordena y agrupa la información mediante criterios, para mantener una información ordenada y de fácil accesibilidad al momento de procesar datos.
- a) Estudios de acuerdo con el año de su publicación. Los estudios se presentan en gráficos de barras, indicando la cantidad de investigaciones que se obtuvieron por año y de esta manera analizar la continuidad de la investigación del uso de restos de PVC para mejorar la capacidad portante de material granulares tipo base.
- b) Estudios según su tipo de investigación (Tesis, Paper, entre otros). Los estudios son contabilizados en un cuadro de Microsoft Excel según el tipo de investigación, luego se presenta en un gráfico circular los porcentajes de incidencia de cada tipo de investigación siendo el 100% igual la cantidad del grupo de estudio (100% = 10).

- c) Información del suelo a mejorar o mejorado. Se emplea el uso de cuadros para resumir las características del suelo como: su procedencia, el uso que se le dará, si se empleó combinación de agregados, límites de Atterberg, su clasificación (AASHTO y SUCS), densidad máxima, contenido óptimo de humedad, Proctor, su CBR con y si restos de PVC. Luego de ordenar estos cuadros resumen de cada tesis, se procede a elaborar cuadros en donde se comparen cada una de estas características del suelo y se presenten en gráficos de barras y gráficos circulares.
  - d) Información del PVC. También se usarán tablas para organizar la información de cada investigación referente a la procedencia del PVC, los porcentajes de adición. Luego de organizar la información por investigación se elaboran cuadros de comparación para ser representados en gráficos circulares y de barras.
  - e) Información del % de mejora de la resistencia – CBR. Se ordena en una tabla en que porcentaje mejoro el CBR de acuerdo con la dosificación y al tipo de suelo todo esto para cada investigación, luego de manera general se realiza al igual que los pasos anteriores, una tabla de comparación general la que se graficara en forma circular y de barras.
- 2) Comparación y análisis de resultados. En esta parte final se comparan todos los porcentajes de mejora que ha tenido el suelo de acuerdo con sus características, procedencia y porcentaje de aplicación del PVC, de esta manera se sabrá cual fue el mejor resultado. Se define en este punto una

referencia de porcentaje o de dosis óptimas a ser emplearlo en la mejora de un determinado tipo de suelo en distintas obras de infraestructura civil.

- 3) Producto final: Como resultado del análisis elabora un manual en el que se describe paso a paso el procedimiento para la preparación del suelo, su clasificación, el uso de combinación de agregados si fuera el caso, límites de Atterberg, su densidad máxima, contenido óptimo de humedad, su tipo de Proctor y entre otras características del suelo. De la misma manera se detalla la dosificación recomendada para la aplicación de restos de PVC según la procedencia de este y el uso que se dará al suelo.

## **2.5 Aspectos éticos**

Uno de los principios éticos que se está tomando es el de beneficencia, esto debido a que el presente trabajo no solo es para el propio beneficio sino también para el de la población, debido a los resultados de la investigación motivaran a la investigación experimental del uso de restos de PVC y así reutilizar un material excedente en muchas obras. el cual si no es tratado y eliminado correctamente influirá en los cambios del medio ambiente.

Así mismo desarrollo el principio de autonomía, realizando el presente trabajo en pleno uso de libertad y sin presión alguna. Del mismo modo para las personas que colaboren con mi trabajo será bajo el principio de autonomía.

### **2.5.1 Normas éticas**

El trabajo desarrollado cuenta con la norma de confidencialidad, todo texto, tabla, ilustración, gráfico u otro elemento que no sea de mi autoría estará con su respectiva citación, para que así no pueda atentar con la autoría intelectual de cada autor, del cual estoy apoyando el presente trabajo investigativo.

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos o del procesamiento de estos no serán manipulados en ningún momento, se presentarán según se obtengan, de esta manera se cumple con la norma de veracidad en cuanto a resultados.

La norma de consentimiento es también una de las que se está cumpliendo al no modificar ningún texto, ninguna tabla, imagen o ilustración sin permiso del autor correspondiente o de la fuente de donde se está obteniendo información.

Con todo lo mencionado mantengo la fidelidad a todo resultado obtenido, a que todo elemento que sea de otra autoría será citado.

### **2.5.2 Código ético**

Responsabilidad con el medio Ambiente buscando la manera de reusar materiales contaminantes, para mejorar elementos estructurales con el uso de una nueva tecnología aplicada a la carrera de Ingeniería Civil desarrollada en la Universidad Privada del Norte.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 1. Tipos de investigaciones, años y países

#### 1.1 Tipo de investigación

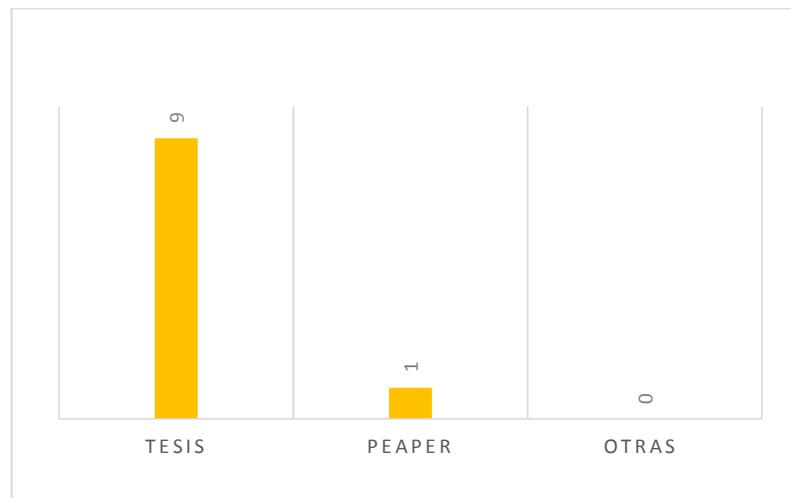
**Tabla 9**

*Cantidad de Investigaciones Según su Tipo de Investigación*

Tipo de investigación	Cantidad
Tesis	9
Paper	1
Otras	0

**Figura 3**

*Cantidad de Investigaciones Según su Tipo de Investigación*



Del total del grupo de estudios en la presente investigación la mayor cantidad de estudios fueron de 9 las cuales fueron Tesis, mientras que solo una es un Paper. Todas las investigaciones encontradas son de plataformas científicas de búsqueda como, Google Académico, ProQuest, Redalyc, entre otras.

## 1.2 Investigaciones por año

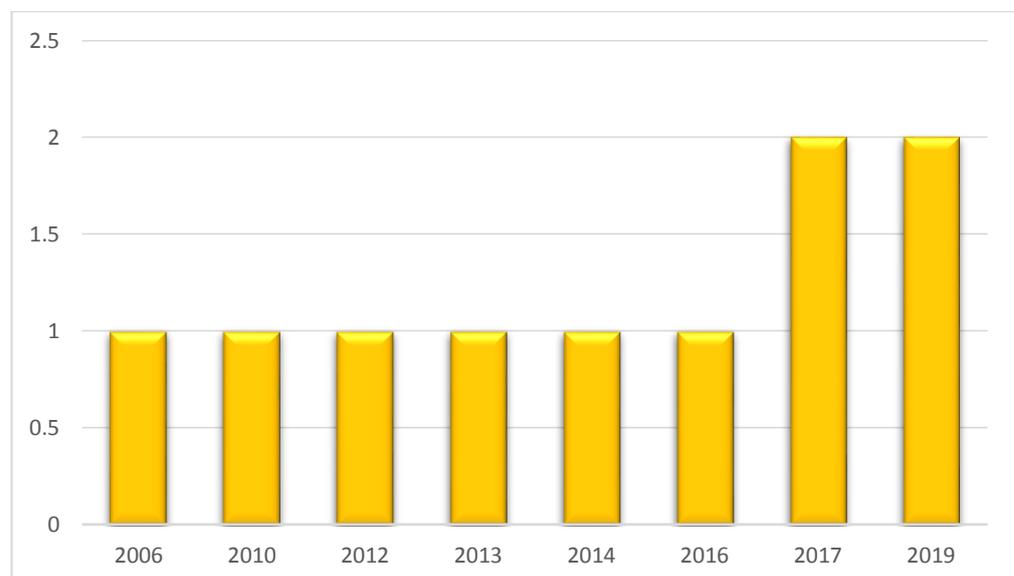
**Tabla 10**

*Cantidad de Investigaciones por Año*

<b>Año</b>	<b>Cantidad</b>
2006	1
2010	1
2012	1
2013	1
2014	1
2016	1
2017	2
2019	2

**Figura 4**

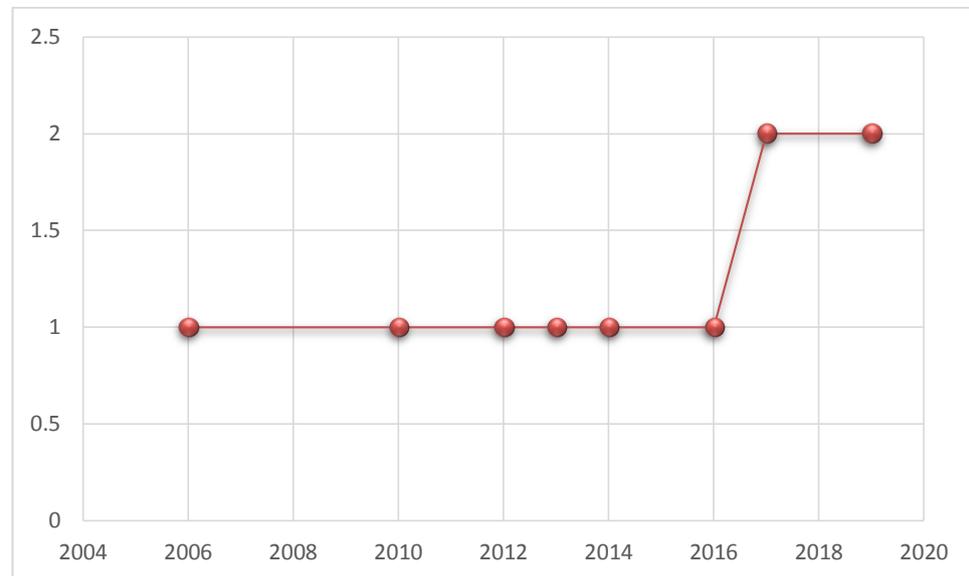
*Cantidad de Investigaciones por Año – Barras*



De la figura y de la tabla mostrada la investigación más antigua es del año 2006 teniendo solo una investigación relacionada al tema en estudio, entre los años 2010 a 2016 solo se realizó en promedio una investigación por año, mientras que para el 2017 y 2019 las investigaciones subieron a dos por año.

**Figura 5**

*Cantidad de Investigaciones por Año – Lineal*



En la figura mostrada se evidencia que desde el año 2006 al 2016 se mantiene una recta indicando que la cantidad de investigaciones se ha mantenido en una recta de valor 1, en el año 2016 esta línea sube a 2 y se mantiene así hasta el año 2019, demostrando así que son muy pocas las investigaciones realizadas con respecto al título de la presente investigación.

### 1.3 Investigaciones a través del tiempo

**Tabla 11**

*Año y País de Investigación*

Año	País
2006	Colombia
2010	Ecuador
2012	Colombia
2013	Perú
2014	Perú

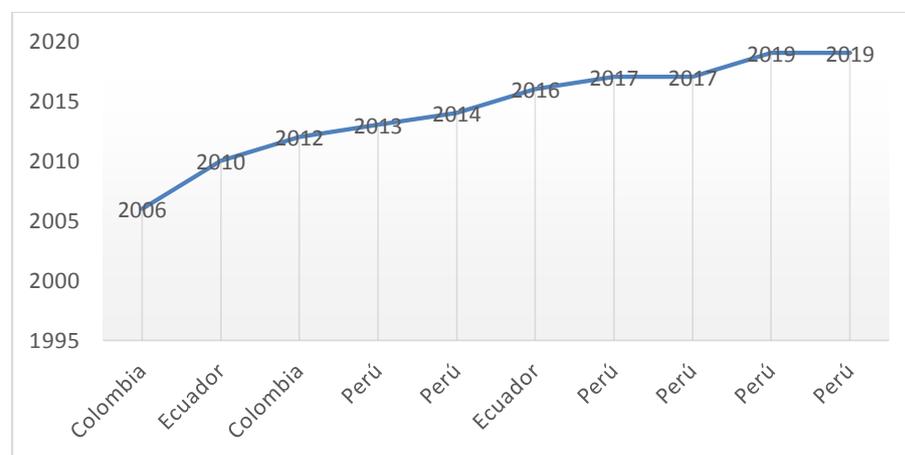
**Tabla 12**

*Año y País de Investigación*

Año	País
2016	Ecuador
2017	Perú
2019	Perú
2019	Perú

**Figura 6**

*Desarrollo de Investigaciones por Países en una Línea de 13 Años*



La mayor cantidad de las investigaciones del grupo de estudios han sido realizadas en Perú, la primera se realizó en Colombia, a continuación, Ecuador siguió con una investigación, y en el año 2013 Perú empezó a realizar investigaciones relacionadas con el Título en desarrollo, hasta el año 2019.

#### 1.4 Investigaciones por país de origen

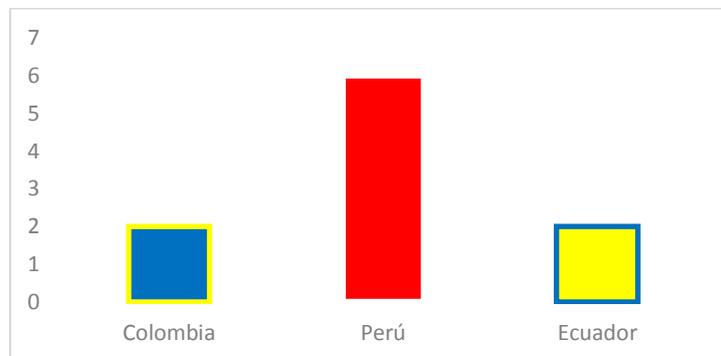
**Tabla 13**

*Cantidad de Investigaciones por País*

País	Cantidad
Colombia	2
Perú	6
Ecuador	2

**Figura 7**

*Cantidad de Investigaciones por País de Origen*



Por los resultados en la Tabla 13 y mostrados en la Figura 7, la cantidad de investigaciones en Colombia y Ecuador fueron de 2 demostrando que fue menor el interés por esta investigación, en comparación de 6 investigaciones realizadas por Perú que hasta el año 2019 realizó su última investigación como se muestra en la Figura 6.

## 2. Grupo de estudio

### 2.1 Reutilización del desecho de PVC como agente estabilizador de subbases granulares

**Tabla 14**

*Resumen de Suelos-GE01*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Munarriz	Sub base			2.00%	15.00%	M (limo)	A-1 (granular)	Modificado

**Tabla 15**

*Resultado de CBR-GE01*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
1.54 gr/cm <sup>3</sup>	12.36%	30.31%

**Tabla 16**

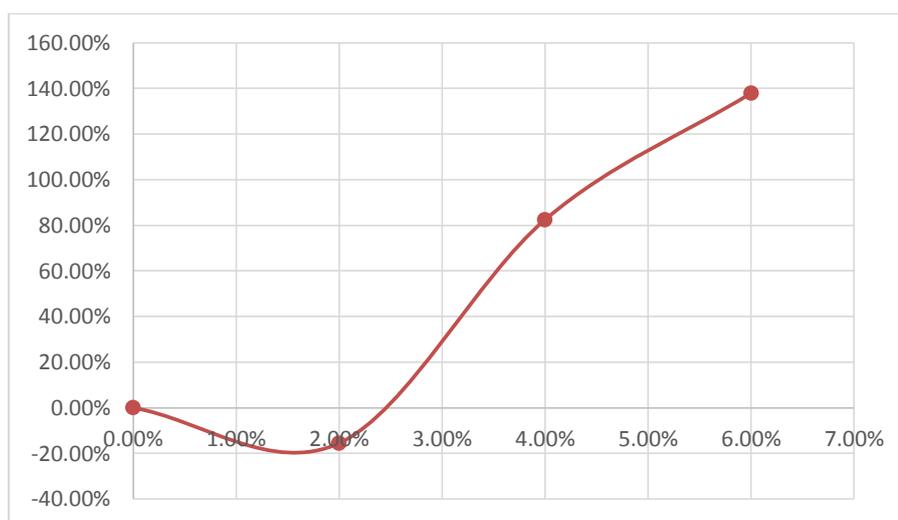
*Resultados con uso de PVC-GE01*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
Reciclaje	2.00%	-15.54%	1.54	25.60%
	4.00%	82.45%	1.52	55.30%
	6.00%	137.88%	1.45	72.10%

De acuerdo con la tabla mostrada de la investigación 1, se evidencia que el mejor porcentaje de adición de PVC fue de 6% y mientras que la adición de 2% fue la menos favorable para mejorar el CBR.

**Figura 8**

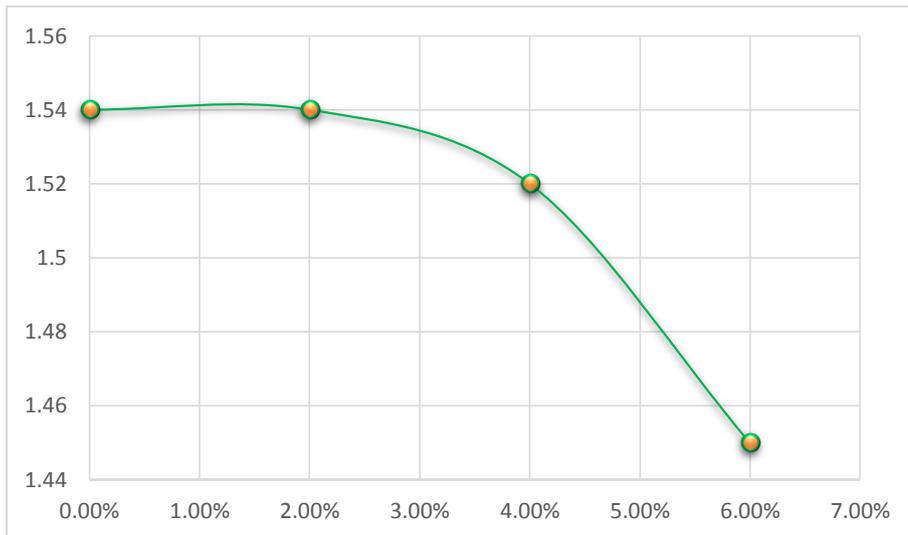
*% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE01*



En la Figura 8 se representa el porcentaje de mejora del CBR referente al porcentaje de adición de PVC, la dosificación de 2% tiene un valor negativo de 15.54%, siendo esta la única dosificación que no logra mejorar el CBR.

**Figura 9**

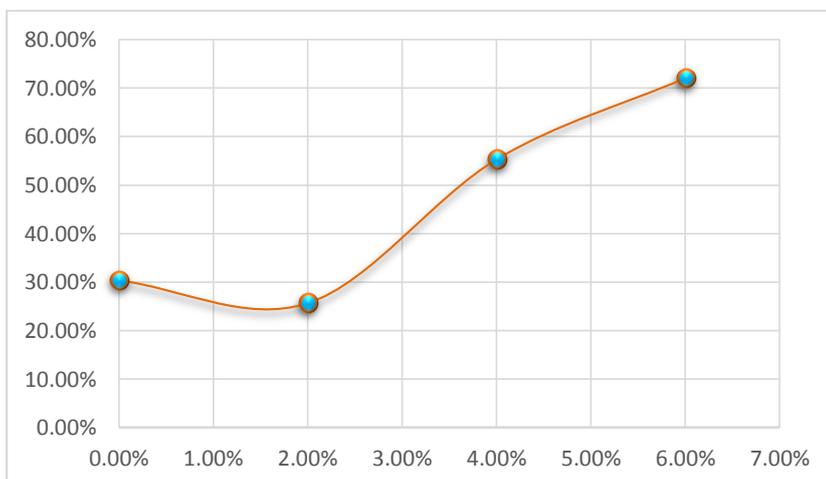
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE01*



A partir de la Figura 9 se observa como la densidad desciende de 1.54 gr/cm<sup>3</sup> a 1.45gr/cm<sup>3</sup> a partir de la segunda dosificación, puesto que con la primera dosificación (2%), la densidad permanece igual a la densidad de la muestra patrón.

**Figura 10**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE01*



De acuerdo lo que se muestra en la Figura 10, el CBR óptimo es de 72.10% se logró con la dosificación de 6%, mientras que con la dosificación de 2% se obtuvo un CBR de 25.60% cuyo valor es inferior al de la muestra patrón.

## 2.2 Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase

**Tabla 17**

*Resumen de Suelos-GE02*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Panamá Tesoro	Sub base			NIP	NL	GM (grava limosa)	A-1 (granular)	Modificado

**Tabla 18**

*Resultado de CBR-GE02*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.04 gr/cm <sup>3</sup>	8.00%	70.67%

**Tabla 19**

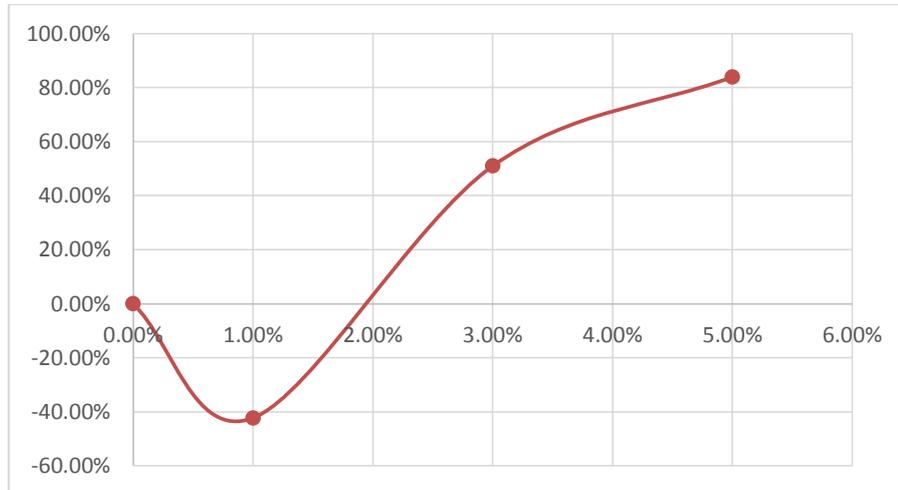
*Resultados con Uso de PVC-GE02*

	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
PETCO (polvo)	1.00%	-42.28%	2 gr/cm <sup>3</sup>	40.79%
	3.00%	50.94%	1.94 gr/cm <sup>3</sup>	106.67%
	5.00%	83.91%	1.93 gr/cm <sup>3</sup>	129.97%

Por lo expuesto en la Tabla 19, la dosificación con menor porcentaje de mejora es de 1% mientras con una dosificación de 5% se logra mejorar en 83.91% el CBR.

**Figura 11**

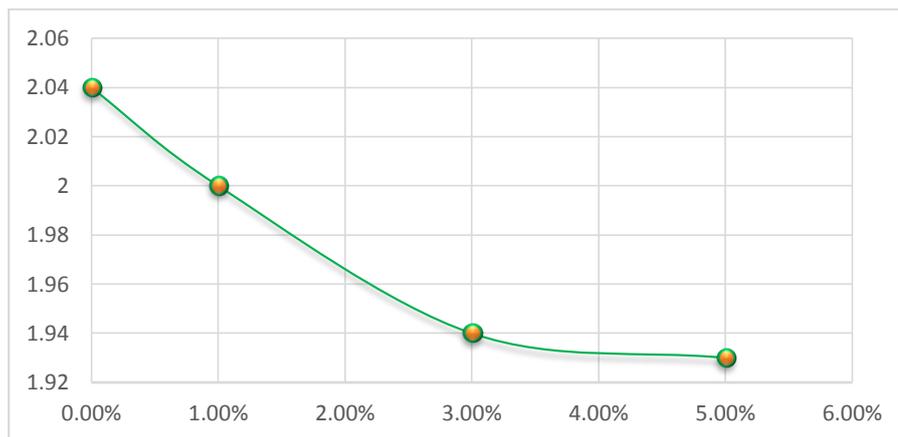
*%de adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE02*



De acuerdo con lo representado en la Figura 11 se observa que con la mínima dosificación el porcentaje de mejora ha tenido un valor negativo de 42.28%, después de esta dosificación se observa que el CBR ha ido mejorando hasta llegar a 83.91 % de mejora.

**Figura 12**

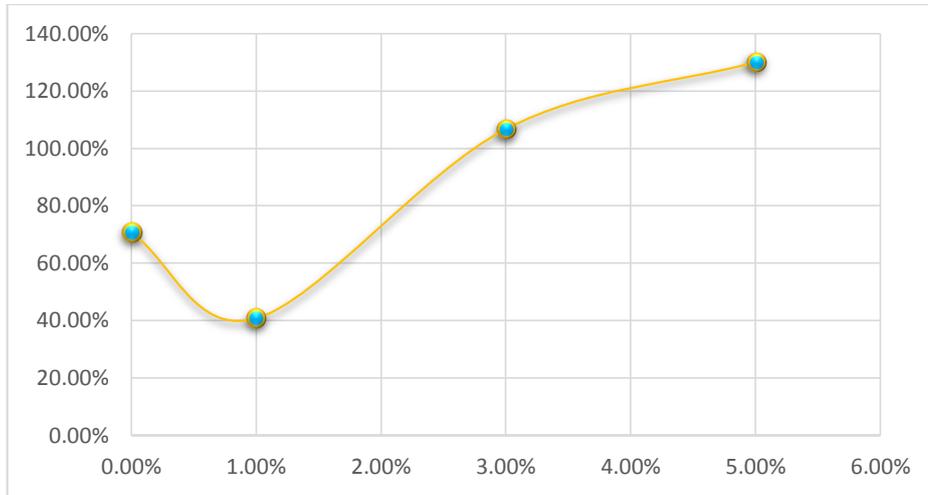
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE02*



En la Figura 12 se evidencia que el valor de la densidad desciende desde la primera dosificación (1%) hasta llegar a un valor de 1.93 gr/cm<sup>3</sup> con dosificación de 5%.

**Figura 13**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE02*



De la Figura 13 se puede mencionar que con la dosificación de 1% se tiene un valor de CBR inferior al de la muestra patrón, mientras que el máximo valor de CBR es de 129.97% con una mayor dosificación (5%) de PVC.

### 2.3 Evaluación de la incorporación de partículas de tubos PVC SAP en el CBR de un suelo granular tipo SUBBASE en la ciudad de Trujillo

**Tabla 20**

*Resumen de Suelos-GE03*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Urb. San Isidro, Trujillo	Sub base			NIP	NL		A-1 (granular)	Modificado

**Tabla 21**

*Resultado de CBR-GE03*

<b>CBR sin PVC</b>
35.00%

**Tabla 22**

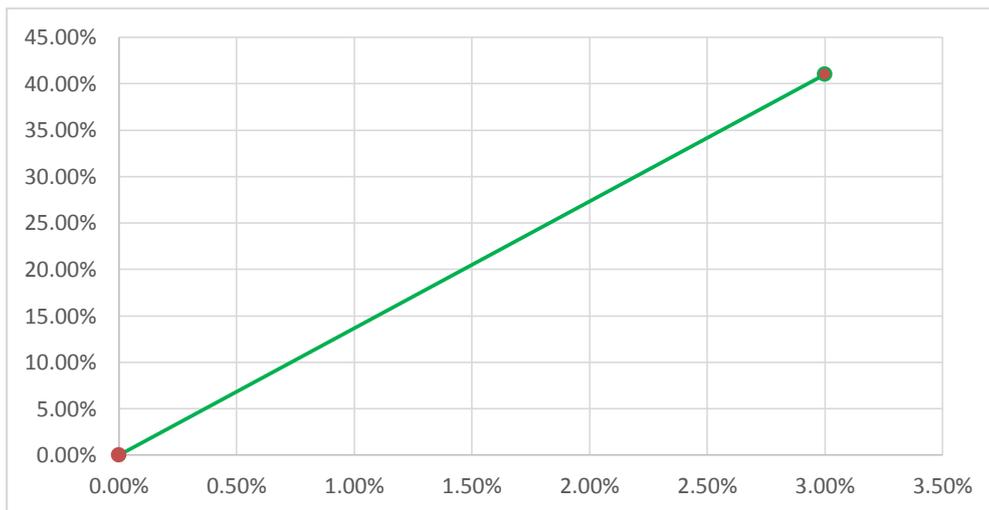
*Resultados con uso de PVC-GE03*

Procedencia	% de adición	% de mejora	CBR con PVC
Tubos	0.00%	0.00%	
	3.00%	41.00%	49.35%

De la Tabla 22 se observa que el único porcentaje de adición logra mejorar el CBR en 41%, teniendo un valor de 49.35%.

**Figura 14**

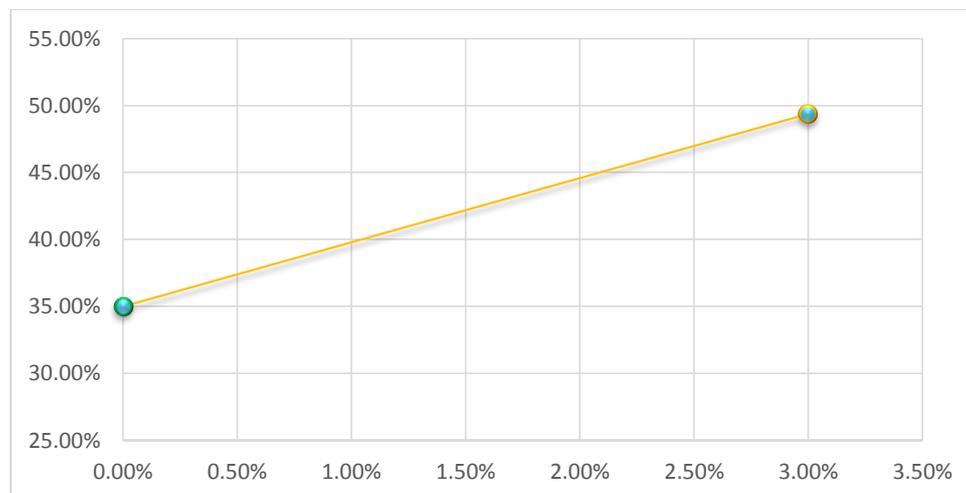
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE03*



De la Figura 14 donde se relaciona el porcentaje de mejora del CBR respecto al porcentaje de PVC, se observa que la única dosificación de PVC usada mejora en 41% el CBR.

**Figura 15**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE03*



Así mismo en la Figura 15 se evidencia el valor que toma el CBR con la dosificación única de 3%, dicho valor es de 49.35% mucho mayor a muestra patrón que tiene un CBR de 45%

**2.4 Evaluación de las proporciones del residuo PVC de tapicería sobre la resistencia a la compresión, flexión, asentamiento y costos en un concreto para pavimento rígido, Trujillo - La Libertad, 2017.**

**Tabla 23**

*Resumen de Suelos-GE04*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
El Milagro	Agregado grueso			NIP	NL	GM (grava limosa)	A-1-a (granular)	Modificado

**Tabla 24**

*Resultado de Resistencia-GE04*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	Resistencia sin PVC
2.04 gr/cm <sup>3</sup>	1.05%	330 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 25**

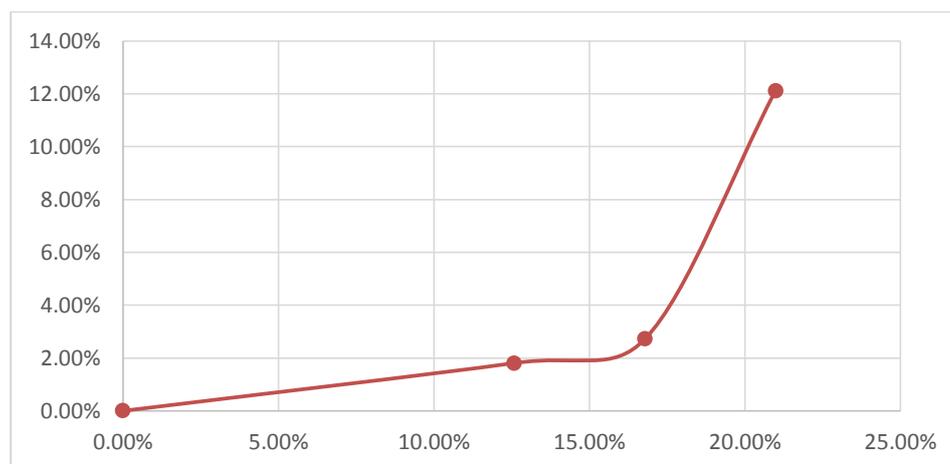
*Resultados con uso de PVC-GE04*

	% de adición	% de mejora	Resistencia con PVC
	0.00%	0.00%	
Reciclaje de tapicería	12.59%	1.81%	336 kg/cm <sup>2</sup>
	16.79%	2.72%	339 kg/cm <sup>2</sup>
	20.99%	12.12%	370 kg/cm <sup>2</sup>

De acuerdo con los datos de la Tabla 25, todas las dosificaciones de PVC procedentes de tapicería logran mejorar la resistencia.

**Figura 16**

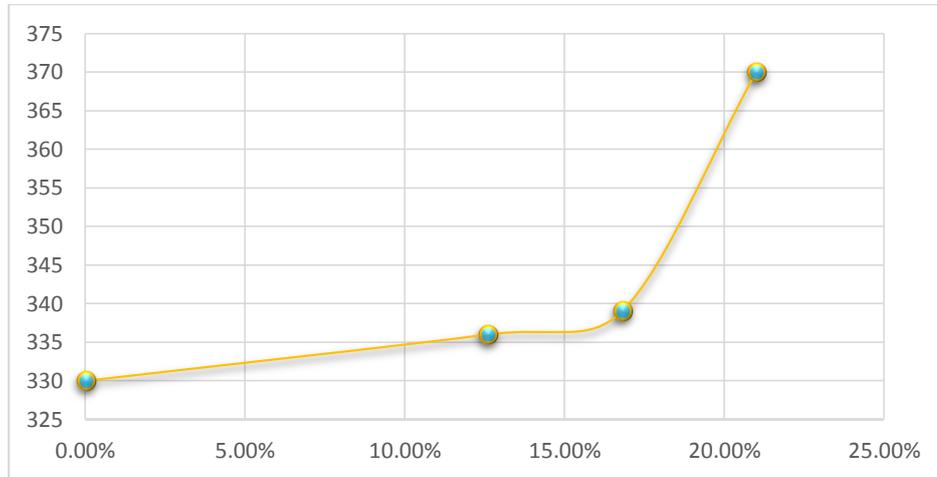
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora de la Resistencia-GE04*



La resistencia del material combinado con restos de PVC logra mejorar de manera lenta entre las dosificaciones de 12.59% y 16.79 % con valores de 1.81% y 2.72% respectivamente, por el contrario, con la dosificación de 20.99% el valor de mejora aumenta de manera brusca a 12.12%.

**Figura 17**

*Resistencia Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE04*



Al igual que en la Figura 16 de evidencia que la resistencia aumenta de manera violenta con una dosificación de 20.99% teniendo un valor de 370 kg/cm, mientras que para las dos primeras dosificaciones la resistencia tiene una diferencia de 3kg/cm.

### 2.5 Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una subbase granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC.

**Tabla 26**

*Resumen de Suelos-GE05*

Procedencia	Uso	combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Tachina	Sub base			NIP	NL	SP (arenas limpias)	A-1-b (granular)	Modificado

**Tabla 27**

*Resultado de CBR-GE05*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
1.97 gr/cm <sup>3</sup>	14.26%	18.00%

**Tabla 28**

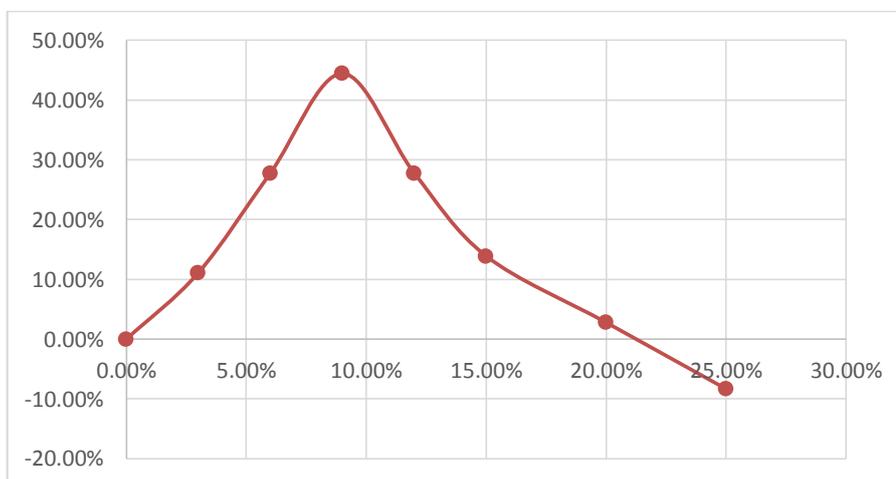
*Resultados con uso de PVC-GE05*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
	3.00%	11.11%	1.959	20.00%
	6.00%	27.78%	1.775	23.00%
Tubos AMANCO-PLASTIGAMA (polvo)	9.00%	44.44%	1.944	26.00%
	12.00%	27.78%	1.839	23.00%
	15.00%	13.89%	1.829	20.50%
	20.00%	2.78%	1.776	18.50%
	25.00%	-8.33%	1.742	16.50%

De las dosificaciones utilizadas en la investigación 5, solo la dosificación de 25% de PVC no logro mejorar el CBR de acuerdo con la Tabla 28.

**Figura 18**

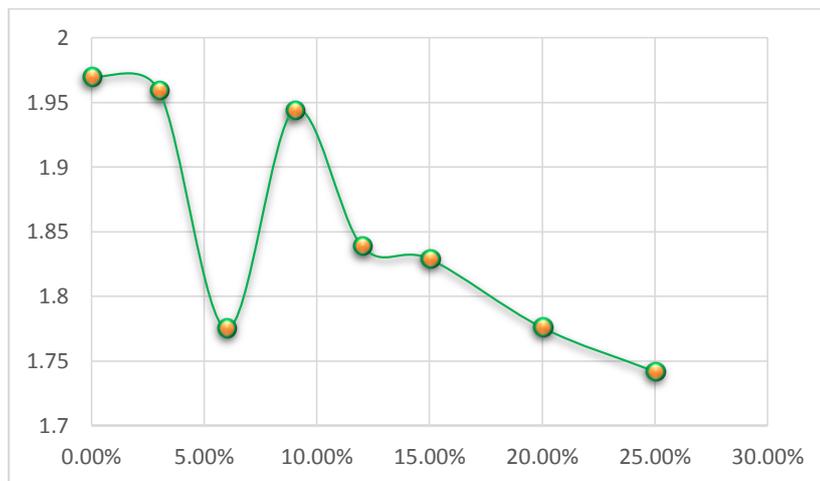
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE05*



En la Figura mostrada se observa que después del máximo % de mejora (44.44%), los valores empiezan a descender debido a que se va incrementado el porcentaje de PVC, es por lo que con la dosificación de 25% el porcentaje de mejora del CBR tiene un valor negativo.

**Figura 19**

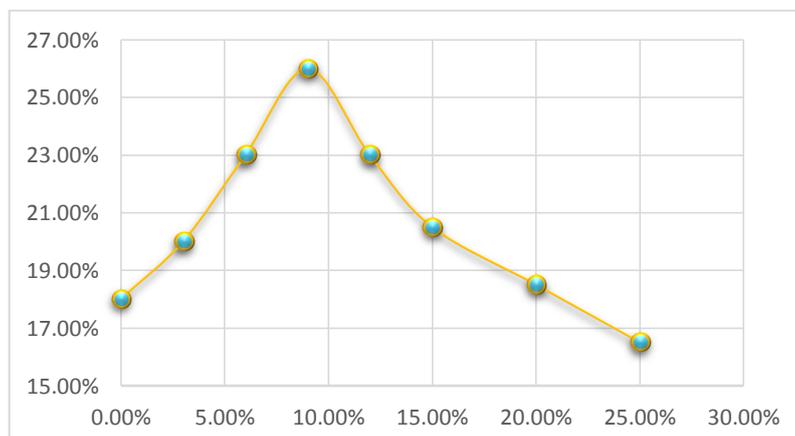
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE05*



La densidad descende hasta un valor mínimo de 1.775 gr/cm<sup>3</sup> con la dosificación de 6%, luego de esto el valor de la densidad aumenta a 1.944 gr/cm<sup>3</sup> y sigue descendiendo hasta llegar a un valor de 1.742 gr/cm<sup>3</sup>.

**Figura 20**

*CBR Respecto al porcentaje de Adición de PVC-GE05*



De acuerdo con lo mostrado en la Figura 20 se tiene que el máximo valor de CBR es de 26% con la dosificación de 6%, después de tener este valor máximo el valor de CBR desciende a 16.50% con la dosificación de 25%.

## 2.6 Influencia de la inclusión de desecho de Policloruro de Vinilo (PVC) sobre la capacidad de soporte de un material granular tipo subbase en la Ciudad de Juliaca.

**Tabla 29**

*Resumen de Suelos-GE06*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
TachinUnucolla Taparachia	Sub base	50.00%	50.00%	8.42%	29.16%	GW (grava limpia)	A-2-4 (0) (granular)	Modificado

**Tabla 30**

*Resultado de CBR-GE06*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.07 gr/cm <sup>3</sup>	6.50%	70.67%

**Tabla 31**

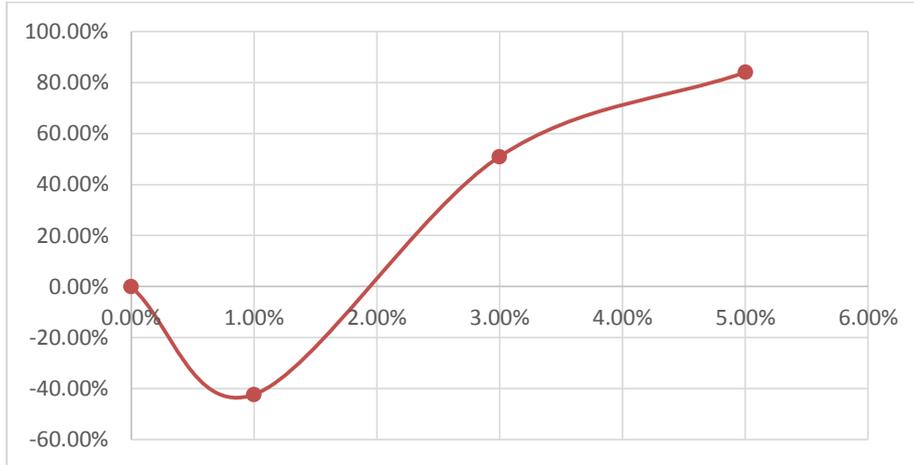
*Resultados con uso de PVC-GE06*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
PLASTISUR S.A (polvo)	1.00%	-42.28%	2	gr/cm <sup>3</sup> 40.79%
	3.00%	50.94%	1.94	gr/cm <sup>3</sup> 106.67%
	5.00%	83.91%	1.93	gr/cm <sup>3</sup> 129.97%

Las dosificaciones de 3% y 5% mostradas en la Tabla 31 son las únicas que han logrado mejorar el CBR en la investigación 6.

**Figura 21**

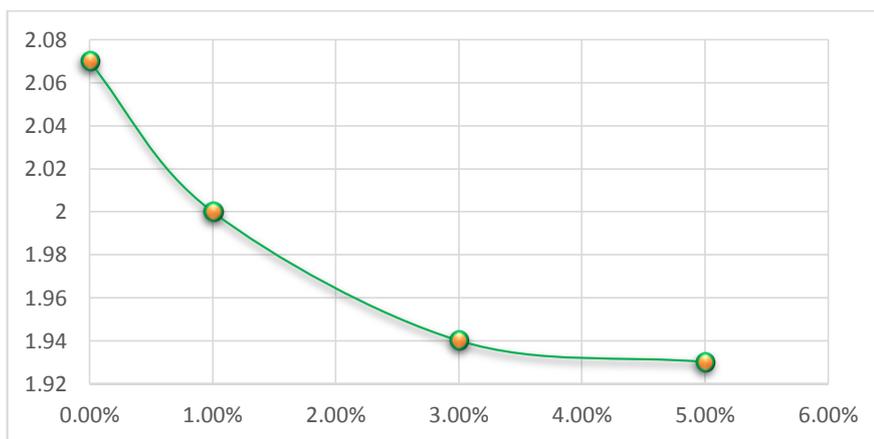
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE06*



Se evidencia en esta Figura que con la dosificación de 1% el CBR no mejora, por el contrario, disminuye su valor en 42.28%, mientras que con 3% y 5% el valor del CBR incrementa en 50.94% y 83.91% respectivamente.

**Figura 22**

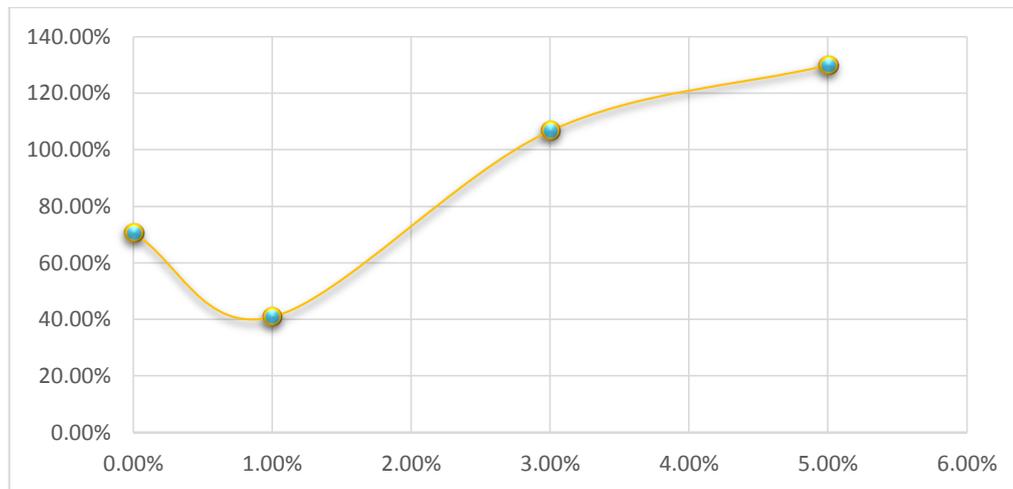
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE06*



De la Figura 22 en la cual se muestra a la densidad, se observa que la densidad disminuye desde la primera dosificación y llega a 1.93 gr/cm<sup>3</sup> con un porcentaje de PVC de 5%

**Figura 23**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE06*



El valor de CBR con 1% de PVC es de 40.79%, dicho valor es menor al de la muestra patrón, a medida que aumenta el porcentaje de PVC aumenta el valor de CBR llegando a 129.97% con la dosificación de 5%.

## 2.7 Estabilización de suelos no aptos con desechos de Policloruro de Vinilo para su uso en la conformación de la capa base y subbase de pavimentos.

**Tabla 32**

*Resumen de Suelos-GE07C1*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Salcedo	Base - Sub base			2.59%	16.46%	SM (arena limosa)		Modificado

**Tabla 33**

*Resultado de CBR-GE07C2*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.14 gr/cm <sup>3</sup>	6.02%	111.00%

**Tabla 34**

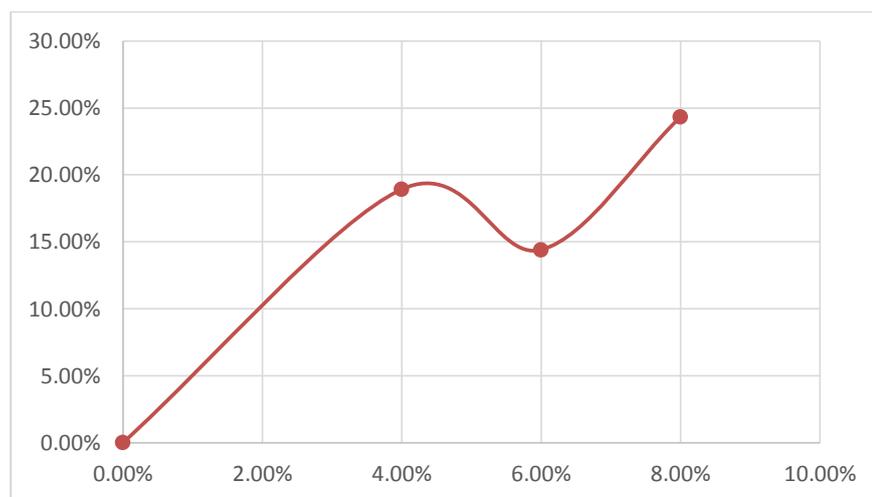
*Resultados con uso de PVC-GE07C1*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
Recicladora Tierra Limpia S.A.C (polvo)	4.00%	18.92%	2.12	gr/cm <sup>3</sup> 132.00%
	6.00%	14.41%	2.05	gr/cm <sup>3</sup> 127.00%
	8.00%	24.32%	2.03	gr/cm <sup>3</sup> 138.00%

Las dosificaciones de 4%, 6% y 8% han logrado mejorar el CBR, esto debido a lo expuesto en la Tabla 34 cuyos resultados pertenecen a la cantera N° 1.

**Figura 24**

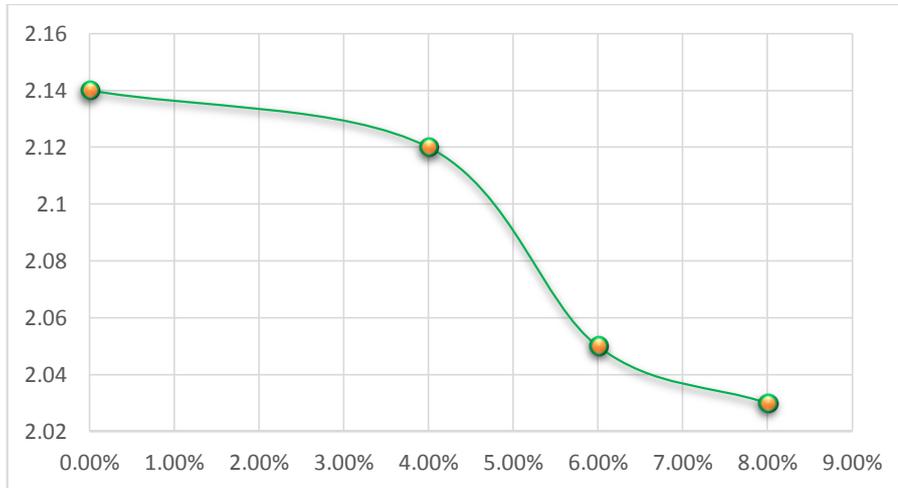
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE07C1*



Según lo mostrado en la Figura 24, el porcentaje de mejora se eleva hasta 18.92%, luego con la dosificación de 6% desciende a 14.41% y finalmente vuelve a incrementar su valor de mejora hasta en 24.32%.

**Figura 25**

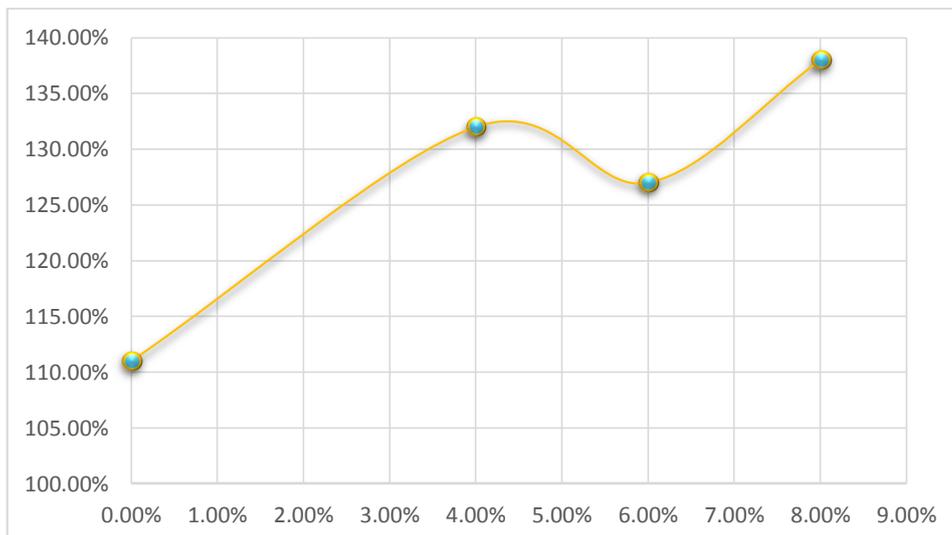
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE07C1*



La densidad disminuye desde la primera aplicación de PVC, la densidad mínima obtenida es de 2.03gr/cm<sup>3</sup> con 8% de PVC, se muestra también que entre las dosificaciones de 4% y 6% existe una mayor pendiente, la diferencia es de 7 gr/cm<sup>3</sup>.

**Figura 26**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE07C1*



De acuerdo con lo representado en la Figura 26, el CBR de 138% se logró con la dosificación de 8%, sin embargo, se observa que el CBR con la dosificación de 6% es menor al valor con la dosificación de 4%.

**Tabla 35**

*Resumen de Suelos-GE07C2*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Jallihuaya	Base - Sub base			4.45%	16.93%	GM-GC (grava limosa arcillosa)		Modificado

**Tabla 36**

*Resultado de CBR-GE07C2*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.19 gr/cm <sup>3</sup>	6.22%	49.00%

**Tabla 37**

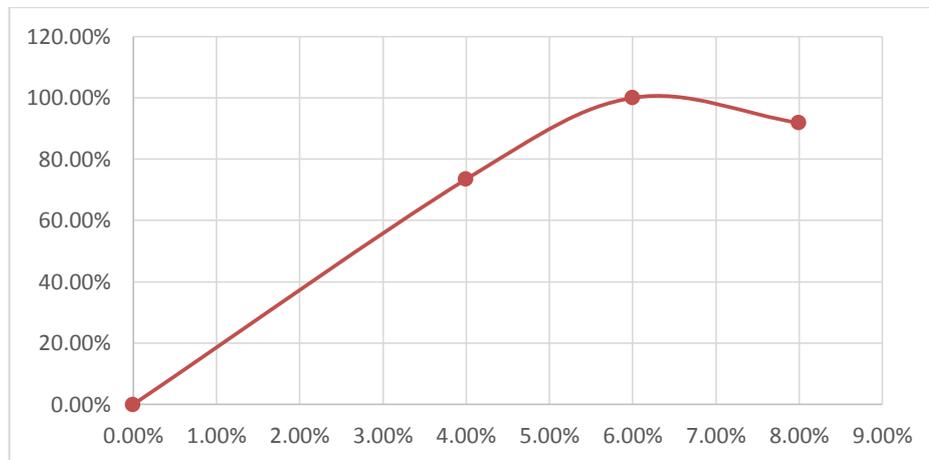
*Resultados con uso de PVC-GE07C2*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
Recicladora	4.00%	73.46%	2.14	85.00%
Tierra Limpia	6.00%	100.00%	2.12	98.00%
S.A.C (polvo)	8.00%	91.84%	2.10	94.00%

Las dosificaciones de 4%, 6% y 8% han logrado mejorar el CBR, esto debido a lo expuesto en la Tabla 37 cuyos resultados pertenecen a la cantera N°2.

**Figura 27**

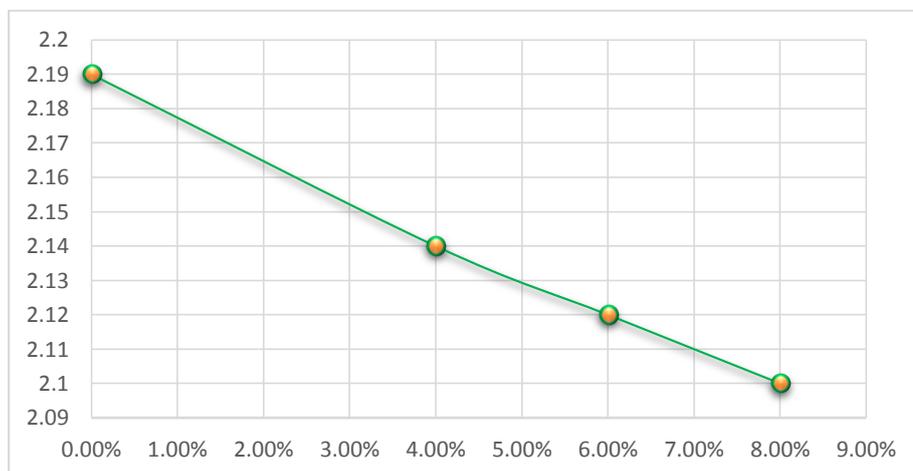
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE07C2*



Por lo observado en esta figura se puede decir que el porcentaje de mejora tiene un punto máximo (100%), a partir del cual los valores comienzan a descender a medida que se incrementa el CBR.

**Figura 28**

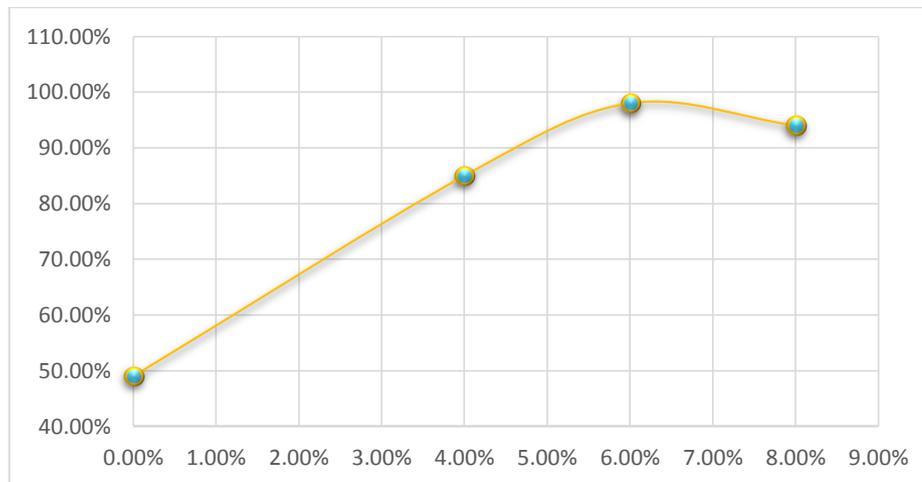
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE07C2*



Los valores de la densidad con las tres dosificaciones generan una figura lineal, la densidad disminuye desde la adición de 4% de PVC y sigue descendiendo hasta llegar a su mínimo valor 2.10 gr/cm<sup>3</sup> con la dosificación de 8%.

**Figura 29**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE07C2*



De acuerdo con la Figura 29, el CBR de 98% se logró con la dosificación de 6%, siendo este el mayor CBR que se obtuvo, puesto que después de este valor el CBR disminuye, el valor con 4% PVC también es menor.

**Tabla 38**

*Resumen de Suelos-GE07C3*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Cuntur Wasi	Base - Sub base			11.28%	41.11%	OL (arcilla de baja plasticidad)		Modificado

**Tabla 39**

*Resultado de CBR-GE07C3*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
1.85 gr/cm <sup>3</sup>	15.42%	7.00%

**Tabla 40**

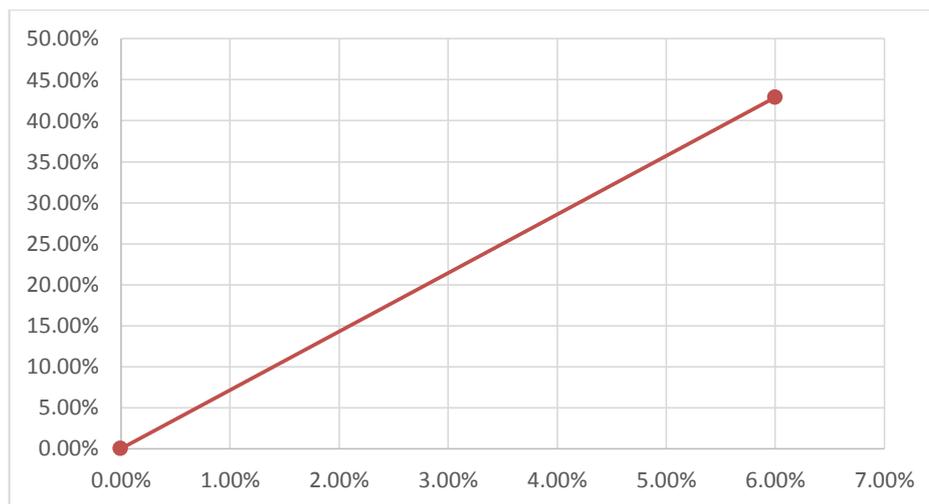
*Resultados con uso de PVC-GE07C3*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
Recicladora Tierra Limpia S.A.C (polvo)	0.00%	0.00%	1.78	10.00%
	6.00%	42.86%	gr/cm <sup>3</sup>	

Por el contrario, a la cantera N°1 y 2, la cantera N°3 solo uso la dosificación de 6%, la cual también logro mejorar el CBR como se muestra en la Tabla 40.

**Figura 30**

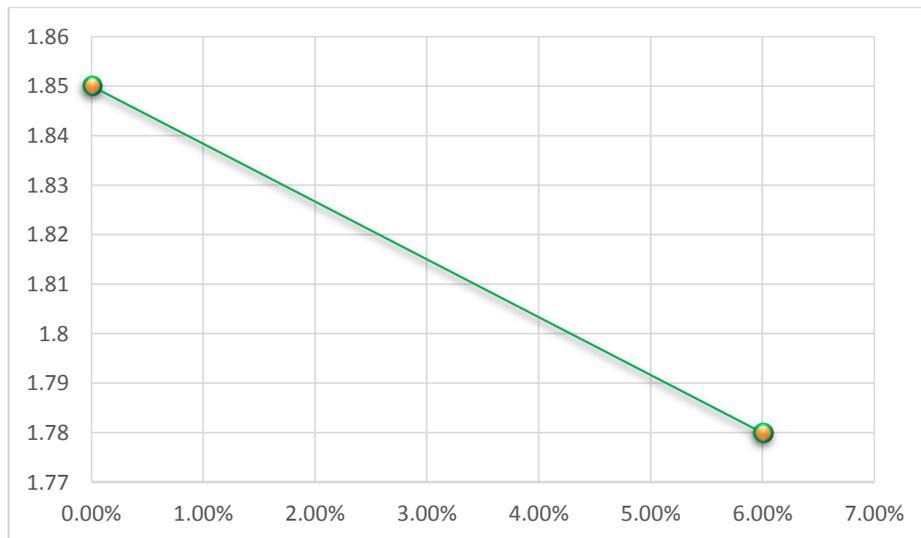
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE07C2*



En la Figura 30 se evidencia que la única dosificación usada mejora el CBR en 42.86%.

**Figura 31**

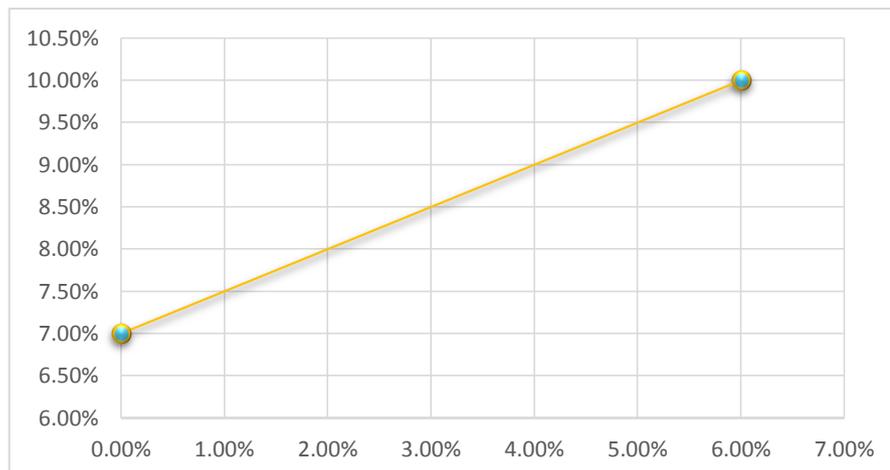
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE07C3*



La densidad disminuye de 1.85gr/cm<sup>3</sup> a 1.78 gr/cm<sup>3</sup> se muestra como línea recta debido a que solo se usó una dosificación.

**Figura 32**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE07C3*



En la Figura 32 se muestra el CBR obtenido, cuyo valor es de 10% con la dosificación de 6% de PVC para un suelo OL.

## 2.8 Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase en la ciudad de Trujillo

**Tabla 41**

*Resumen de Suelos-GE08M1*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Huanchaco	Base - Sub base			4.43%	16.93%	ML -CL (limos arcillas)	A-6 (Limo arcilloso)	Modificado

**Tabla 42**

*Resultado de CBR-GE08M1*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.14 gr/cm <sup>3</sup>	6.02%	49.00%

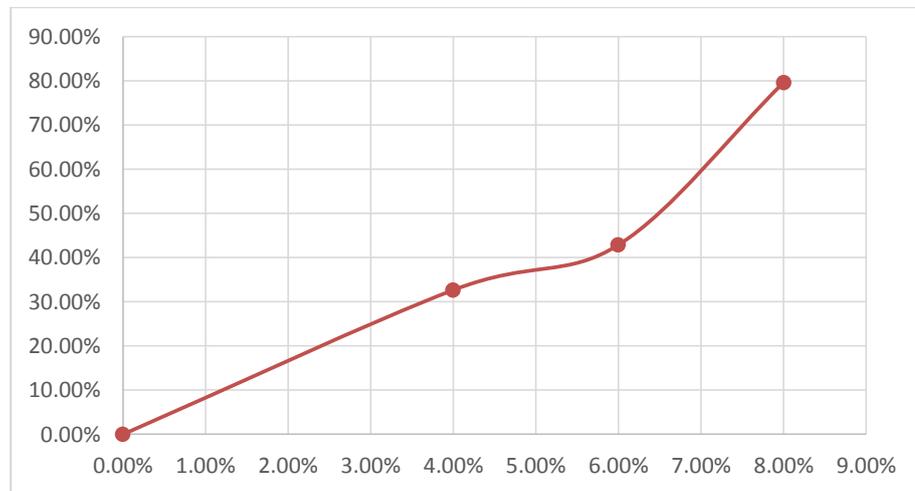
**Tabla 43 Resultados con uso de PVC-GE08M1**

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
EUROTUBO (polvo)	4.00%	32.65%	2.11	65.00%
	6.00%	42.86%	2.06	70.00%
	8.00%	79.59%	2.03	88.00%

Los porcentajes añadidos de 4%, 6% y de 8% en la muestra N°1 han logrado mejorar el CBR de manera progresiva de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 43.

**Figura 33**

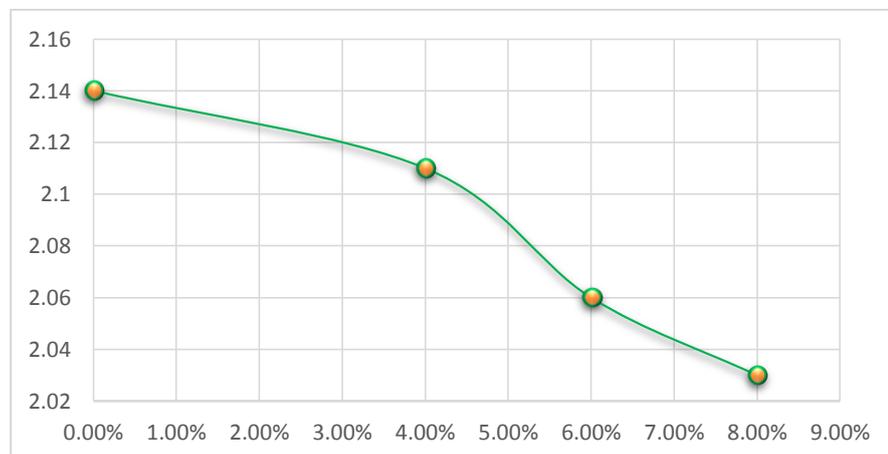
*% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M1*



El porcentaje de mejora del CBR va aumentando progresivamente teniendo como mayor porcentaje 79.59, obtenido con la dosificación de 8%.

**Figura 34**

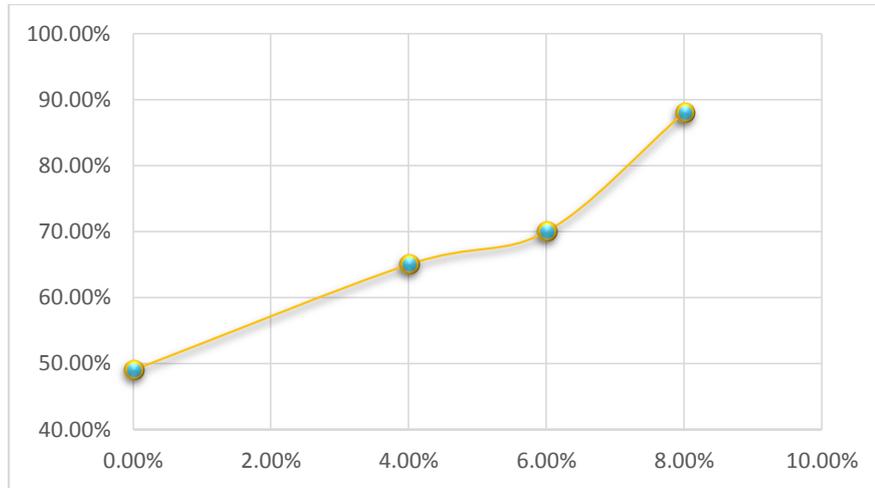
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M1*



Por lo mostrado en la Figura 34, se menciona que la densidad disminuye desde la dosificación de 4%, siendo esta la primera, la densidad llega a 2.03gr/cm<sup>3</sup> con 8% de PVC. Mientras más PVC se incluye más disminuye la densidad.

**Figura 35**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M1*



De acuerdo con la Figura 35 los valores de CBR van en incremento, porque todos los porcentajes de PVC han logrado mejorar el CBR, el mínimo valor es de 65% y el máximo de 88% con 8% de PVC.

**Tabla 44**

*Resumen de Suelos-GE08M2*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Huanchaco	Base - Sub base			2.70%	16.47%	M (material fino)	A-6 (Limo arcilloso)	Modificado

**Tabla 45**

*Resultado de CBR-GE08M2*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.19 gr/cm <sup>3</sup>	6.20%	47.00%

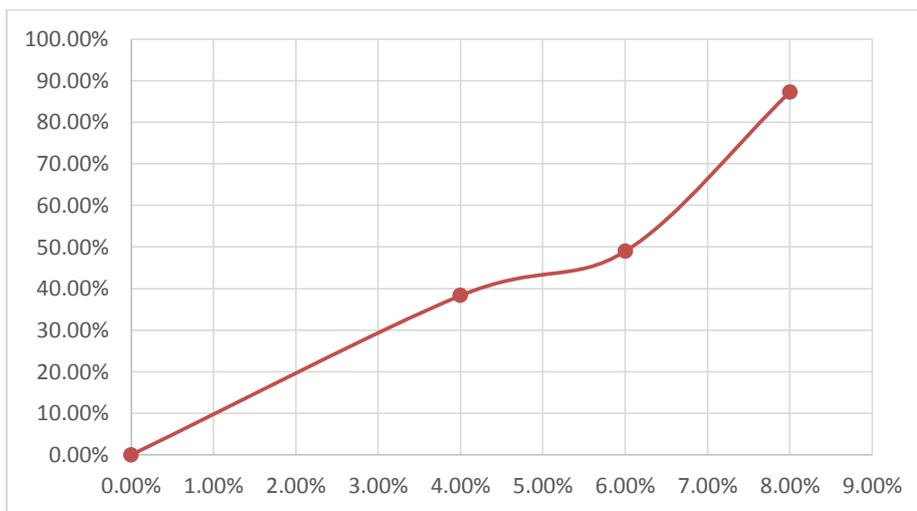
**Tabla 46**

*Resultados con uso de PVC-GE08M2*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC		CBR con PVC
	0.00%	0.00%			
EUROTUBO (polvo)	4.00%	38.29%	2.14	gr/cm <sup>3</sup>	65.00%
	6.00%	48.94%	2.07	gr/cm <sup>3</sup>	70.00%
	8.00%	87.23%	2.01	gr/cm <sup>3</sup>	88.00%

Para la muestra N°2 las dosificaciones de 4%, 6% y de 8% lograron mejorar el CBR como se muestra en la Tabla 46 y en los siguientes gráficos.

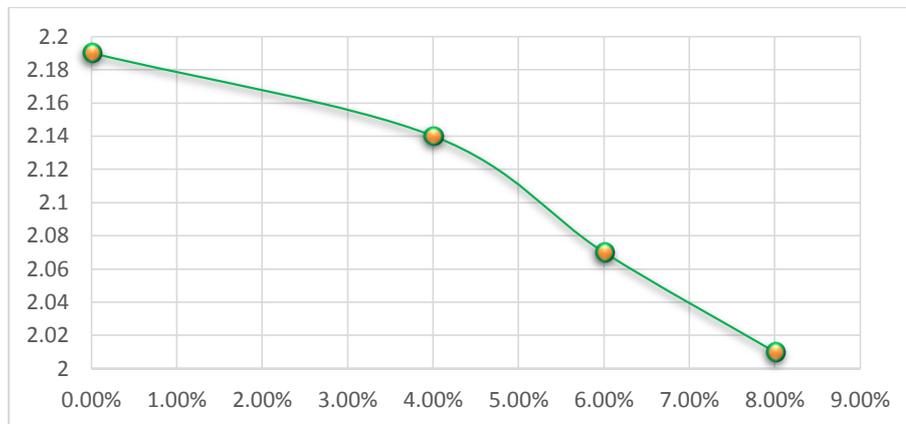
**Figura 36** % de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M2



El porcentaje de mejora del CBR va aumentando progresivamente teniendo como mayor porcentaje 87.23, obtenido con la dosificación de 8%. El mínimo es de 38.29% con dosificación de 4%.

**Figura 37**

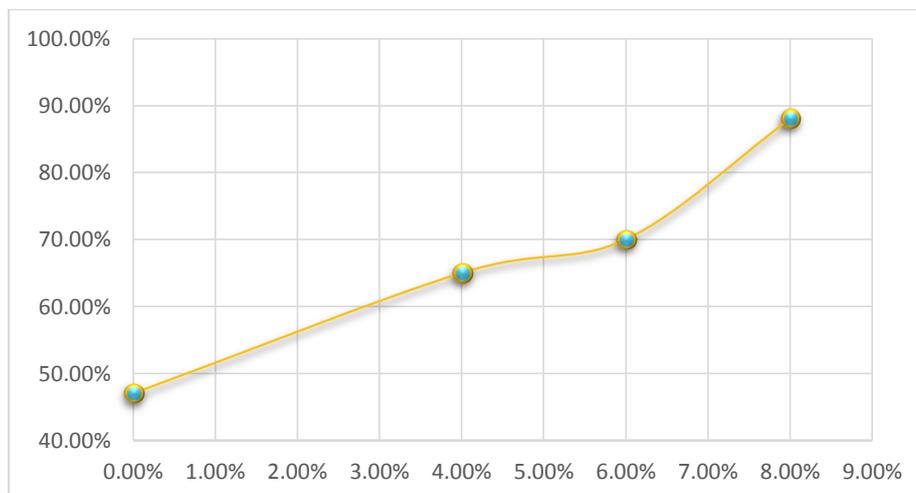
*% Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M2*



Por lo mostrado en la Figura 37, la densidad disminuye desde la primera dosificación, la densidad llega a 2.01gr/cm<sup>3</sup> con 8% de PVC.

**Figura 38**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M2*



Según la Figura 38 los valores de CBR van en incremento, porque todos los porcentajes de PVC logran mejorar el CBR, el máximo de 88% con 8% de PVC y el mínimo es de 65%.

**Tabla 47**

*Resumen de Suelos-GE08M3*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Huanchaco	Base - Sub base			2.79%	16.56%	M (materiales finos)	A-6 (Limo arcilloso)	Modificado

**Tabla 48**

*Resultado de CBR-GE08M3*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.14 gr/cm <sup>3</sup>	6.05%	46.00%

**Tabla 49**

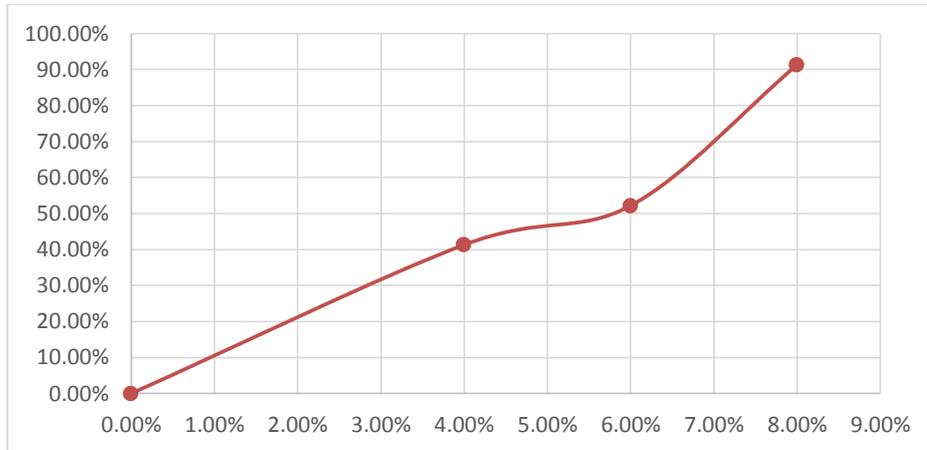
*Resultados con uso de PVC-GE08M3*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
EUROTUBO (polvo)	4.00%	41.30%	2.12	65.00%
	6.00%	52.17%	2.05	70.00%
	8.00%	91.30%	2.03	88.00%

Para la muestra N°3 todas las dosificaciones han logrado mejorar el CBR en comparación al CBR base mostrado.

**Figura 39**

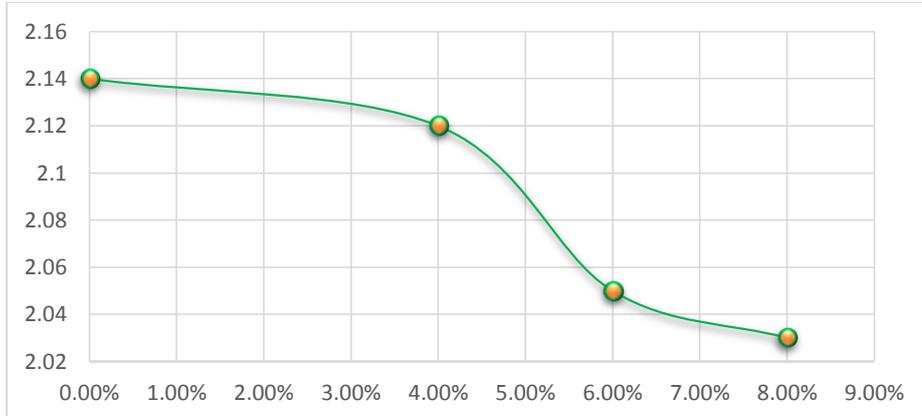
*% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M3*



El menor porcentaje de mejora obtenido es de 41.30 con la dosificación de 4% y la mayor con 8% de PVC mejorando en 91.30% el CBR.

**Figura 40**

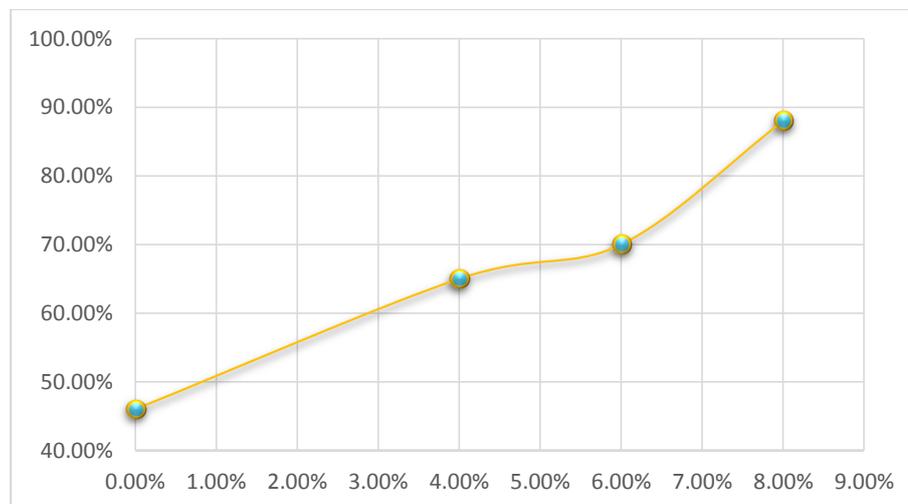
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M3*



De acuerdo con lo mostrado en la Figura 40, la densidad disminuye desde la dosificación de 4% siendo esta la primera, la densidad disminuyo de 2.14 gr/cm<sup>3</sup> con la primera dosificación hasta llegar a 2.03 gr/cm<sup>3</sup> con 8% de PVC.

**Figura 41**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M3*



Según la Figura 41 los valores de CBR van en incremento, porque todos los porcentajes de PVC han mejorado el CBR, el mínimo es de 65% y el máximo de 88% con 8% de PVC.

**Tabla 50**

*Resumen de Suelos-GE08M4*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Huanchaco	Base - Sub base			4.55%	16.90%	ML -CL (limos arcillas)	A-6 (Limo arcilloso)	Modificado

**Tabla 51**

*Resultado de CBR-GE08M4*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.16 gr/cm <sup>3</sup>	6.15%	45.00%

**Tabla 52**

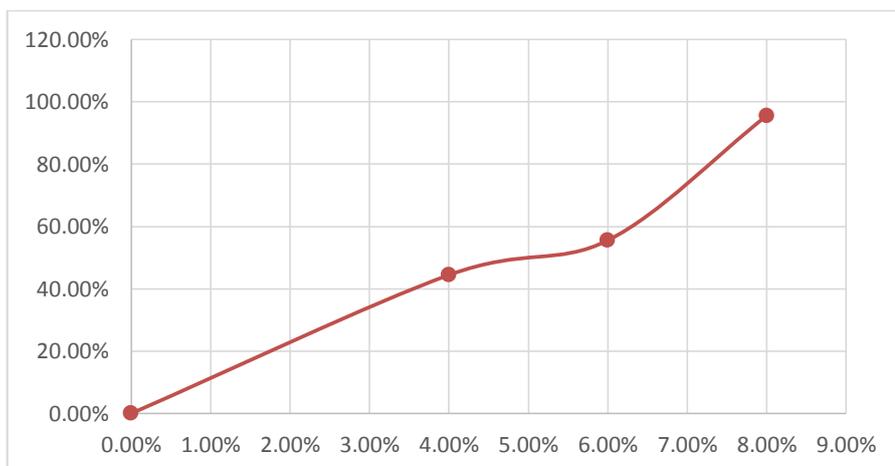
*Resultados con uso de PVC-GE08M4*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC		CBR con PVC
	0.00%	0.00%			
EUROTUBO (polvo)	4.00%	44.44%	2.13	gr/cm <sup>3</sup>	65.00%
	6.00%	55.56%	2.09	gr/cm <sup>3</sup>	70.00%
	8.00%	95.56%	2.08	gr/cm <sup>3</sup>	88.00%

Para la muestra N°4 todas dosificaciones empleadas lograron mejorar el CBR siendo estas de 4%,6% y de 8%, como se muestra en la Tabla 52.

**Figura 42**

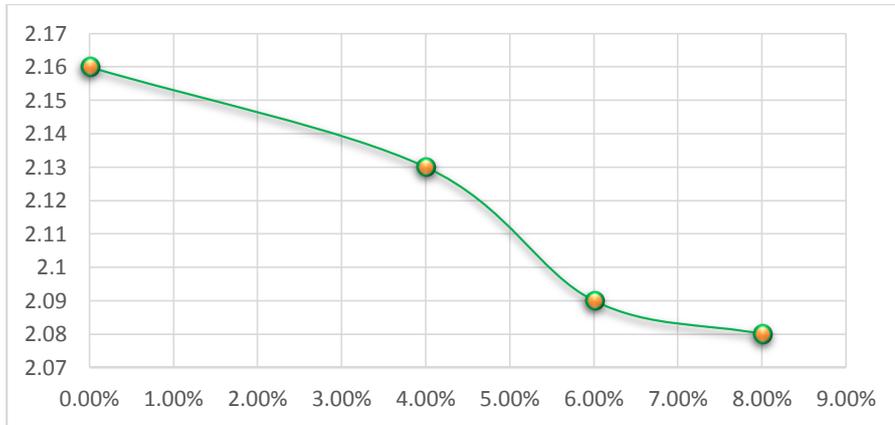
*% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE08M4*



Los valores de los porcentajes de mejora se van incrementado a medida que se aumenta el porcentaje de PVC, por lo tanto, lo mostrado en la Figura 42 tiene una similitud a una línea recta donde el menor valor es de 44.44% y el máximo es de 95.56%.

**Figura 43**

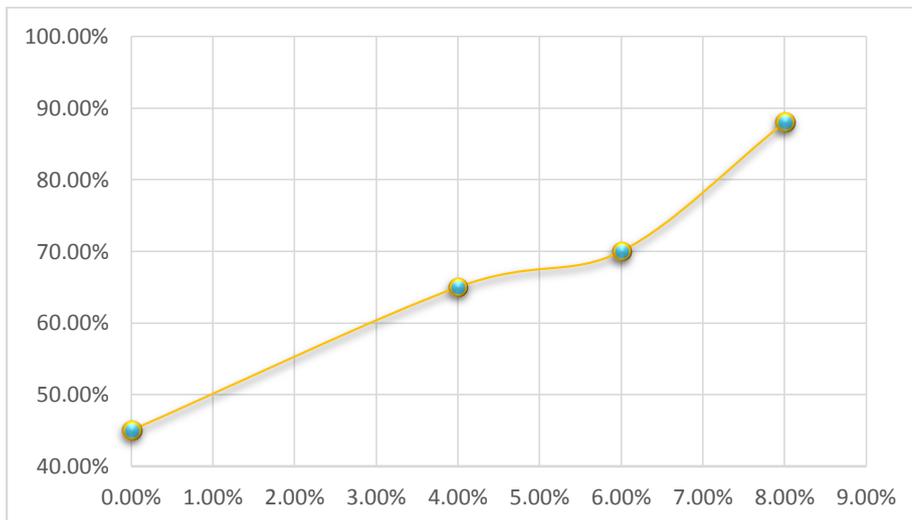
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE08M4*



De acuerdo con lo mostrado en la Figura 43, la densidad disminuye desde la primera dosificación (4%), densidad disminuye de 2.16 gr/cm<sup>3</sup> a 2.08 gr/cm<sup>3</sup> con la última dosificación

**Figura 44**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE08M4*



Por lo mostrado en la Figura 44 se evidencia que los valores de CBR van en incremento, porque todos los porcentajes de PVC han mejorado el CBR, el mínimo valor es de 65% y el máximo de 88%.

## 2.9 Influencia de la adición de Policloruro de Vinilo reciclado sobre la compactación, capacidad de soporte y resistencia a la abrasión de un material granular para capa base del pavimento flexible de la carretera Huanchaco – Santiago de Cao.

**Tabla 53**

*Resumen de Suelos-GE09*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Huanchaco	Base			NIP	NL	SW (arenas limpias)	A-1-a (grava y arena)	Modificado

**Tabla 54**

*Resultado de CBR-GE09*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.2 gr/cm <sup>3</sup>	4.80%	83.10%

**Tabla 55**

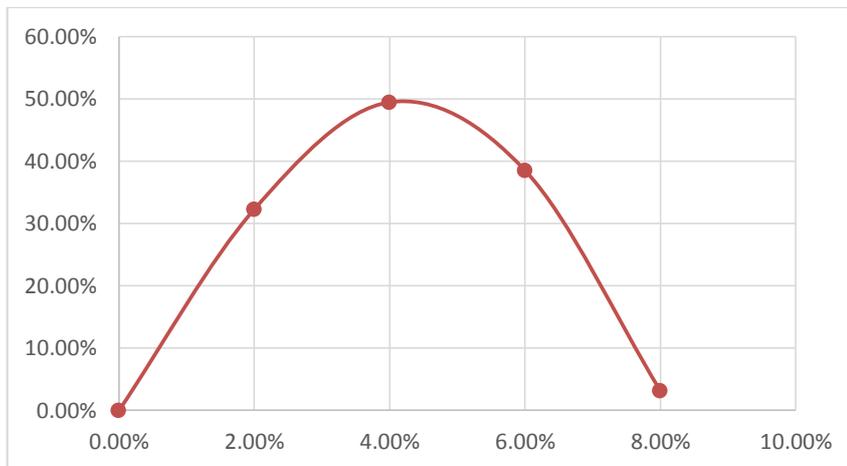
*Resultados con uso de PVC-GE09*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC	CBR con PVC
	0.00%	0.00%		
INSULPLAST	2.00%	32.30%	2.19	gr/cm <sup>3</sup> 109.94%
S.A.C	4.00%	49.46%	2.18	gr/cm <sup>3</sup> 124.20%
(triturado)	6.00%	38.51%	2.16	gr/cm <sup>3</sup> 115.10%
	8.00%	3.13%	2.10	gr/cm <sup>3</sup> 85.70%

Los porcentajes de PVC usados son números pares iniciando de 2% hasta 8%, los cuales han logrado mejorar el CBR de la muestra patrón.

**Figura 45**

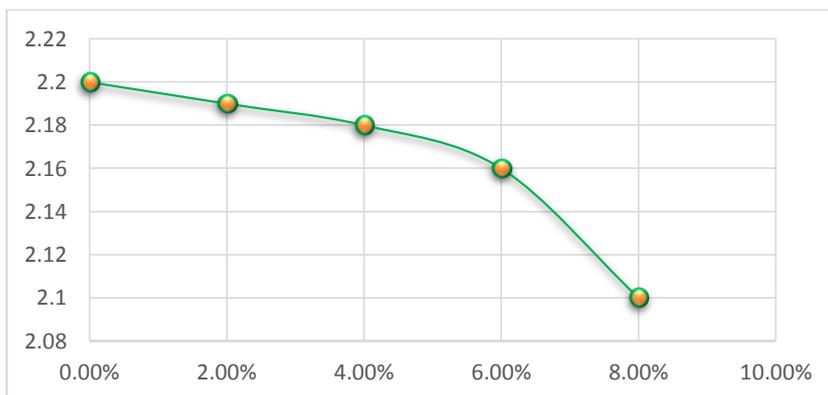
*% de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE09*



De la Figura mostrada se tiene que el mayor porcentaje de mejora es de 49.46%, a partir de este valor se tiene valores menores, al lado izquierdo son porcentajes que van en aumento mientras que al lado derecho estos porcentajes van disminuyendo hasta llegar a 3.13%.

**Figura 46**

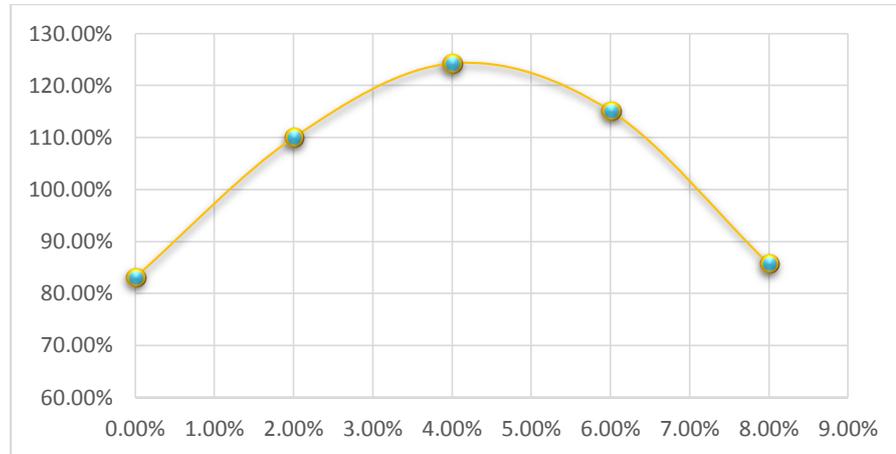
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE09*



La densidad logra disminuir desde la primera adición de PVC sin embargo es entre la dosificación de 6% y 8% que se genera una mayor pendiente, esto debido a que los valores disminuyen de 2.16 gr/cm<sup>3</sup> a 2.10 gr/cm<sup>3</sup>.

**Figura 47**

*CBR respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE09*



Lo representado en la Figura 47 tiene forma de parábola, puesto que tiene un valor máximo de CBR de 124.20% y como valores mínimos 109.94% (izquierda) y 85.70% (derecha), cabe recalcar que después del máximo valor, los siguientes empiezan a disminuir porque se agrega más porcentaje de PVC.

**2.10 Evaluación de la capacidad de soporte de subbases granulares tipo 3, con la adición de PVC reciclado a base de residuos de ropa industrial.**

**Tabla 56**

*Resumen de Suelos-GE010*

Procedencia	Uso	Combinación de agregados		Límites de ATTERBERG		Clasificación		PROCTOR
		Río	Cerro	IP	LL	SUCS	AASHTO	
Mina Piedras Verdes	Sub base			0.64%	16.00%	SM (arenas limosas)	A-2-4 (arena limosa)	Modificado

**Tabla 57**

*Resultado de CBR-GE010*

Densidad máxima	Contenido de humedad óptimo	CBR sin PVC
2.366 gr/cm <sup>3</sup>	5.05%	31.00%

**Tabla 58**

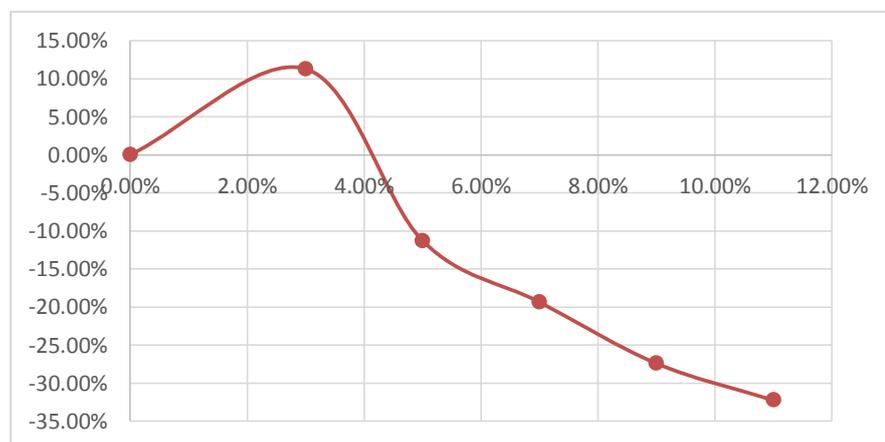
*Resultados con uso de PVC-GE010*

Procedencia	% de adición	% de mejora	Densidad máxima con PVC		CBR con PVC
	0.00%	0.00%			
IJEMEL 2L (ropa) (triturado)	3.00%	11.29%	2.263	gr/cm <sup>3</sup>	34.50%
	5.00%	-11.29%	2.174	gr/cm <sup>3</sup>	27.50%
	7.00%	-19.35%	2.096	gr/cm <sup>3</sup>	25.00%
	9.00%	-27.42%	2.003	gr/cm <sup>3</sup>	22.50%
	11.00%	-32.26%	1.933	gr/cm <sup>3</sup>	21.00%

En esta investigación que tiene como tipo de suelo un SM, la mayoría de los porcentajes utilizados no lograron mejorar el CBR, solo disminuyen el valor del CBR de la muestra patrón.

**Figura 48**

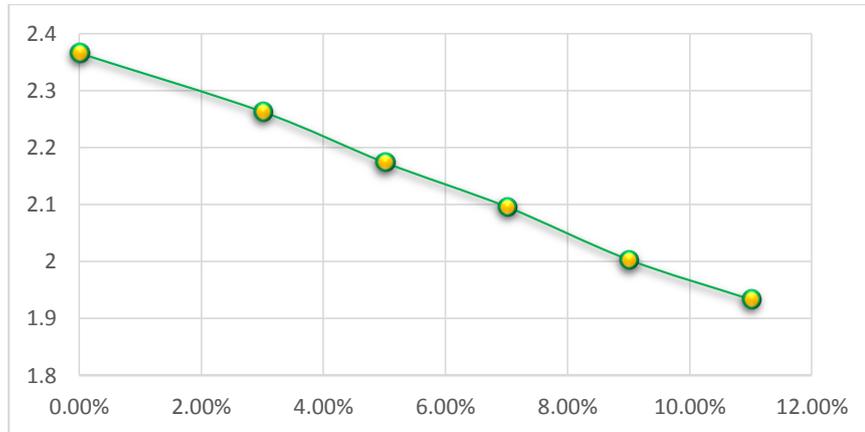
*%de Adición de Restos de PVC - % de Mejora del CBR-GE010*



De lo observado en la Figura 48, se tiene que el único porcentaje de mejora es de 11.29% con 3% de PVC, después a medida que aumenta el porcentaje de PVC disminuye el porcentaje de mejora hasta llegar a -33.26% con dosificación de 11%.

**Figura 49**

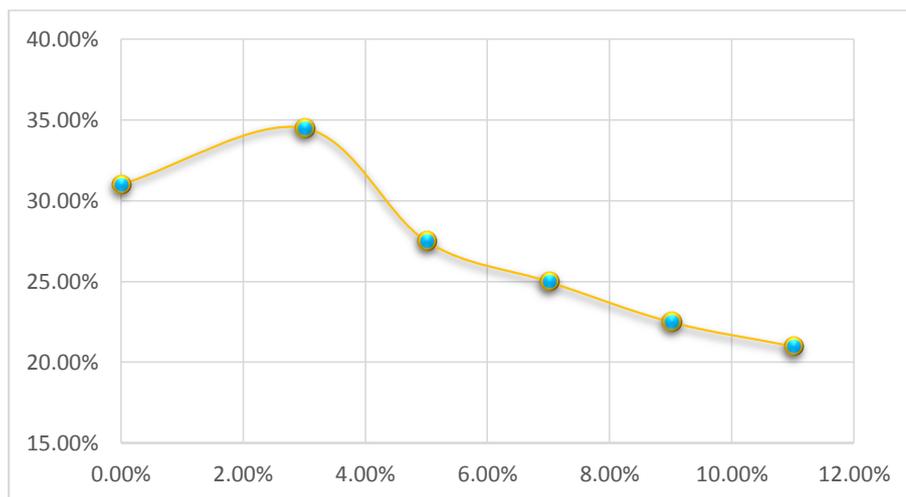
*Densidad Máxima de Acuerdo al Porcentaje de PVC-GE010*



Según lo mostrado en la Figura 49, la densidad disminuye desde 2.366 gr/cm<sup>3</sup> a 1.933 gr/cm<sup>3</sup>, este descenso es progresivo sin presentar puntos bajos ni altos, como en las investigaciones anteriores.

**Figura 50**

*CBR Respecto al Porcentaje de Adición de PVC-GE10*



El mayor CBR mejorado es de 34.50% con la dosificación de 3%, los valores de CBR disminuyen con el incremento de PVC, el mínimo CBR que se obtuvo fue de 21%, siendo este 10% menor al CBR de la muestra patrón de la investigación.

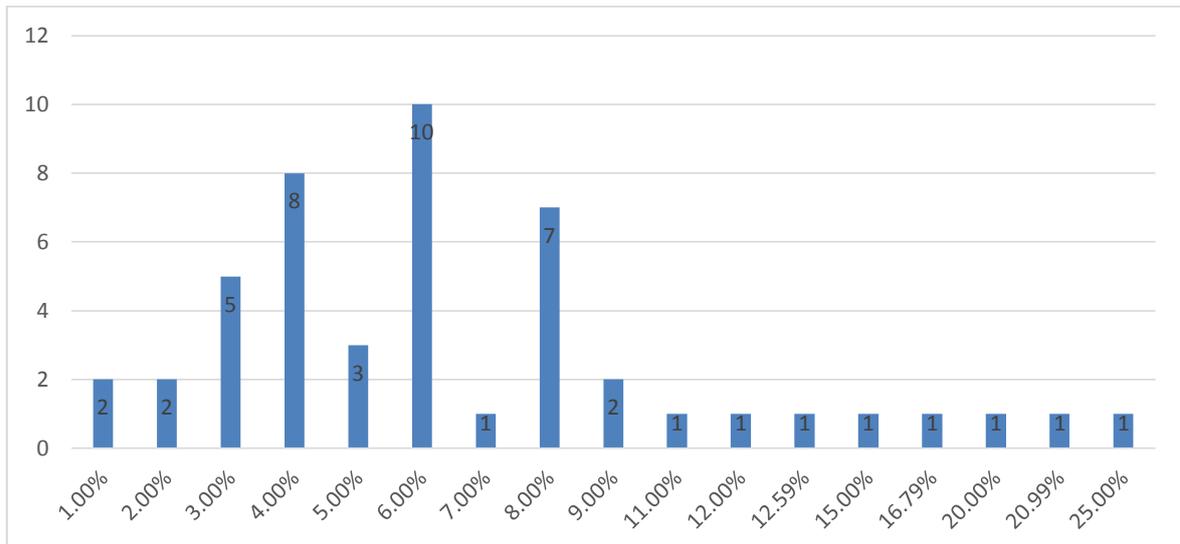
**Tabla 59**

*Resumen de Cantidad de Porcentajes Utilizados en el Grupo de Estudio*

Porcentajes usados	Cantidad
1.00%	2
2.00%	2
3.00%	5
4.00%	8
5.00%	3
6.00%	10
7.00%	1
8.00%	7
9.00%	2
11.00%	1
12.00%	1
12.59%	1
15.00%	1
16.79%	1
20.00%	1
20.99%	1
25.00%	1

**Figura 51**

*Cantidad de Porcentajes Utilizados*



Los resultados mostrados en la Tabla 59 y la Figura 51 indican los porcentajes de adición más utilizados independientemente si han logrado mejorar o disminuir el CBR, dentro de los más utilizados es la dosificación de 6% seguida por una dosificación de 4% , teniendo un

valor de uso de 10 y 8 respectivamente, mientras que las dosificaciones de 8% y 3% son las segundas más usadas con 7 y 5 veces respectivamente, las dosificaciones menos usadas son de 11% a 25% de las cuales muy pocas lograron mejorar el CBR.

**Tabla 60**

*Resumen del Grupo de Estudios RGE-01*

AASHTO	SUCS	IP	Estado de PVC	% de PVC	% Mejora
A-1	M	2.00%	POLVO	2.00%	-15.54%
A-1	M	2.00%	POLVO	4.00%	82.45%
A-1	M	2.00%	POLVO	6.00%	137.88%
A-1	GM	NIP	POLVO	1.00%	-42.28%
A-1	GM	NIP	POLVO	3.00%	50.94%
A-1	GM	NIP	POLVO	5.00%	83.91%
A-1	GM	NIP	POLVO	3.00%	41.00%
A-1-a	GM	NIP	TRITURADO	12.59%	1.82%
A-1-a	GM	NIP	TRITURADO	16.79%	2.73%
A-1-a	GM	NIP	TRITURADO	20.99%	12.12%
A-1-b	SP	NIP	POLVO	3.00%	11.11%
A-1-b	SP	NIP	POLVO	6.00%	27.78%
A-1-b	SP	NIP	POLVO	9.00%	44.44%
A-1-b	SP	NIP	POLVO	12.00%	27.78%
A-1-b	SP	NIP	POLVO	15.00%	13.89%
A-1-b	SP	NIP	POLVO	20.00%	2.78%
A-1-b	SP	NIP	POLVO	25.00%	-8.33%
A-2-4 (0)	GW	8.42%	POLVO	1.00%	-42.28%
A-2-4 (0)	GW	8.42%	POLVO	3.00%	50.94%
A-2-4 (0)	GW	8.42%	POLVO	5.00%	83.91%
	SM	2.59%	POLVO	4.00%	18.92%
	SM	2.59%	POLVO	6.00%	14.41%
	SM	2.59%	POLVO	8.00%	24.32%
	GM-GC	4.45%	POLVO	4.00%	73.47%
	GM-GC	4.45%	POLVO	6.00%	100.00%
	GM-GC	4.45%	POLVO	8.00%	91.84%
	OL	11.28%	POLVO	6.00%	42.86%
A-6	ML -CL	4.43%	POLVO	4.00%	32.65%
A-6	ML -CL	4.43%	POLVO	6.00%	42.86%
A-6	ML -CL	4.43%	POLVO	8.00%	79.59%
A-6	M	2.70%	POLVO	4.00%	38.30%
A-6	M	2.70%	POLVO	6.00%	48.94%
A-6	M	2.70%	POLVO	8.00%	87.23%
A-6	M	2.79%	POLVO	4.00%	41.30%

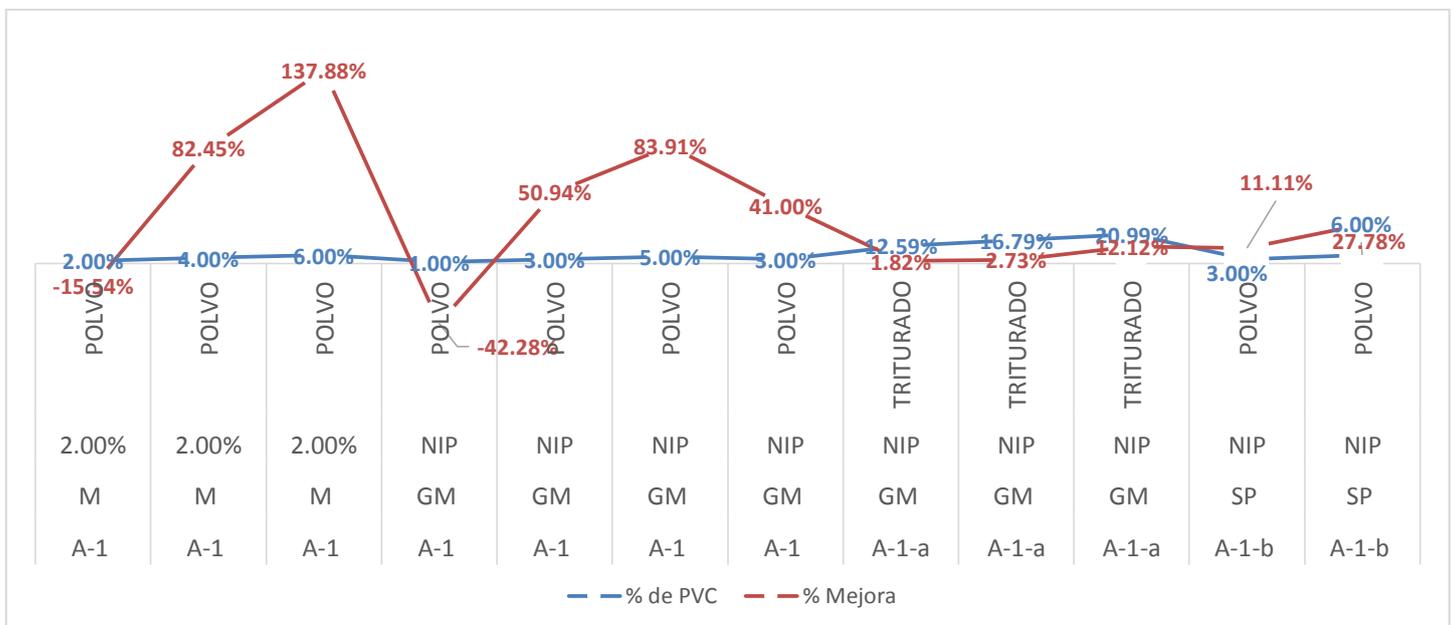
**Tabla 61**

*Resumen del Grupo de Estudios RGE-02*

AASHTO	SUCS	IP	Estado de PVC	% de PVC	% Mejora
A-6	M	2.79%	POLVO	6.00%	52.17%
A-6	M	2.79%	POLVO	8.00%	91.30%
A-6	ML -CL	4.55%	POLVO	4.00%	44.44%
A-6	ML -CL	4.55%	POLVO	6.00%	55.56%
A-6	ML -CL	4.55%	POLVO	8.00%	95.56%
A-1-a	SW	NIP	TRITURADO	2.00%	32.30%
A-1-a	SW	NIP	TRITURADO	4.00%	49.46%
A-1-a	SW	NIP	TRITURADO	6.00%	38.51%
A-1-a	SW	NIP	TRITURADO	8.00%	3.13%
A-2-4	SM	0.64%	TRITURADO	3.00%	11.29%
A-2-4	SM	0.64%	TRITURADO	5.00%	-11.29%
A-2-4	SM	0.64%	TRITURADO	7.00%	-19.35%
A-2-4	SM	0.64%	TRITURADO	9.00%	-27.42%
A-2-4	SM	0.64%	TRITURADO	11.00%	-32.26%

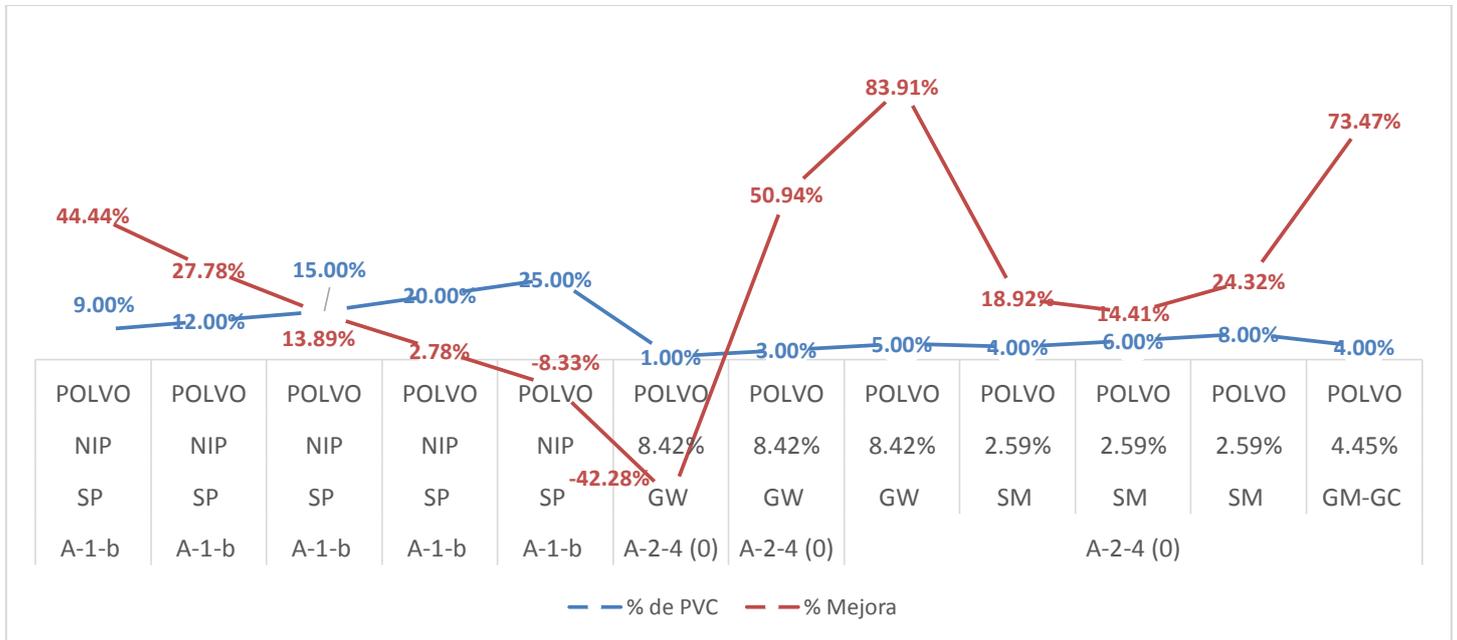
**Figura 52**

*Resumen del Grupo de Estudios 1-12*



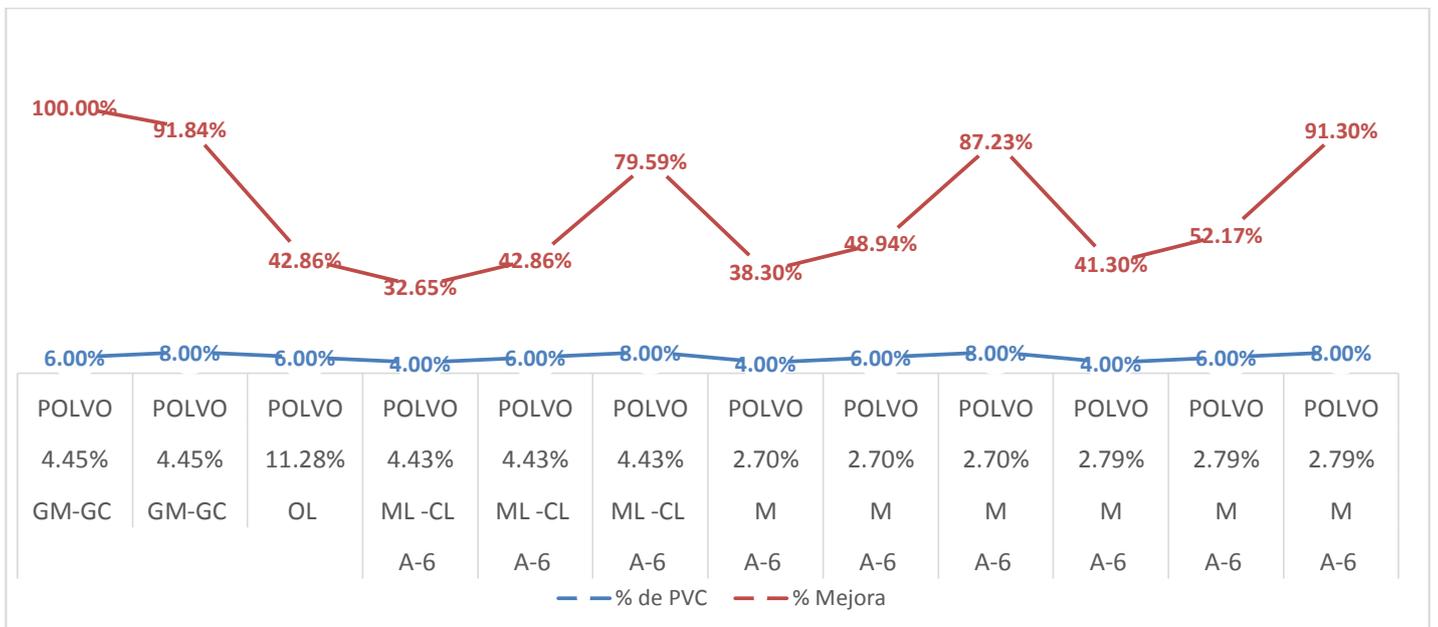
**Figura 53**

Resumen del Grupo de Estudios 13-24



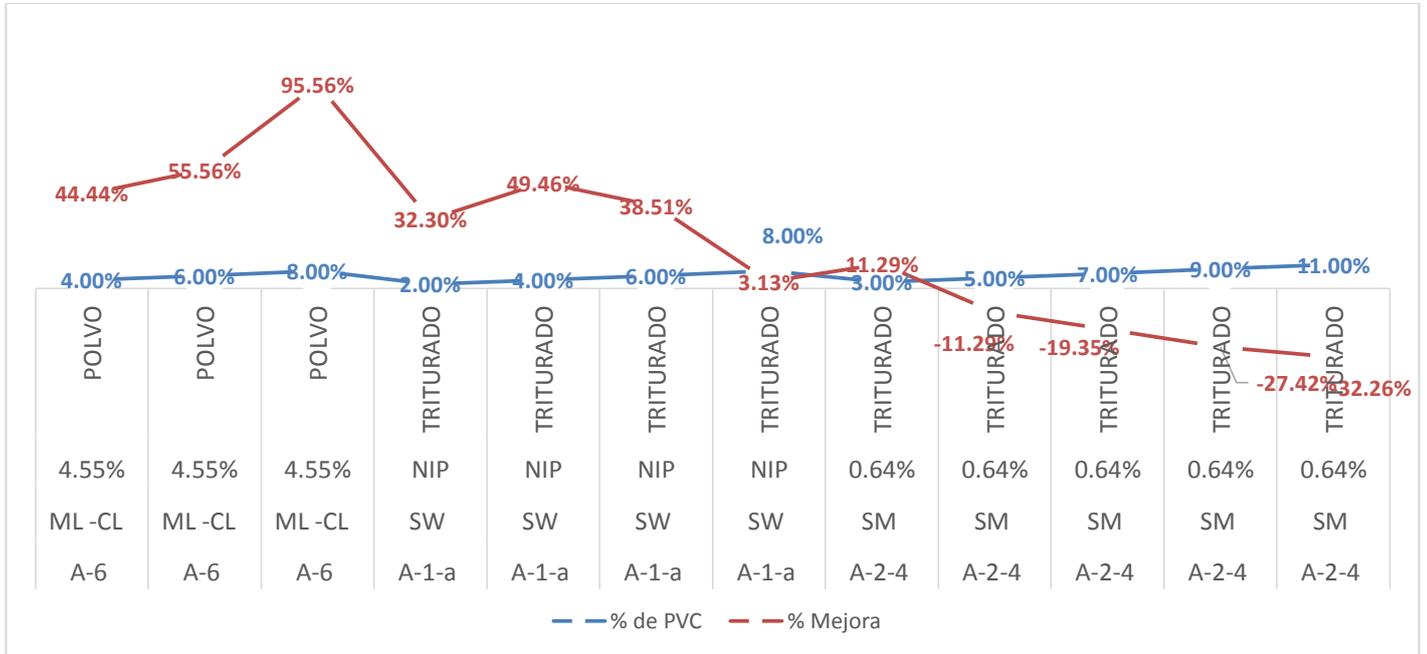
**Figura 54**

Resumen del Grupo de Estudios 25-36



**Figura 55**

*Resumen del grupo de estudios 37-48*



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta la discusión de los resultados obtenidos del grupo de estudio, se presenta la dosificación de PVC, los tipos de suelos y propiedades mecánicas.

- Los porcentajes de adición de PVC usados han logrado mejorar el CBR de la muestra patrón en la mayoría de las investigaciones realizadas, sin embargo, de la primera, segunda y sexta investigación se observa que el primer porcentaje de PVC incluido no logra mejorar el CBR siendo estos de 1% y de 2%, esto sucede porque la cantidad añadida de PVC en comparación al material es muy baja. Mientras lo sucedido en la quinta y novena investigación, es totalmente diferente, en estos dos estudios el PVC logra mejorar el CBR hasta obtener un máximo porcentaje de mejora con dosificaciones de 9% y 4% respectivamente, luego de llegar a su máximo valor de CBR este comienza a descender, en el caso de la quinta investigación la dosificación de 25% provoca que el CBR alterado sea menor al CBR de la muestra patrón, esto debido a que los dos tipos de suelos son arenas y mayor porcentaje de PVC menor será el CBR. Sin embargo, en la décima investigación solo la dosificación de 3% logra mejorar el CBR.
- Por otro lado, en todas las investigaciones, la densidad disminuye desde el primer porcentaje de adición de PVC (1%) hasta el último porcentaje (25%) observado en el grupo de estudios.
- Los resultados encontrados en el grupo de estudio evidencian que con diferentes dosificaciones de PVC la resistencia aumenta y también disminuye, esto último debido al tipo de suelo al cual se está incrementando, de la Tabla 60 y 61 podemos obtener lo siguiente:

Para suelos de clasificación AASHTO:

- A-1-(a o b) las dosificaciones que tuvieron mayor porcentaje de mejora sobre el CBR fueron de 2%, 3%, 4%, 5% y de 6%.
- A-6: las dosificaciones que lograron mejorar el CBR fueron de 4%, 6% y 8% de restos de PVC.
- A-2-4 la dosificación que logro el objetivo de mejorar el CBR fue de 3%.

Mientras que para suelos de clasificación SUCS:

- Suelos M: Para este tipo de suelo las dosificaciones que obtuvieron un resultado positivo para mejorar el CBR fueron 4%, 6% y 8%.
- Suelos GM, GW: Las dosificaciones con los mejores resultados fueron de 3% y de 5%
- Suelos GM-GC, SW, ML-CL: Las dosificaciones de 4%, 6% y 8% son las únicas que lograron mejor el CBR para este tipo de suelo,
- Suelo OL: Para este único suelo encontrado su dosificación es de 6%.
- Suelo SM: Este tipo de suelo presenta un porcentaje de mejora con la dosificación de 3% y 4%.
- Suelo SP: Las mejores dosificaciones para este tipo de suelos es de 3% 6% y 9%.

Estas dosificaciones son independientes de la presentación de los desechos de PCV (polvo, triturado).

- En el desarrollo de la presente investigación se evidencio que la densidad máxima disminuía mientras aumentaba el porcentaje de la dosificación. Pari en el 2003 dice: con el uso del aditivo tiende a disminuir el peso unitario sin que esto perjudique la resistencia del material, por lo contrario, se genera una relación inversamente

proporcional mientras los pesos unitarios disminuyen la resistencia aumenta. Gracias a esto se obtiene un material más ligero, pero con más resistencia. Lo mencionado antes mencionado se puede evidenciar en las Figuras de densidad, en las cuales se visualiza como la densidad desciende al margen del CBR, el cual aumenta y disminuye debido al porcentaje de PVC. Tener un material ligero y resistente es de mucho beneficio porque este permite que una estructura público o particular perdure más tiempo de su vida útil, siempre que este cumpla con lo estipulado por el MTC (Suelos - Geología - Geotecnia y Pavimentos)

- En el grupo de estudio los distintos autores utilizaron restos de PVC para mejorar la capacidad portante de un suelo granular, también para mejorar el comportamiento de una mezcla asfáltica en caliente y para mejorar el comportamiento de un cemento asfáltico. Todos los autores obtuvieron una mejora en la resistencia del material al ser unido con restos de PVC.
- La presente investigación brinda como aporte un manual (véase Anexo 3, Manual Sobre el Uso de Restos de PVC para Mejorar la Capacidad Portante del CBR de un Material Granular Tipo Base), donde se detalla el procedimiento adecuado para mejorar el CBR y las dosificaciones de PVC a utilizar, esto en base a los resultados de los distintos autores en estudio. Así mismo se deja la puerta abierta para que otros investigadores desarrollen la parte complementaria y sus resultados ayuden a mejorar la propuesta en mención.
- En los antecedentes los autores utilizaron el restos de PVC para mejorar la capacidad portante de un suelo granular, para mejorar el comportamiento de una mezcla asfáltica en caliente y para mejorar el comportamiento de un cemento asfáltico obteniendo todos los autores una mejora en la resistencia del material unido con restos de PVC, la presente investigación está proponiendo en base a los distintos

autores y sus resultados la utilización de restos de PVC para mejorar el material granular tipo base en la ciudad de Cajamarca, mediante un manual para el procedimiento adecuado de las dosificaciones de PVC.

- Como limitación de la investigación desarrollada se tuvo la falta de acceso a la información completa de la investigación N°3 del grupo de estudios (GE03), se solicitó el permiso correspondiente y el contacto de los autos, al no tener respuesta se optó por trabajar con lo que se mostraba en el repositorio universitario, se obtuvo: el uso del suelo, su procedencia, un porcentaje de uso de PVC, su CBR inalterado y el porcentaje en que se logró mejorar el CBR. Adicional a esto en muchas de las investigaciones del grupo de estudio también se tuvo que clasificar el suelo con los datos que ofrecía cada autor, esto debido a que no todas contaban con la clasificación correspondiente de su suelo.
- En futuras investigaciones recomiendo buscar una empresa que se dedique a proveer PVC reciclado en polvo o triturado, debido a que esta le brindara una garantía de la calidad del producto.
- Así mismo Del Castillo (2017), recomienda crear entidades que se dediquen exclusivamente al reciclado y estudio de desechos de PVC para que abastezcan los proyectos. Tomando esta recomendación para futuras investigaciones, sería de mucha ayuda contar con una empresa en nuestra ciudad la cual sea proveedora de Cloruro de Vinilo en polvo o triturado, para proyectos donde se tenga que mejorar el CBR.
- La ciudad de Cajamarca cuenta con numerosas trochas carrozables, por tal motivo la aplicación experimental de la presente Tesis sería de mucho beneficio para la población logrando mejorar suelos con material reciclado, y menorando el costo de cada proyecto, dado que el PVC no es un material escaso cuya aplicación es fácil.

## CONCLUSIONES

- ✓ La hipótesis se acepta, debido a que, según los resultados obtenidos, la adición de PVC mejora la capacidad portante de CBR hasta en más del 10% siempre y cuando se utilice dosificaciones entre 3% y 9% y no sea para un suelo tipo SM, para este no aplica.
- ✓ Se logro recopilar información de las plataformas de búsqueda: EBSCO, Google Académico, ProQuest y Redalyc encontrando un total de 62 investigaciones entre Tesis y Paper, de estas solo 10 fueron seleccionadas para el grupo de estudios de las cuales se analizaron los resultados para poder obtener fundamentos de la propuesta realizada.
- ✓ Las características que determinaron para un material tipo base de acuerdo con el MTC son: Gradación tipo A, Abrasión Los Ángeles  $\leq 40\%$ , Índice Plástico  $\leq 4\%$ , Equivalente de arena  $\leq 35\%$  y sales solubles para agregado grueso y fino  $\leq 0.5\%$
- ✓ De la comparación de los resultados del grupo de estudio se concluye para los países lo siguiente: para Colombia los porcentajes de mejora de la capacidad portante del CBR son 3%, 4%, 5% y 6% de PVC; mientras que para Ecuador los porcentajes de PVC varían desde 3%, 6%, 12%, 15%, 20% y 25%; y para Perú los porcentajes óptimos de PVC tienen valores de 3%, 4%, 5%, 6%, 8%, 12.59%, 16.79% y 20.99%. Para las regiones se concluye que: el porcentaje de mejora de la capacidad portante del CBR para la región Puno es de 3%, 4%, 5%, 6% y 8% en cuanto a la región La Libertad-Trujillo los valores de PVC varían entre el 3% hasta el 21%.
- ✓ Para el aporte de la investigación presentada se logró elaborar un manual para procedimiento del uso de PVC (triturado o molido), para mejorar la capacidad portante del CBR de material granular tipo base.

## REFERENCIAS

- Borja M. (2012). Metodología de la investigación científica. SlideShare. <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
- Ética profesional y laboral. Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de: <https://ucu.edu.uy/es/facultades/CienciasHumanas/Institutos/Bioetica/Bioetica%20y%20Ciencias%20Agrarias/Etica%20Profesional%20y%20Laboral.pdf>. Clase Ética Abril-2019
- García S., Bracho N., y López W. (2017). ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICION DE RESIDUOS PLASTICOS EN LA FABRICACION DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO. La Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, RLMM, S7, 55. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=124782868&authtype=shib&lang=es&site=eds-live&custid=s4509042>
- LAMBE W. y WHITMAN R. 1999. Mecánica de suelos. México D. F. Limusa. 250 pp.
- Lascano David, S., & Narvárez Sánchez, L, A. (2010). Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una subbase granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2662/T-PUCE-3422.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Llique Mondragón, R. (2007). CBR EN LABORATORIO. Clase septiembre – 2017.
- Manual de Carreteras. (2003). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PAA CONSTRUCCIÓN. EG-2013
- Manual de ensayo de materiales. (2016). MTC.
- Palomino Saldaña Y. E. (2016). Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016. Universidad Privada del Norte. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ir00628a&AN=upn.11537.9989&authtype=shib&lang=es&site=eds-live&custid=s4509042>
- Palomino Terán K. (2016). CAPACIDAD PORTANTE(CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CON LA INCORPORACION DE DEL ESTABILIZADOR MAXXSEAL 100. Repositorio Universidad Privada del Norte.
- Pari Pari E. R., (2016). Influencia de la inclusión de desecho de Policloruro de Vinilo (PVC) sobre la capacidad de soporte de un material granular tipo subbase en la ciudad de Juliaca”. Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2506/Pari\\_Pari\\_Edwin\\_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2506/Pari_Pari_Edwin_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Prada O., Rondón H., González G., y Reyes F. (2010). Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de Policloruro de Vinilo. *Ciencia e Ingeniería*, 31 (2), 119-124.
- Reyes Lizcano F., Guáqueta Echeona C., Porras Salcedo L., y Rondón Quintana H. (2007). Resistencia mecánica evaluada en el ensayo Marshall de mezclas densas en caliente elaboradas con asfaltos modificados con desechos de Policloruro de Vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (pead) y poliestireno (ps). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12 (22), 75-84.
- Rodríguez Rincón E., Rondón Quintana H., Vélez Pinzón D., y Aguirre Aguirre, L. (2006). Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5 (9), 21-30.
- Rondón Quintana H., Reyes Lizcano F., y Ojeda Martínez B. (2008). COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA DENSA DE ASFALTO EN CALIENTE MODIFICADA CON DESECHO DE POLICLORURO DE VINILO (PVC). *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 18 (2)
- Sabino C. La investigación científica. UPN. [https://learn-us-east-1-prod-fleet01-xythos.s3.amazonaws.com/5e545c6f58bc4/12331230?response-cache-control=private%2C%20max-age%3D21600&response-content-disposition=inline%3B%20filename%2A%3DUTF-8%27%27E1%2520proyecto%2520de%2520investigaci%25C3%25B3n\\_Fidias%2520G.%2520Arias.pdf&response-content-type=application%2Fpdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20200922T030000Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=21600&X-Amz-Credential=AKIAZH6WM4PL5SJBSTP6%2F20200922%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Signature=7b26a021283c172ba3b9472c67bcdee54d504d911ad7f29d2219f23e14dc31fd](https://learn-us-east-1-prod-fleet01-xythos.s3.amazonaws.com/5e545c6f58bc4/12331230?response-cache-control=private%2C%20max-age%3D21600&response-content-disposition=inline%3B%20filename%2A%3DUTF-8%27%27E1%2520proyecto%2520de%2520investigaci%25C3%25B3n_Fidias%2520G.%2520Arias.pdf&response-content-type=application%2Fpdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20200922T030000Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=21600&X-Amz-Credential=AKIAZH6WM4PL5SJBSTP6%2F20200922%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Signature=7b26a021283c172ba3b9472c67bcdee54d504d911ad7f29d2219f23e14dc31fd)
- Tejada Arias M. (2007). AGREGADOS PARA EL CONCRETO. Clase agosto – 2017.
- Valencia López V. E. *REVISIÓN DOCUMENTAL EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN*. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado 22 de septiembre de 2020, de <https://univirtual.utp.edu.co/pandora/recursos/1000/1771/1771.pdf>



**Anexo 2. Ficha de recolección de datos**

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	
<b>TESES:</b>	
<b>AUTOR:</b>	<b>FECHA:</b>
<b>ASESOR:</b>	

**DATOS DE SUELO**

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>USO DEL SUELO</b>	<b>COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>
		Si No
<b>PORCENTAJES DE COMBINACIÓN</b>	<b>LIMITES DE ATTERBERG</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
R/D	Índice de Plasticidad (IP)	SUCS
CERRO	Límite Líquido (LL)	AASHTO
<b>DENSIDAD MÁXIMA</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</b>	<b>PROCTOR</b>
<b>CBR SIN RESTOS DE PVC</b>		<b>CBR CON RESTOS DE PVC</b>

**DATOS DE PVC**

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>PORCENTAJE DE ADICCIÓN DE RESTOS DE PVC</b>	<b>% DE MEJORA DE LA RESISTENCIA - CBR</b>

**RECOMENDACIONES :**

TESISTA	ASESOR
<b>NOMBRE:</b>	<b>NOMBRE:</b>
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>

*Nota: Adaptado de protocolos UPN*

### Anexo 3. Manual Sobre el Uso de Restos de PVC para Mejorar la Capacidad Portante del CBR de un Material Granular Tipo Base

**UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE**

**MTC**  
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

**NTP**

**MANUAL SOBRE EL USO DE RESTOS DE PVC PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE DEL CBR DE UN MATERIAL GRANULAR TIPO BASE**

**ASTM**  
ASTM INTERNATIONAL

**AASHTO**

**ELABORADO POR: LUIS ALEXANDER ESTRADA MENDOZA**