



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

**TESIS**

**“MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA DEL SUELO  
UTILIZANDO COLOFONIA DE PINO EN LA SUB RASANTE DEL PAVIMENTO  
DE LA CALLE 11 ABRIL EN LA CIUDAD DE IZCUCHACA DE LA PROVINCIA DE  
ANTA, REGIÓN CUSCO”**

**PRESENTADO POR:**

**GUIDO ALEX GOMEZ HUARHUA**

Bachiller en Ingeniería Civil

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ASESOR TECNICO:**

**Mg. Ing. ZANDRO PEÑALVA GALLEGOS**

**ASESOR METODOLOGICO:**

**Mg. Ing. GORKI FEDERICO ASCUE SALAS**

**CUSCO-PERU**

**2018**

## DEDICATORIA

A Dios: por darme la fortalecer mi camino durante todo este tiempo y por darme muchas fuerzas para superar cada obstáculo y dificultad presentada durante mi vida.

A mi padres: Martin Gómez Gómez y Eusebia Huarahua de Gómez , por su comprensión, guía, orientación y por estar siempre presente durante el proceso de mi carrera, así mismo por enseñarme los valores y ante todo a ser humilde y siempre serán mi mayor motivo e inspiración.

A mis hermanos: John Gómez Huarahua y Teresa gracias por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional en todo momento, Por compartir momentos de alegría y demostrarme siempre puedo contar con Uds.

A mi sobrino: Thiago, por estar siempre conmigo en cada actividad realizada en familia y compartir bellos momentos.

El Autor.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A DIOS**

Por darme la sabiduría necesaria para seguir el camino correcto en las actividades que realice en mi vida.

### **A MIS PADRES**

Porque gracias a ellos pude lograr mis objetivos y por ser parte de mi realización como profesional, por haberme dado la oportunidad de una educación y sobre todo por la confianza que pusieron en mí.

### **A MIS HERMANOS**

Lucha, Teresa, John y Wilder por contar con su apoyo y ver en mí un ejemplo para vuestros hijos.

### **A MIS SOBRINOS**

Tiago Quispe, por los momentos muy hermosos pasados en familia y por supuesto por ser la motivación de mis hermanos.

### **MI ASESOR TÉCNICO**

ING. ZANDRO PEÑALVA GALLEGOS,  
Por su tiempo, paciencia y buena actitud a la hora de atender a las inquietudes sugerencias a lo largo de mi investigación.

El Autor.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de mejorar de incrementar la capacidad de resistencia del pavimento en la calle 11 de Abril de la ciudad de Izcuchaca, Provincia en Anta Región Cusco, El principal objetivo de la investigación es determinar de qué manera y en qué cantidad la incorporación de colofonia de pino en el suelo natural y suelo de préstamo utilizados en la sub rasante de la estructura de la pavimentación mejora su capacidad de resistencia.

El método que se utilizó en la siguiente tesis, es el método de investigación experimental. Y los resultados se obtuvieron mediante pruebas de CBR. Elaboradas en laboratorio los cuales fueron positivos para el trabajo de investigación

Se consideró cinco pruebas para ambos suelos (natural y de préstamo) , el primero se realizó sin la incorporación de colofonia de pino, tanto para el suelo natural como para el suelo de préstamo luego en el la segunda prueba se incorporó la colofonia de pino en una proporción del 1% que sustituye al agua del contenido de humedad (% humedad ) de la muestra, para la tercera prueba se incorporó colofonia de pino en una proporción del 2% que sustituye al agua del contenido de humedad (% humedad ) de la muestra, para la cuarta prueba se incorporó colofonia de pino en una proporción del 3% que sustituye al agua del contenido de humedad (% humedad ) de la muestra y para la quinta prueba se incorporó colofonia de pino en una proporción del 4% que sustituye al agua del contenido de humedad (% humedad ) de la muestra, el procedimiento mencionado se dio para ambos materiales, la colofonia de pino se diluyo con alcohol una cantidad necesaria que remplazo al porcentaje de humedad fue en un estado líquido el cual tenía una textura lechosa.

A partir de los ensayos de laboratorio mediante la pruebas de CBR. Se obtuvieron resultados favorables y satisfactorios, los cuales determinaron que: con

el adicionamiento de colofonia de pino en porcentajes del 1% ,2%,3%y 4% en ambos materiales (suelo natural y suelo de préstamo) si se presenta un aumento de la capacidad de resistencia del suelo natural y de préstamo. Por lo cual se concluyó que:

En el suelo natural de un 14.8% de CBR.se incremento en un 20.6%de CBR. Con la incorporación de colofonia de pino en una proporción del 4%.

En el suelo de préstamo, de un 56% de CBR.se incremento a un 60.8%de CBR. Con la incorporación de colofonia de pino en una proporción del 4%.

A raíz de estos resultados se concluyó, el uso de colofonia de pino si mejora la capacidad de resistencia de los suelos; natural y de préstamo en la sub rasante del pavimento de la calle 11 de Abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta Región Cusco, por el cual se recomendó que el uso de colofonia de pino podría servir como un aditivo para estabilizar suelos, mejorar la resistencia de los suelos.

Este trabajo de investigación puede servir como fuente de información para nuevas investigaciones que tengan similar o igual propósito.

## **ABSTRACT.**

This research work was carried out with the purpose of improving the resistance capacity of the pavement of 11 de April Street in the city of Izcuchaca, Province of Anta Region of Cusco. The main objective of the research is to determine how and how much the incorporation of pine rosin into the natural soil and lending floor used in the subgrade of the paving structure improves its resilience. The method used in the following thesis is the experimental research method.

And the results were obtained by CBR tests. Elaborated in laboratory which were positive for the research work it was considered five tests

For both soils (natural and loan), the first was done without the incorporation of rosin of pine, both for the natural soil and for the loan soil, then in the second test the pine rosin was incorporated in a proportion of 1% that replaces the water of the moisture content (% humidity) of the sample, for the third test pine rosin was incorporated in a proportion of 2% that replaces the water of the moisture content (% humidity) of the sample, for the fourth test was added rosin of pine in a proportion of 3% that replaces the water of the moisture content (% moisture) of the sample and for the fifth test pine rosin was incorporated in a proportion of 4% that replaces To the water of the moisture content (% humidity) of the sample, the mentioned procedure was given for both materials, the rosin of pine was diluted with alcohol a necessary amount that replaced the percentage of moisture was in a liquid state which had a milky texture

From laboratory tests using CBR tests. Favorable and satisfactory results were obtained, which determined that: with the incorporation of pine rosin in percentages of 1%, 2%, 3% and 4% in both materials (natural soil and loan soil) if there is an increase in the resistance capacity of natural soil and of loan. Therefore, it was concluded that:

In the natural soil, of 14.8% of CBR.se increased by 20.6% of CBR. With the addition of pine rosin in a proportion of 4%

On the loan floor, 56% of CBR.se increased to 60.8% of CBR. With the addition of pine rosin in a proportion of 4%

As a result of these results it was concluded that the use of pine rosin does improve the resistance capacity of soils; natural and loan in the subgrade of the pavement of the street April 11 in the City of Izcuchaca of the Province of Anta Cusco Region, which recommended that the use of rosin of pine could serve as an additive to stabilize soils, improve the resistance of the floors.

This research work can serve as a source of information for new research that has a similar or similar purpose.

## INDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
INDICE .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	vii
LISTA DE GRAFICOS .....	vii
INTRODUCCIÓN.....	viii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	1
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específico.....	2
1.2.3. Primer Problema Específico. ....	2
1.2.4. Segundo Problema Específico. ....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3.3. Primer Objetivo Específico .....	3
1.3.4. Segundo Objetivo Específico .....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	3
1.4.1. Justificación .....	3

1.4.2. Importancia Del Estudio .....	4
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.....	4
CAPITULO II MARCO TEORICO .....	5
2.1. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION .....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes En El Perú .....	6
2.2. BASES TEORICAS.....	9
2.2.1. El Pavimento.....	9
2.2.2. La Colofonia De Pino.....	10
2.2.3. El Suelo .....	11
2.2.4. Resistencia Cortante Del Suelo.....	12
2.2.5. Definición de términos básicos .....	12
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
2.3.1. Hipótesis General. ....	14
2.3.2. Hipótesis Específicas.....	14
2.3.3. Variables del Estudio .....	14
2.3.4. Operación De Las Variables.....	15
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....	16
3.1.1. Diseño de la Investigación .....	17
3.1.2. Método de la Investigación .....	17
3.1.3. Población y Muestra.....	17
3.1.4. Muestra .....	19
3.1.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos .....	19
a. Técnicas De Tratamiento De Los Datos. ....	19

b. Técnicas De Análisis E Interpretación De la Información .....	20
3.1.6. Instrumentos .....	20
CAPÍTULOS IV RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	21
4.1. RESULTADOS .....	21
4.2. MATERIAL DE SUELO NATURAL.....	21
4.2.1. Análisis Granulométrico Del Suelo Natural .....	21
4.2.2. Contenido De Humedad Del Suelo Natural.....	24
4.2.3. Limite Líquido Del Material Del Suelo Natural .....	26
4.2.4. Limite Plástico Del Suelo Natural .....	30
4.2.5. Índice De Plasticidad Del Suelo Natural .....	32
4.2.6. Clasificación Del Suelo Natural.....	33
4.2.7. Ensayo De Proctor Modificado Del Suelo Natural.....	34
4.2.8. Ensayo De Relación De Soporte De California (CBR) Del Suelo Natural.....	37
4.3. MATERIAL SUELO DE PRESTAMO.....	44
4.3.1. Análisis granulométrico del suelo de préstamo .....	44
4.3.2. Contenido de humedad del suelo de préstamo.....	47
4.3.3. Limite líquido del material del suelo préstamo.....	49
4.3.4. Limite Plástico Del Suelo De Préstamo.....	53
4.3.5. Índice De Plasticidad Del Suelo De Préstamo.....	56
4.3.6. Clasificación Del Suelo De Préstamo .....	57
4.3.7. Ensayo De Proctor Modificado Del Suelo De Préstamo.....	58
4.3.8. Ensayo De Relación De Soporte De California (CBR) Del Suelo De Préstamo .....	61
4.3.9. Comparación de CBR. Del suelo natural y de préstamo sin incorporar colofonia de pino.....	67
4.3.10. Procedimiento comparativo método de CBR. Suelo natural y de préstamo. ....	68

4.3.11. Resultados de procedimiento de compactación con el método C.B.R. para suelo natural .....	70
4.3.12. Resultados De CBR. Con 1% de Colofonia de Pino para el suelo natural. ....	70
4.3.12. Resultados De CBR. Con 2% Para Suelo Natural .....	72
4.3.13. Resultados De CBR. Con 3% Para Suelo Natural .....	75
4.3.14. Resultados De CBR. Con 4% Para Suelo Natural .....	76
4.3.15. Resultados de procedimiento de compactación con el método C.B.R. para suelo de préstamo .....	79
4.3.16. Resultados De CBR. Con 1% De Colofina De Pino para el suelo de préstamo .....	79
4.3.17. Resultados De CBR. Con 2% Para Suelo De Préstamo .....	81
4.3.18. Resultados De CBR. Con 3% Para Suelo De Préstamo.....	83
4.3.19. Resultados De CBR. Con 4% Para Suelo De Préstamo.....	86
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	93
ANEXOS .....	94
1. PANEL FOTOGRAFICO .....	99
2. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	99
3. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	100

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Composición de Ácidos Resinosos en Distintos Tipos de Colonia .....	11
<b>Tabla 2</b>	Operaciones de las Variables .....	15
<b>Tabla 3</b>	Granulometría del Suelo Natural .....	23
<b>Tabla 4</b>	Contenido de Humedad de Material suelo Natural .....	26
<b>Tabla 5</b>	Limite Líquido MTC. E 110 del Suelo Natural .....	28
<b>Tabla 6</b>	Resumen de Valores Límite Liquido (LL) del Suelo Natural .....	29
<b>Tabla 7</b>	Limite Plástico (MTC. E 111 Del Suelo Natural) .....	31
<b>Tabla 8</b>	Resumen de Valores Límite Liquido (ll) Del Suelo Natural .....	32
<b>Tabla 9</b>	Clasificación de Suelos, Según NTP 339. 134 (ASTM D 2487).....	33
<b>Tabla 10</b>	Clasificación de Suelo Natural .....	33
<b>Tabla 11</b>	Valores Límite Liquido (LL) del Suelo Natural.....	36
<b>Tabla 12</b>	Valores (%) de Humedad del Suelo Natural .....	36
<b>Tabla 13</b>	Valores (%) de Humedad (LL) del Suelo Natural .....	39
<b>Tabla 14</b>	Resultados de Densidad Seca.....	40
<b>Tabla 15</b>	Compactación Suelo Natural .....	40
<b>Tabla 16</b>	Humedad (%) Suelo Natural .....	40
<b>Tabla 17</b>	Aplicación de carga Suelo Natural .....	41
<b>Tabla 18</b>	Porcentaje de Expansión .....	41
<b>Tabla 19</b>	Granulometría del Suelo de Préstamo.....	46
<b>Tabla 20</b>	Contenido de Humedad del Suelo De Préstamo .....	49
<b>Tabla 21</b>	Limite líquido MTC. E 110 del suelo natural .....	51
<b>Tabla 22</b>	Resumen de Valores Límite Liquido (LL) del Suelo de Préstamo.....	52
<b>Tabla 23</b>	Resumen de los Valores Obtenidos.....	52
<b>Tabla 24</b>	Limite Plástico MTC. E 110 del Suelo de Préstamo.....	55
<b>Tabla 25</b>	Resumen de Valores Límite Plástico (LP) del Suelo de Préstamo .....	56
<b>Tabla 26</b>	Clasificación Suelo de Préstamo .....	57
<b>Tabla 27</b>	Resumen de Valores Límite Liquido (LL) Suelo de Préstamo .....	60
<b>Tabla 28</b>	Valores (%) de Humedad del Suelo de Préstamo.....	60
<b>Tabla 29</b>	Volumen del Molde .....	63

<b>Tabla 30</b>	Resultados de Densidad Seca Suelo de préstamo.....	63
<b>Tabla 31</b>	Compactación Suelo de Préstamo.....	64
<b>Tabla 32</b>	Humedad Suelo de Préstamo.....	64
<b>Tabla 33</b>	Aplicación de carga Suelo de Préstamo .....	64
<b>Tabla 34</b>	Porcentaje de expansión Suelo de Préstamo .....	65
<b>Tabla 35</b>	Propiedades Físicas de los Suelos Utilizados .....	68
<b>Tabla 36</b>	Ensayo de Proctor Estándar (MTC E 116).....	68
<b>Tabla 37</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.....	68
<b>Tabla 38</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.....	69
<b>Tabla 39</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.....	69
<b>Tabla 40</b>	Determinación de C.B.R. En Ambos Suelos.....	69
<b>Tabla 41</b>	C.B.R. del 100% y 95% en (1"y 2") de Penetración.....	69
<b>Tabla 42</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.....	71
<b>Tabla 43</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.....	71
<b>Tabla 44</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.....	71
<b>Tabla 45</b>	Determinación de C.B.R. ....	72
<b>Tabla 46</b>	C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de Penetración .....	72
<b>Tabla 47</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.....	73
<b>Tabla 48</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.....	73
<b>Tabla 49</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.....	73
<b>Tabla 50</b>	Determinación de C.B.R. ....	74

<b>Tabla 51</b> C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de Penetración .....	74
<b>Tabla 52</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.....	75
<b>Tabla 53</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.....	75
<b>Tabla 54</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.....	75
<b>Tabla 55</b> Determinación de C.B.R. ....	76
<b>Tabla 56</b> C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de penetración.....	76
<b>Tabla 57</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.....	77
<b>Tabla 58</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.....	77
<b>Tabla 59</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.....	77
<b>Tabla 60</b> Determinación de C.B.R. ....	77
<b>Tabla 61</b> C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de penetración.....	78
<b>Tabla 62</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.....	79
<b>Tabla 63</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.....	79
<b>Tabla 64</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.....	80
<b>Tabla 65</b> Determinación de C.B.R. ....	80
<b>Tabla 66</b> C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de Penetración .....	80
<b>Tabla 67</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.....	81
<b>Tabla 68</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.....	82
<b>Tabla 69</b> Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.....	82

<b>Tabla 70</b>	Determinación de C.B.R. ....	82
<b>Tabla 71</b>	C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de penetración.....	83
<b>Tabla 72</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132. ....	84
<b>Tabla 73</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132. ....	84
<b>Tabla 74</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132. ....	84
<b>Tabla 75</b>	Determinación de C.B.R. ....	85
<b>Tabla 76</b>	C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de Penetración .....	85
<b>Tabla 77</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132. ....	86
<b>Tabla 78</b>	Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132. ....	86
<b>Tabla 79</b>	Ensayo de Relación de Soporte de california (C.B.R 10 golpes) MTC E 132. ....	86
<b>Tabla 80</b>	Determinación de C.B.R .....	87
<b>Tabla 81</b>	C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de penetración.....	87

## LISTA DE GRAFICOS

<b>Grafico 1</b> Proporción de productos estabilizados importados y nacionales .....	8
<b>Grafico 2</b> Estructura del pavimento. ....	10
<b>Grafico 3</b> Curva granulométrica del suelo natural .....	24
<b>Grafico 4</b> Determinaciones del límite líquido .....	29
<b>Grafico 5</b> Ensayo de proctor modificado de suelo natural .....	37
<b>Grafico 6</b> C.B.R. (56 golpes) suelo natural.....	42
<b>Grafico 7</b> (25 golpes) suelo natural .....	42
<b>Grafico 8</b> C.B.R. (10 golpes) suelo natural.....	43
<b>Grafico 9</b> Determinacion de cbr. suelo natural .....	43
<b>Grafico 10</b> Curva granulométrica del suelo de prestamo.....	47
<b>Grafico 11</b> Determinacion del limite líquido .....	53
<b>Grafico 12</b> Ensayo de proctor modificado de suelo de prestamo .....	61
<b>Grafico 13</b> C.B.R. (56 golpes) .....	65
<b>Grafico 14</b> C.B.R. (25 golpes) .....	66
<b>Grafico 15</b> Grafico n° c.b.r. (12 golpes).....	63
<b>Grafico 16</b> Determinacion de CBR.suelo de prestamo .....	67
<b>Grafico 17</b> Comparación de suelo natural y suelo de préstamo mediante IG prueba de C.B.R. ....	70
<b>Grafico 18</b> Suelo natural considerando 1% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R. ....	72
<b>Grafico 19</b> Suelo natural considerando 2% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R. ....	74
<b>Grafico 20</b> Suelo natural considerando 3% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R. ....	76
<b>Grafico 21</b> Suelo natural considerando 4% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R. ....	78
<b>Grafico 22</b> Suelo de prestamo considerando 1% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R. ....	81

<b>Grafico 23</b> suelo de prestamo considerando 2% de colofonia de pino mediante La prueba de C.B.R.....	83
<b>Grafico 24</b> suelo de prestamo considerando 3% de colofonia de pino mediante La prueba de C.B.R.....	85
<b>Grafico 25</b> Suelo de prestamo considerando 4% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.....	88

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación titulado: “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA DEL SUELO UTILIZANDO COLOFONIA DE PINO EN LA SUB RASANTE DEL PAVIMENTO DE LA CALLE 11 ABRIL EN LA CIUDAD DE IZCUCHACA DE LA PROVINCIA DE ANTA, REGIÓN CUSCO”

Tiene como finalidad de demostrar que con el uso de Resina de Pino es posible mejorar la capacidad de resistencia del suelo que compone la estructura de un pavimento exactamente en la sub rasante de la estructura, dicho trabajo de investigación se realizó en la Calle 11 de Abril de la Ciudad de Izcuchaca. Provincia de Anta, buscando así el mejoramiento de la capacidad de resistencia del suelo Natural y de Préstamo.

Los resultados se obtuvieron mediante pruebas de laboratorio, los cuales dieron como resultados positivos, Para realizar el trabajo de investigación (tesis) ha sido necesario estructurarlo en cuatro Capítulos:

**En el capítulo I.-** Se presentan las generalidades del trabajo de investigación (tesis), el planteamiento de problema, los objetivos y la justificación de la investigación.

**En el capítulo II** Se presenta el marco teórico, en el cual se encuentran inmersos los antecedentes de la investigación, bases teóricas, la hipótesis de la investigación como también la hipótesis general y las hipótesis específicas y por ultimo las variables del estudio.

**En el capítulo III.-** Se presenta la metodología de la investigación dentro de esta se ubica, el tipo y nivel de la investigación, el diseño de investigación , el método de la investigación en el cual están imbuidos la población y muestra, se presenta también las técnicas e instrumentos de recolección de datos. Donde se

Encuentran las técnicas de tratamientos de los datos, las técnicas de análisis e interpretación de la información así como los instrumentos.

**En el capítulo IV.-** se presenta los resultados y discusiones, que se lograron durante el trabajo de investigación, como también los estudios y resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio los cuales fueron muy importantes ya que sirven para darle validez a la hipótesis planteada.

**En el capítulo IV.-** se presenta las conclusiones y recomendaciones.

## **APITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO**

#### **1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En estas últimas temporadas la ciudad de Izcuchaca, ha venido sufriendo varios tipos de cambios. por las lluvias, Donde los pavimentos de las calles de la ciudad de Izcuchaca, se hacen tan fáciles de notar por un transeúnte o conductor, que no duda en manifestar su crítica, incomodidad o hasta ser víctima de todas las fallas, roturas, agrietamientos, rajaduras, y todos los deterioros que presentan nuestros pavimentos en la actualidad. Ya sea por el pasar de los años, o por la variedad de clima que presenta esta región o por alguna empresa constructora que en vez de mejorar la ciudad solo piensa en ganar dinero y no utilizan los principios y los conocimientos de una buena ingeniería para una construcción.

No cabe duda que la ciudad de Izcuchaca es una de las ciudades donde se presenta el mayor índice de agrietamientos en sus calles principales, haciéndose notar las deficiencias en los diferentes diseños de pavimentos rígidos empleados en nuestra ciudad, ya que por alguna razón están

Dejando de cumplir con sus respectiva funcionabilidad, resistencia y durabilidad.

Por tanto, es necesario e imprescindible, conocer el estado de los diferentes pavimentos que se vienen realizando en dicha ciudad. Ya que el 90% de calles actualmente son de pavimento rígido, por lo que como ejemplo hemos elegido la sub rasante del pavimento de la Calle 11 DE ABRIL, para analizarlos y poder dar a conocer que a través de un estudio todas las deficiencias y desperfectos que presenta, así como las mejoras y rehabilitaciones correspondientes.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera el uso de colofonia (resina de pino) de pino mejora la capacidad de resistencia de los suelos; natural y de préstamo en la sub rasante del pavimento de la Calle 11 de Abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco?

### **1.2.2. Problemas Específico**

#### **1.2.3. Primer Problema Específico.**

¿De qué manera el uso de colofonia de pino Mejora la capacidad de resistencia del suelo natural mediante el la prueba de CBR en la sub rasante del pavimento de la Calle 11 de Abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco?

#### **1.2.4. Segundo Problema Específico.**

¿De qué manera el uso de colofonia de pino Mejora la capacidad de resistencia del suelo de préstamo mediante el la prueba de CBR. En la sub rasante del pavimento de la Calle 11 de Abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la capacidad de resistencia de los suelos; natural y de préstamo utilizando colofonia de pino en la sub rasante del pavimento de la Calle 11 de Abril, En la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

##### **1.3.3. Primer Objetivo Específico**

Determinar la capacidad de resistencia del suelo natural utilizando colofonia de pino en la sub rasante del pavimento mediante la prueba del CBR. De la Calle 11 de abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco.

##### **1.3.4. Segundo Objetivo Específico**

Determinar la capacidad de resistencia del suelo de préstamo utilizando colofonia de pino en la sub rasante del pavimento mediante la prueba del CBR. De la Calle 11 de abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

#### **1.4.1. Justificación**

El presente trabajo de investigación, se justifica en necesidad de mejorar la resistencia de sub rasante de los pavimentos, y con la utilización de Colofina de pino en la sub rasante de los pavimentos.

Es una investigación que induce a poder descubrir nuevos productos como la colofonia de pino que puede servir como un aditivo para mejorar la resistencia de los suelos, natural y de préstamo de baja resistencia.

#### **1.4.2. Importancia Del Estudio**

Se aplica: En muestras de suelo en laboratorio, Sera valedera como base de información para poder mejorar y ampliar conocimientos, Quedará como referencia para nuevas investigaciones referentes al tema que tenga como propósito el mejoramiento de suelos con colofonia de pino Mediante pruebas de laboratorio que permitirán determinar el incremento del CBR. Adicionando colofonia de pino en suelos.

El trabajo de investigación es importante también porque aumentara el aprendizaje y que alavés servirá como instrumento para la ampliación y mejora de técnicas de mejoramiento de suelos.

Como también permite ser referente para una manera más eficiente y eficaz de mejorar la resistencia de suelos.

#### **1.5. LIM ITACIONES DE LA INVESTIGACION**

Una de las limitaciones de la investigación es la falta de información existente dentro de la región del Cusco. Debido a que anteriormente no se realizaron investigaciones referentes al tema.

Considero como otra de mis limitaciones, que en la Ciudad del Cusco no se expende colofonia de pino por lo cual tuve que adquirirlo en la ciudad de Lima.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

(Fabián, Alejandro, & Denia, 2010) En su tesis de investigación “Efectos de la Cal en la Estabilización de Subrasantes”. menciona que se plantearon que el uso de la cal como un estabilizador puede ser bueno para materiales finos de media o alta plasticidad, el cual hasta la actualidad no ha sido utilizada en costa rica para estos fines, Su uso tiene como resultados una serie de mejoras tales como el aumento de sus propiedades mecánicas de resistencia, menor susceptibilidad a la reducción de la plasticidad y aumento de capacidad de trabajo, Por lo anterior se planteó el siguiente proyecto enfocado en evaluar el efecto en dos tipos de Cales ( de primera y segunda calidad) en las propiedades de suelos de alta plasticidad, es clave mencionar que del siguiente trabado de investigación se llegó a la siguientes conclusión: De los resultados obtenidos se verifico la mejoría en las propiedades mecánicas y de durabilidad en el material que se usa como subrasante cuando se incorpora Cal como material

Estabilizador. Con base en los resultados obtenidos, esta mejoría se aumenta conforme se agrega un mayor porcentaje de contenido de cal.

(Junco del Pino, 2011) En su trabajo de investigación “Aditivo Químico Obtenido de sales Cuaternarias Empleado para la Estabilización de Suelos Arcillosos de subrasantes de Carreteras”, Define que En las construcciones de subrasantes para obras de pavimentaciones se basa principalmente en el aprovechamiento de suelos locales como material de fácil obtención y de bajo costo pero en algunas ocasiones es necesario mejorarlos envista a que no llegan a cumplir las exigencias para su empleo pero con estas circunstancias de investigación si se llega a lograr ahorros del orden del 20 al 45% con relación a los costos de construcción con materiales extraídos de cantera que generalmente se encuentran alejadas. La estabilización química es un método que se emplea para mejorar la subrasante, usando sustancias químicas que modifican propiedades de los suelos disminuyendo la plasticidad y aumentando la cohesión de su capacidad de resistencia y soporte, cabe concluir que en los estudios realizados y analizados se afirman que es factible el sistema de estabilización e impermeabilización de suelos creados a partir de sales cuaternarias amonio durante la estabilización de suelos que serán utilizados en la conformación de la estructura de los pavimentos se por ende se demuestra su poderío sustancial en mejorar las propiedades de resistencia y permeabilidad de suelos finos y arcillosos que en su gran mayoría son considerados suelos no aptos para la construcción de pavimentos rígidos y flexibles.

### **2.1.2. Antecedentes En El Perú**

(M. & Cabana Valverede, 2017) en su tesis de investigación titulado “mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el

Estabilizante químico cal a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria - Wilcahuain, Huaraz, 2017” indica que la presente investigación tiene como finalidad mejorar las propiedades mecánicas del suelo de la sub-rasante de baja capacidad de soporte por medio de la estabilización química de suelos usando cal hidratada, para la construcción de carreteras, se tomó como muestra para esta investigación parte de la sub - rasante de la carretera que no se encuentra pavimentada y de bajo tránsito paria - wilcahuain en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz, distrito de independencia, en el cual se elaboraron tres calicatas para obtener las muestras, para luego ser estudiadas de manera funcional mediante distintos ensayos en laboratorio por el cual se concluye que: al realizar los ensayos como: es el ensayo proctor modificado y CBR. Se comprobó que la mezcla de la cal hidratada con los suelos que se estudiaron, presentaron buen comportamiento que el suelo sin adicionarle cal hidratada el CBR. De la calicata 01 aumento su resistencia hasta un 12 % con la cantidad de cal de 8% con relación al peso del suelo seco, y la calicata 03 incremento su resistencia hasta un 28% con tan solo 4% del estabilizante químico cal. también se puede concluir que el suelo de la carretera Paria -

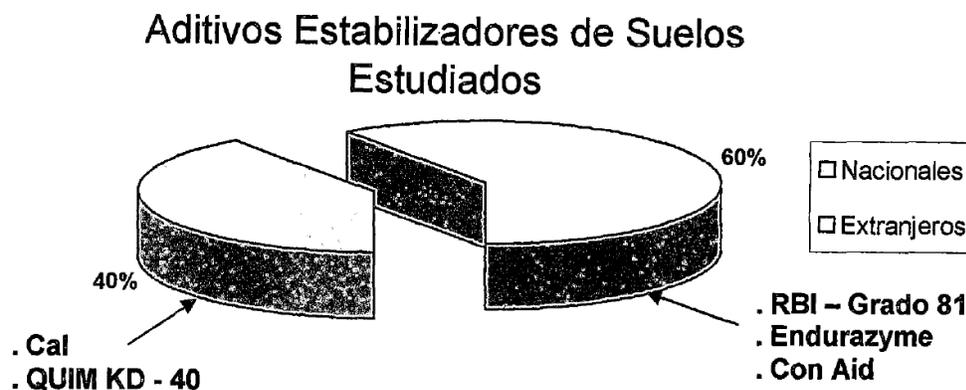
Wilcahuain puede ser empleado como capa de sub - base o sub - Rasante mejorada para pavimentos.

(Ugaz Palomino, 2006) en su trabajo de tesis denominado “estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub-rasante” el cual tiene como finalidad el de investigar el comportamiento de los distintos suelos estabilizados con aditivos químicos, para su aplicación en carreteras, así como sus distintos cambios en las propiedades de capacidad de soporte CBR., durabilidad, compresibilidad, permeabilidad y estabilidad volumétrica a corto y largo plazo, en distintos tipos de climas , ya que son estas

Cinco pruebas principales las que se tienen que considerar durante la realización de una estabilización de suelos. Dentro de la investigación, también se estudió el comportamiento de los siguientes estabilizadores: RBI-grado 81, cal viva, enzimas orgánicas (endurazyme) • cloruro de calcio (quim kd-40), Aceites sulfatados (con-aid) para ello se realizaron pruebas de laboratorio y campo, los cuales dieron como resultados sus propiedades físicas, mecánicas y fisicoquímicas, de los suelos después de la incorporación de los Aditivos.

### Grafico 1

Proporción de productos estabilizados importados y nacionales



Fuente: estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub-rasante Ugaz Palomino, 2006, p, 238)

El grafico n° 1 indica que la tendencia es a tener mayor cantidad de productos importados que nacionales, debido poca investigación que se tiene en este campo, sobre las sustancias químicas que ayuden a incrementar las características de resistencia, durabilidad y trabaibilidad que se busca en los suelos estabilizados. (Roxana María Ugaz Palomino, 2006, p.238).

## 2.2. BASES TEORICAS

### 2.2.1. El Pavimento

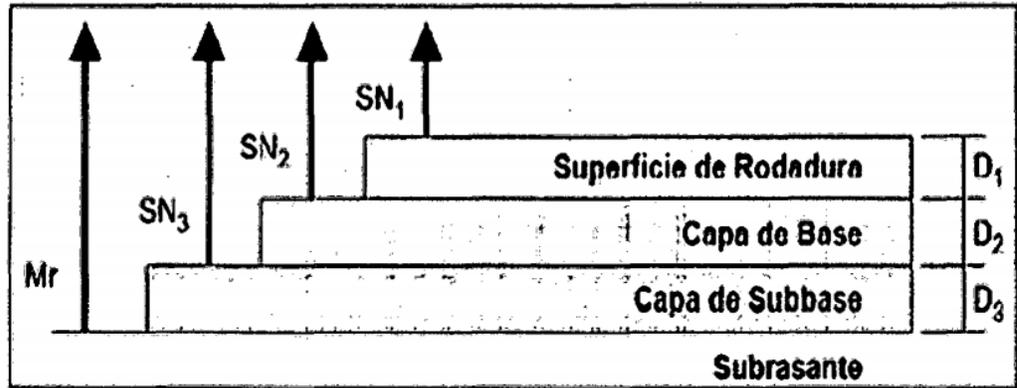
(Quintana & Iizcano, 2015) En su libro Mesina que los pavimentos para carreteras y vías urbanas son estructuras viales multicapa, es decir, están constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados. Estas estructuras son diseñadas para soportar la carga impuesta por el tránsito y por las condiciones ambientales (función estructural). Asimismo, deben diseñarse con el fin de obtener un peso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que se imponga sobre su superficie en determinado periodo de tiempo (objetivo funcional) las cargas dinámicas de los vehículos que transitan sobre estas estructuras producen en las interfaces de las capas esfuerzo cíclico y deformaciones verticales, horizontales y de corte. El pavimento se soporta sobre una sub rasante natural o sobre una plataforma, que puede ser sub rasante mejorada, estabilizada, o un terraplén que se denomina capa de conformación; Dentro de los tipos de pavimentos (Quintana & Iizcano, 2015) describe los siguientes:

- De manera general, se puede considerar las siguientes familias de pavimentos.
- Pavimento flexible
- Pavimentos con capas tratadas con ligantes hídricos
- Pavimentos con estructuras mixtas
- Pavimentos con estructuras inversas
- Pavimentos rígidos
- Pavimentos articulados o en adoquín
- Pavimento semirrígido

## Grafico 2

Estructura del pavimento.

Capa de la estructura del pavimento (ANTONY LUIS VERGARA VICUÑA, 2014, P.14)



Fuente: Guía para diseño de pavimentos, Método AASHTO.

### 2.2.2. La Colofonia De Pino

(QUIMINET.COM, 2006) Indica que La colofonia, es una resina sólida, parda o amarillenta, residuo de la destilación de la goma resina extraída del *Pinus Elliotti*.

El Pino *Elliottii* es uno de los árboles madereros más importantes de Estados Unidos, con un área de distribución que se extiende desde la llanura litoral de Carolina del Sur hasta la zona central de Florida y Louisiana. Crece rápidamente, formando vástagos anuales de 1.5 m en condiciones favorables y llega a alcanzar una altura de 30m. La madera es fuerte, rojo-anaranjada, resinosa y se emplea en la construcción y en la carpintería. Las agujas de 20-30cm de longitud.

**Tabla 1**  
*Composición de Ácidos Resinosos en Distintos Tipos de Colofonia*

	TIPO DE COLOFONIA			
	MIERA AMERICANA	MADERA AMERICANA	TALOIL AMERICANO	MIERA PORTUGUESA
ACIDO RESINICO				
ABIETICO	25-30	30-40	25-35	25-30
LEVOPIMARICO	< 1	<2	-	<1
NEOABIETICO	15-20	5-15	5	15-20
PALUSTRICO	-	5-15	5	15-20
DEHIDROABIETICO	6-8	5-10	20-25	5-10
DIHIDROABIETICO	<2	2	5	5-8
TETRAHIDROABIETICO	<2	2	3-5	-
PIMARICO	5	5-10	3-5	8-12
ISOPIMARICO	15-20	10-15	2-6	10-15

Fuente: Instituto centroamericano de investigación y tecnología industrial. Proyecto de desarrollo Forestal comunal. p. 73.

### 2.2.3. El Suelo

(JUAREZ BADILLO, 2011) En su libro indica que Es común creencia la de que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían vectorialmente en la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal. El suelo tiene perfil y este es un hecho del que se hace abundante aplicación.

Suelo es un término del que se hacen usos diferentes profesantes. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses. Para el agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el ingeniero. Para el geólogo es todo materia intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie, esta definición

Peca de parcial en ingeniería, al no tomar en cuenta los materiales transportados no intemperados posteriormente a su transporte.

Para los fines de esta obra, La palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, Igneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, Que no se ablanden o desintegren rápidamente por la acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.

#### **2.2.4. Resistencia Cortante del Suelo**

(Das, Fundamentos de Ingenieria Geotecnica, 2010) Menciona que la resistencia cortante de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelos ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él.

Los ingenieros deben entender la naturaleza de la resistencia cortante para analizar los problemas de la estabilidad de suelo, tales como capacidad de carga, estabilidad e taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.

#### **2.2.5. Definición de Términos Básicos**

**ESTABILIZADOR.** Que estabiliza. Mecanismo incorporado a los suelos, para aumentar Su estabilidad. (Diccionario Enciclopédico Lexus, Ed. Lexus, 1997).

**ESTABILIDAD.** Estado de una estructura sometida a carga, sobre la que no actúan, en ningún punto, esfuerzos capaces de superar los

Límites de elasticidad de los materiales. (Diccionario Sopena. Ed. Sopena).

RESINA. Sustancia orgánica, sólida o pastosa, transparente e insoluble en el agua, no cristalizable, que se obtiene de las plantas Principalmente las coníferas, o por procedimientos químicos. Capaz de arder en contacto con el aire. Fluye de varias plantas. (Diccionario Enciclopédico Lexus, Ed. Lexus, 1997)

RESINAR. Extraer resina de ciertos árboles por medio de incisiones en el árbol. (Diccionario Enciclopédico Lexus, Ed. Lexus, 1997).

POLÍMEROS. Compuesto químico natural o sintético, formado por macromoléculas. Aplicase a los cuerpos que con igual composición química tienen pesos moleculares múltiples unos de otros, pues su molécula está formada por la reunión de varias moléculas idénticas en una sola. (Diccionario Sopena. Ed. Sopena).

SINTÉTICO. Pertenece a la síntesis. Dícese de aquellos productos, obtenidos industrialmente, de iguales propiedades que los naturales. (Diccionario Enciclopédico Lexus, Ed. Lexus, 1997).

FLOCULACION. Precipitación en copos de una solución coloidal. (Diccionario Sopena. Ed. Sopena ).

CATÁLISIS. Transformación química motivada por cuerpos que al finalizar la reacción aparecen inalterados. (Diccionario Sopena. Ed. Sopena).

CONÍFERAS. Dícese de las plantas arbóreas de las gimnospermas con hojas persistentes y aciculares, ramas que presentan un contorno cónico fruto en cono (piña) como el ciprés, el pino y la sabin.

## 2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. Hipótesis General.

El uso de colofonia de pino mejora la capacidad de resistencia de los suelos; natural y de préstamo en la sub rasante del pavimento de la Calle 11 de Abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco.

### 2.3.2. Hipótesis Específicas

#### **A. 1ra. Hipótesis Secundaria**

El uso de colofonia de pino Mejora la capacidad de resistencia. Del suelo natural mediante el la prueba de CBR en la sub rasante del pavimento de la Calle 11 de Abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco.

#### **B. 2da Hipótesis Secundario |**

El uso de colofonia de pino Mejora la capacidad de resistencia. Del suelo de préstamo mediante el la prueba de CBR en la sub rasante del pavimento de la Calle 11 de Abril en la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta, Región Cusco.

### 2.3.3. Variables del Estudio

#### **A. Variable Dependiente**

Capacidad de resistencia (CBR).

#### INDICADORES

- Prueba de CBR.
- Cantidad determinada
- Valor promedio de los resultados

### B. Variable Independiente

- Colofonia de pino (Árbol)
- Dimensiones en el incremento de colofonia de pino
- Resina de pino porcentaje de los resultados

#### 2.3.4. Operación de las Variables

La operación de las variables consiste ser el método por el cual se miden y se analizan las variables.

**Tabla 2:**

*Operaciones de las Variables*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENCIONES	INDICADORES
Utilización colofonia en la compactación de suelos para incrementar el CBR. durante la compactación	La colofonia, es una resina natural de color ámbar obtenida de las coníferas por exudación de los árboles de pino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• promedios de los resultados</li> <li>• porcentajes de los resultados</li> </ul>	Valor promedio  Cantidad  Volumen cantidad y espesor
	El pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas de la cantidad del incremento de la colofonia</li> <li>• Método de incremento</li> </ul>	Cantidad, volumen y peso
incremento de la capacidad portante del terreno	La compactación de los suelos se produce por la reorientación de las partículas y sus capas absorbidas. Para formar estructura más densa.	Incremento del CBR. de terrenos	

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION**

#### **A. Tipo de Investigación**

El trabajo de investigación Es una INVESTIGACION APLICADA, porque intenta resolver un problema práctico y además hace uso de conocimiento existente en la actualidad para lograr objetivos que son necesarios y requeridos.

#### **B. Nivel de Investigación.**

La investigación presente tiene como nivel de investigación el CAUSAL – EXPLICATIVO, porque se busca determinar o Establecer el porqué de un fenómeno (mejoramiento de suelos normales) explicando el cual se desarrolla mediante otro fenómeno (mezcla de resina de pino).La investigación presente es una investigación CAUSAL –MULTIVARIADO.

### **3.1.1. Diseño de la Investigación**

A continuación se detalla la estrategia que se consideró para resolver problemas y dificultades planteados en el estudio, enmarcada en el objetivo del diseño del sistema lógico de mejorar de la capacidad de resistencia del suelo utilizando colofonia de pino en la sub rasante del pavimento de la calle 11 abril en la Ciudad de Izcuchaca, la investigación se orientó hacia la incorporación de un diseño experimental, recogido de los de los materiales que sirvieron como estudio.

### **3.1.2. Método de la Investigación**

El método que se usara en la presente investigación es EXPERIMENTAL, porque manipula la variable y busca medir el efecto de la variable independiente (colofonia de pino en 1%,2%, 3%,4%) sobre la variable dependiente (suelo natural y de préstamo en el cual se busca, mejorar sus propiedades la capacidad de resistencia y así poder obtener una diferencia de resultados de los suelos).

### **3.1.3. Población y Muestra**

#### ***A. Población***

La población está compuesta por el suelo natural y de préstamo. "SUELO DE PRESTAMO CANTERA DE SENCCA DISTRITO. POROY PROV. CUSCO"

La población está compuesta por el suelo natural y de préstamo:  
El suelo de préstamo utilizado para el siguiente trabajo de investigación está compuesta de material de la cantera Sencca el cual se encuentra ubicado al lado derecho de la carretera Cusco – Abancay, El inicio de la vía de acceso se encuentra en la APV. Arco, la referida APV. Se encuentra a 5.3km de la plazoleta de la Almudena. La vía de acceso se encuentra afirmada hasta la

Comunidad campesina de Sencca, para luego encontrarse con una trocha carrózable, La cantera es muy importante para la comunidad campesina de Sencca. La vía de acceso tiene una longitud de 4.2km.

### Figura 1

Ubicación de la cantera Senccca



Fuente: En la fig. 1 se muestra el tramo al cual se hace referencia, además de su respectiva elevación, la ubicación en coordenadas UTM – WG s84 son de:  
Norte: 18l 823951  
Este: 8507673.

El suelo Natural utilizado para el siguiente trabajo de investigación está compuesta por el terreno natural de la calle 11 de Abril de la Ciudad de Izcuchaca de la Provincia de Anta la cual se encuentra ubicado en la zona urbana de la ciudad de Izcuchaca con un acceso de

“Suelo natural Calle 11 de Abril en la urbanización. San Cristóbal  
Provincia. De Anta”

#### **3.1.4. Muestra**

Las m u e s t r a s representativas con las cuales se trabajo fue considerado de la siguiente manera:

- SUELO 1 CANTERA DE SENCCA DIS. POROY PROV. CUSCO

La referida cantera está constituida por brechas de una matriz arcillo-arenosa y afloramientos rocosos de calizas de color gris azulado y lutitas de diferentes colores. Se tiene de unos 3200m<sup>2</sup> de área aprovechable y una potencia de 32 100m<sup>3</sup>. La cantera se encuentra en explotación. Del cual se tomó como consideración 8 muestras para los respectivos ensayos.

- SUELO 2 CALLE 11 EN LA URB. SAN CRISTÓBAL PROV. DE ANTA.

Tiene como composición el siguiente tipo de suelo:

Arcilla inorgánica de plasticidad media a alta, estrato homogéneo de color marrón oscuro, alta plasticidad, compacidad suave Presenta nivel freático. (CL) del cual se tomó como consideración 8 muestras para los respectivos

#### **3.1.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos**

##### **a. Técnicas de Tratamiento de los Datos.**

El procedimiento que se utilizo fue el de observación y recolección de datos en el lugar de extracción de muestras y el proceso de experimentación en el laboratorio.

**b. Técnicas de Análisis e Interpretación de la Información.**

Una vez recolectado los datos se deberá ejecutar la interpretación y el análisis del trabajo de investigación y así obtener información requerida en laboratorio.

**3.1.6. Instrumentos.**

- Ficha de trabajos de registros para los ensayos realizados en laboratorio.
- Instrumentos y equipos que se utilizaron para la evaluación de las unidades de estudio

## **CAPÍTULOS IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **4.1. RESULTADOS**

#### **4.2. MATERIAL DE SUELO NATURAL**

El material que se utilizó fue de procedencia de la calle 11 en la urb. San Cristóbal del distrito de Izcuchaca en la Provincia de Anta Región Cusco, Material que fue extrayendo para las pruebas de laboratorio correspondientes.

##### **4.2.1. Análisis Granulométrico del Suelo Natural**

###### ***A. Descripción.***

Con el ensayo de granulometría que se realizó, se determinó la distribución del tamaño de las partículas del material de la cantera Sencca.

###### ***B. Normativa.***

- NTP 400.012. Análisis granulométrico del material de agregado

**C. Equipos y Materiales.**

1. Balanza: Con aproximación de 0.1 g.
2. Horno: de tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de  $110 \pm 5$  °C.
3. Recipientes de metal: con el fondo y borde pulido con el fin de no sufrir deformaciones en condiciones de trabajo.
4. Cucharas metálicas.
5. Tamices estandarizados por norma #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200.

**D. Muestreo.**

La muestra del agregado de la cantera cenca de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 400.010 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras.

**E. Procedimiento.**

- Se uniformizo la muestra y se procedió con el cuarteo de la misma.
- Se dejó secar la muestra dentro del horno a temperatura de 110 °C para que la muestra este completamente seca
- Se seleccionó los tamices correspondientes estandarizados que corresponden para el siguiente material, que a continuación se menciona: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, bandeja
- Se colocó los tamices de manera que el de mayor diámetro se encuentre en la parte superior de todo el grupo de tamices y el de menor diámetro se encuentre en la parte inferior de todo el grupo de tamices.
- Se vertió la muestra con un cucharón dentro de los tamices hasta que se haya introducido la muestra en su totalidad.
- Se dejó agitar todo el conjunto de tamices hasta que se logre el tamizado que se requiere.

- Se retiró cada tamiz y pesar la cantidad de muestra que se quedó retenido dentro de cada tamiz.

### F. Resultados

Los datos que se obtienen en cada peso retenido se registraron para que posteriormente se obtenga la curva granulométrica y el módulo de fineza mediante las pruebas de laboratorio.

Resultados de la Granulometría del Suelo Natural:

#### GRANULOMETRIA (MTC E 204) HUMEDAD NATURAL

Peso total	: 826.0	PMH. =	506.3
Peso de fracción	: 826.0	PMS. =	475,6
Peso de muestra lavada:	49.0	%W =	6,5

**Tabla 3**

*Granulometría del Suelo Natural.*

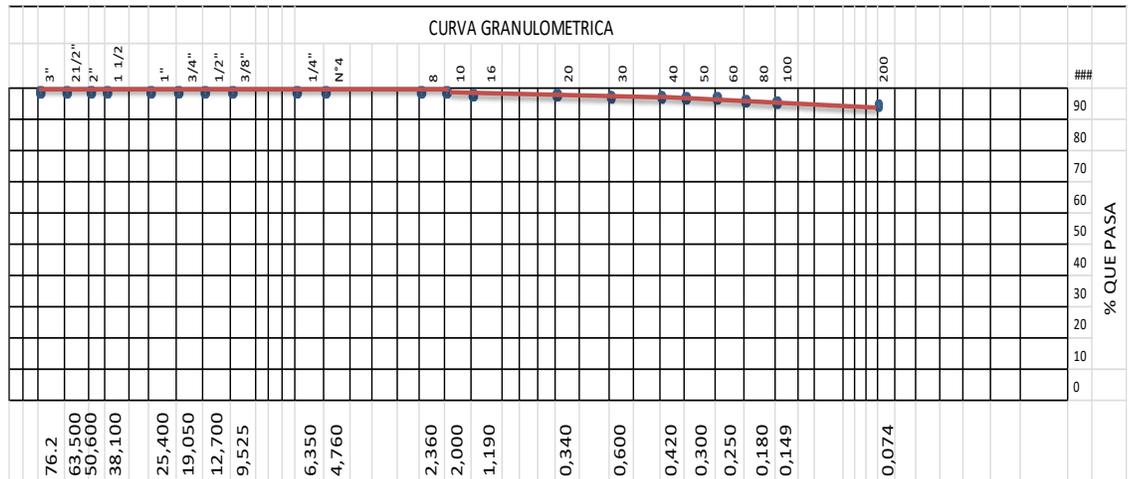
Malla		Peso (gr)	% Ret parcial	% Ret acum.	(% ) que pasa
Tamiz	mm.				
3"	76,200	0.0			
2 1/2"	63,500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50,600	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38,100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25,400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19,050	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12,700	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9,525	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6,350	0.0	0.0	0.0	100.0
No4	4,760	0.0	0.0	0.0	100.0
8	2,360	4.0	0.5	0.5	99.5
10	2,000	2.0	0.2	0.7	99.3
16	1,190	6.0	0.7	1.5	98.5
30	0,600	7.0	0.8	2.3	97.7
40	0,420	4.0	0.5	2.8	97.2
50	0,300	4.0	0.5	3.3	96.7
100	0,149	11.0	1.3	4.6	95.4
200	0,074	11.0	1.3	5.9	94.1
< 200		777.0	94.1	100.0	0.0
PESO TOTAL =		<b>826</b>			

Fuente: elaboración propia

Tabla 3 Granulometría de suelo natural con un peso total de la muestra de 826 (gr) el porcentaje retenido se da a partir de la n°8 con 0.5% del total de la notarial esto se da en vista a que el suelos natural es bastante fino.

### Grafico 3

#### Curva Granulométrica del Suelo Natural



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Gráfico N° 3 Curva granulométrica del suelo natural. Se obtuvo a partir de la granulometría del suelo natural donde se observa que el material es bastante fino, él tiene porcentajes retenidos a partir del tamiz n°8 con 0.5% de material retenido hasta la malla n°200 el máximo porcentaje que paso por la malla n° 200 es de 94.1% las recomendaciones del laboratorio donde se realizó el ensayo indica que el índice el I.P. para Sub base granular es de 4% máximo permitido, para base granular máximo permitido es de 2%.el I.P.

#### 4.2.2. Contenido De Humedad Del Suelo Natural

##### A. Descripción.

Se realizó esta prueba para hallar la cantidad de humedad que tiene el suelo natural en condiciones completamente normales.

**B. Normatividad**

Determinación del Contenido de Humedad D 2216

Fuente: ASTM D2216 -71 (Norma ASTM parte 19)

**C. Equipos y Materiales.**

- Balanza electrónica: con sensibilidad a 0.15 del peso de la muestra a ensayar.
- Horno: de tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de  $110 \pm 5$  °C.
- Recipientes de metal: con el fondo y borde pulido con el fin de no sufrir deformaciones en condiciones de trabajo.

**D. Muestreo**

La determinación del contenido de humedad del suelo de natural vino hacer un ensayo rutinario de laboratorio para obtener y determinar la cantidad de agua presente en la cantidad que representa el suelo envase a su peso en seco.

**E. Procedimiento.**

- Se mezcló la muestra hasta obtener una muestra uniforme.
- Se selecciona el material por cuarteo y recoger una muestra representativa en estado natural.
- Se pesa el recipiente con la muestra representativa en una balanza electrónica.
- Se introdujo dentro del horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. durante 24 hrs como mínimo.
- Luego de cumplido las 24 hrs dentro del horno, se sacó la muestra y se colocó a un lugar a temperatura ambiente, seguidamente proceder a pesar el recipiente con la muestra en estado seco.

### **F. Resultados:**

Una vez realizado el ensayo de contenido de humedad del suelo natural se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 4**

*Contenido de Humedad de Material Suelo Natural*

NUMERO DE MUESTRAS	CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO DEL SUELO NATURAL		
	PESO NATURAL HÚMEDO (GR)	PESO SECO DEL AGREGADO (GR)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
MUESTRA N° 1	506,3	475,6	6.5 %
	PROMEDIO		6.5%

Fuente: elaboración propia.

Tabla n°4 el peso natural húmedo es de 506.3 gramos, el peso seco del agregado es de 475.6 gramos .ejecutando las operaciones se determinó que el contenido de humedad es de 6.5%

#### **4.2.3. Limite Líquido Del Material Del Suelo Natural**

En el ensayo siguiente el contenido de agua es necesario para que el suelo preparado sea dividido en dos mitades y cierre a lo largo de su fondo en una distancia de  $\frac{1}{2}$ ", cuando se deja caer la cuchara de casa grande 12 veces desde una altura de 1 cm. Y a una velocidad de dos golpes por segundo.

El límite líquido del suelo natural viene a hacer el contenido de humedad detallado en porcentaje del suelo secado en el horno cuando éste se halla dentro del límite entre el estado plástico y el estado líquido. El resultado calculado se deberá aproximar al centésimo.

### **A. Normativa**

NTP 339.129:1999 método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos-limite.

**B. Equipos y materiales**

- Cuchara de casa grande trata de una taza (cuchara) de bronce de 200+- 20grs, montada en un dispositivo que se apoya fijamente a una base da caucho
- Balanza con una precisión de 0.01 gr.
- Horno de secado con circulación de aire y temperatura que se pueda regular
- Fuente metálica
- Plato de mezcla o capsula de porcelana
- Espátula
- Una placa de vidrio para el limite plástico
- Muestra de arcilla
- Tamices

**C. Procedimientos****PREPADO DE LA MUESTRA**

- La muestra que fue proveniente de la localidad de Izcuchaca (arcilloso ) se secó completamente a una temperatura que no pase los 100 grados Celsius durante 24 horas
- Ya realizado el paso anterior se pasó a cuartear la muestra y después se prosiguió a pesarla
- Luego de haber pesado la muestra se realizó el tamizado de la muestra de poco a poco Y se deberá guardo el material desde el tamiz numero 40 hacia abajo
- Seguidamente una vez obtenido el material deseado se prosiguió a realizar el ensayo

**PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO**

- Primeramente se calibro la cuchara de casa grande hasta pones su contador en cero

- en un recipiente aparte seleccionamos un pedazo de la muestra y con un goteo o jeringa procedimos a humedecerla hasta lograr la consistencia deseada.
- ya estando humedecida se mezcló constantemente hasta lograr que la muestra este planchada y la colocamos en la cuchara de casa grande y este uniformen te
- luego con el canalizador, se pesó por medio de la muestra y se secó una porción
- luego se procedió a dar vuelta a la manija y contamos los golpes hasta lograr que se cierre 12.13 mm.
- Ahora se procedió a sacar un pedazo de muestra que se encuentra dentro de la cuchara de Casagrande de la parte derecha y precedimos a realizar los famosos churritos y luego se pesó en la balanza electrónica
- Ya hecho los churritos se pusieron en el horno por 24 horas
- Luego pasada las 24 horas se sacaron los churritos del horno y se pesaron en la balanza.

#### ***D. Resultados limite líquido del suelo natural***

***Tabla 5***

*Limite Líquido MTC. E 110 del Suelo Natural*

<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Nº de Golpes	30	26	20
Recipiente Nº	50	26	11
R + Suelo Hum.	28	24.2	23.71
R + Suelo Seco	23.8	21.1	20.73
Peso Recip.	14	14	14.11
Peso Agua	4.2	3.1	2.98
Peso S. Seco	9.8	7.1	6.62
% de Humedad	42.86	43.66	45.02

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Tabla n°5 para hallar el límite líquido de la muestra del suelo natural se realizaron 3 ensayos a 30, 26, 20 golpes realizando los procedimientos y las operaciones para cada uno de ellos nos Dio como porcentaje de humedad 42. 43.66 y 45. 02 % simultáneamente.

**Tabla 6**

*Resumen de Valores Límite Líquido (LL) del Suelo Natural*

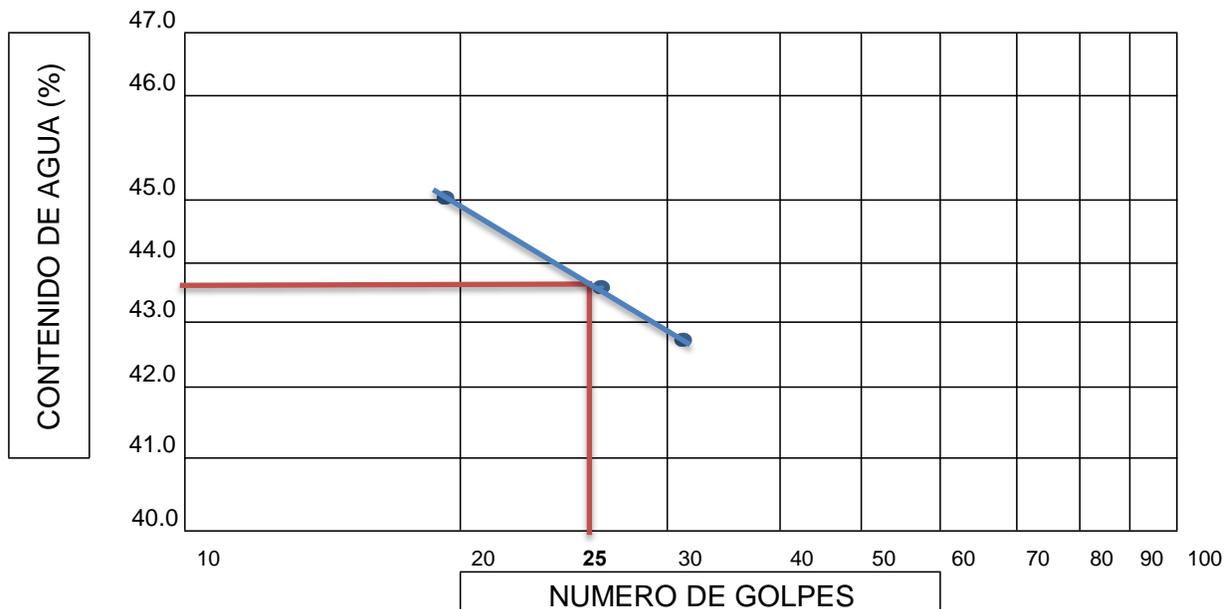
ENSAYO	N° GOLPES	PESO DE RESIPIENTE + SUELO HUMEDO (GM)	PESO DE RESIPIENTE + SUELO SECO (GM)	PESO DEL RESIPIENTE
1	30	28	23.8	14
2	26	24.2	21.1	14
3	20	23.71	20.73	14.11

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

En la Tabla n°6 se aprecian los Resultados de Limite Liquido.del suelo natural

#### Grafico 4

Determinaciones del Límite Líquido



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

El gráfico n° se sobre entiende que La ordenada viene hacer correspondiente de la abscisa a 25 golpes (de la curva de flujo) que es

el contenido del agua correspondiente al límite de líquido que buscamos, por lo cual el límite líquido es:

$$L.L. = 43.86$$

#### **4.2.4. Limite Plástico Del Suelo Natural**

La determinación del límite plástico del suelo natural que se viene investigando, se menciona como el contenido de agua expresado en porcentajes de peso de los suelos secos al horno, en el momento en el que el suelo se encuentra en el límite entre los estados plásticos y semisólidos, el contenido de agua en este límite se definirá como el contenido de agua más bajo de agua al cual el suelo podrá ser rolando en hilo de 3.2mm. Sí que se rompa en pedazos.

##### ***A. Normativa***

NTP 339.129:1999 método de ensayo que sirve para hallar el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos-limite líquido.

##### ***B. Equipos y materiales***

- Cuchara de casa grande trata de una taza (cuchara) de bronce de 200+- 20grs, montada en un dispositivo que se apoya fijamente a una base de caucho
- Balanza con una precisión de 0.01 gr.
- Horno de secado con circulación de aire y temperatura que se pueda regular
- Fuente metálica
- Plato de mezcla o capsula de porcelana
- Espátula
- Una placa de vidrio para el limite plástico
- Muestra de arcilla
- Tamices

### **C. Procedimientos**

- Se tuvo en cuenta, que el suelo natural y se tomó de la pasta un muestra de suelo que preparo anteriormente la cual fue requerido con los golpes necesarios para cerrar la ranura que se hace en el procedimiento para este ensayo.
- Esta muestra que se acerca más al estado plástico se le incrementa un poco más de muestra de composición ceca hasta alcanzar una consistencia aparentemente en estado plástico ( que tenga un parecido a una pastilla ) que no tenga rajaduras pero no con muchas rajaduras
- Con la pasta que se preparó se produce a moldear rollitos al cual también se le conoce con la de nominación de los churritos de aproximadamente 1/8 o 3 mm de diámetro y 5 cm de longitud sobre la lámina de vidrio o una lámina completamente liza.
- Seguidamente estos churritos se coloca en dos recipientes y se pesan en la balanza electrónica con una densidad de 0.1 gramos y se mete al horno con una temperatura de 100 a 110 °c por un tiempo de 24 horas aproximadamente.
- Una vez pasada las 24 horas se retira las dos muestras y se pesan para luego determinar respecto a la diferencia de del peso con el contenido de humedad.
- Se consideró dos muestras para el promedio de los dos contenidos de humedad lo cual determina el límite plástico de la muestra.

### **D. Resultados del límite plástico del suelo natural**

**Tabla 7**

*Límite Plástico (MTC. E 111 Del Suelo Natural)*

<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Recipiente N°	37	6
R + Suelo Hum.	21.6	21.3
R + Suelo Seco	20.5	20.18

Peso Recip.	14.1	14.2	
Peso Agua	1.1	1.12	
Peso S. Seco	6.4	5.98	
% de Humedad	17.19	18.73	<b>17.96</b>

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

El límite plástico viene hacer el promedio de los valores del contenido de humedad.

Para el trabajo de investigación se consideró dos ensayos con distintos número de recipientes y se siguió el siguiente procedimiento:

**Tabla 8**

*Resumen de Valores Límite Líquido (LL) Del Suelo Natural*

ENSAYO	Nº GOLPES	PESO RESIPIENTE SUELO HUMEDO (GM)	DE PESO DE RESIPIENTE + SUELO SECO (GM)	ESO DEL ESIPIENTE
1	-	21.6	20.5	14.1
2	-	21.3	20.18	14.2

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Para determinar el límite plástico L.P se realizó el siguiente procedimiento.

#### 4.2.5. Índice De Plasticidad Del Suelo Natural

A continuación se determinó del indica de plasticidad.

##### **A. Normativa**

NTP 339.129:1999 método de ensayo que sirve para determinar el límite líquido, como también el índice de plástico de suelos.

##### **B. Procedimientos**

Se denomina índice de plasticidad a la diferencia que existe entre el valor obtenido del límite líquido y el límite plástico de la muestra del suelo natural es el índice de consistencia más importante dado que su valor permite conocer cuan plástico será el suelo natural que

se viene investigando matemáticamente se se representa a continuación en las fórmulas de cálculo.

### C. Resultados

Para determinar el límite plástico L.P se realizó el siguiente procedimiento.

$$\begin{aligned} IP &= L.L. - L.P. \\ IP &= 43.86 - 17.188 \\ IP &= 26.67 \end{aligned}$$

#### 4.2.6. Clasificación Del Suelo Natural

##### A. Descripción.

Este método permite conocer el tipo de suelo basándose en las propiedades mecánicas por medio del sistema SUCS y AASHTO.

##### B. Normativa

###### Tabla 9

*Clasificación de Suelos, Según NTP 339. 134 (ASTM D 2487).*

Clasificación de suelo, sistema SUCS.	D 2487
Clasificación de suelos, sistema AASHTO	D 3282

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Método de ensayo normalizado para clasificación de suelos del material de Sencca.

##### C. Resultados

El material presentan las siguientes características:

###### Tabla 10

*Clasificación de Suelo Natural*

MATERIAL	SUELO NATURAL
Clasificación AASHTO T-66.	A-1-b (0)
Clasificación SUCS ASTM D 2487.	GM
Tamaño máximo	25 cm Subredondeada
Porcentaje mayor a 1/4"	48,7%
Porcentaje pasa Nº 200	19,6%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

#### **4.2.7. Ensayo de Proctor Modificado del Suelo Natural**

##### ***A. Descripción.***

El ensayo de Próctor se desarrolla para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se toma en cuenta la máxima densidad seca del suelo que se estudia con una compactación determinada. Este ensayo se deberá realizarse antes de usar el agregado sobre el terreno, para poder saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

##### ***B. Normativa.***

NTP. 339,141 suelo meto de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizado una energía modificada (2700 KN/-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

ASTM D 1557: Standard Test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort ((2700 KN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie- lbf/pie<sup>3</sup>))

##### ***C. Equipos y materiales.***

- ENSAMBLAJE DEL MOLDE: los moldes serán hechos de material rígido de forma cilíndrica con relación a lo indicado dentro de la norma
- MOLDE DE 4 PULGADAS: El molde tendrá un promedio de 4" de diámetro interior con una altura de 4.58"y un volumen de 0.033 pies<sup>3</sup>
- MOLDE DE 6 PULGADAS: El molde tendrá un promedio de 6" de diámetro interior con una altura de 4.58"y un volumen de 0.075 pies<sup>3</sup>
- PISÓN O MARTILLO : el pison estará equipada con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pison y la cabeza no sea restringida

- **EXTRACTOR DE MUESTRA:** tiene como finalidad extraer los especímenes compactados del molde.
- **BALANZA:** consiste en una balanza de tipo GP5
- **HORNO DE SECADO:** con controlador termo magnético preferentemente con ventilación forzada
- **REGLA:** regla metálica
- **TAMICES O MALLAS.** Estos instrumentos serán de las siguientes dimensiones  $\frac{3}{4}$  pulg. 19.0mm,  $\frac{3}{8}$ pulg(9.5mm.) y N°4 (4.75mm.) conforme a los requisitos de la especificación ASTM E11

#### **D. Herramientas de mezcla**

Consiste en diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, ETC. como también puede ser un aparato metálico apropiado para la mezcla completa de muestra del suelo con el aumento de agua

#### **E. Muestreo.**

La muestra requerida para la prueba de la moratorio es aproximadamente de 35lbm (16kg) en este caso se considera la muestra suelo del material propio por lo tanto la muestra a campo deberá tener un peso húmedo de al menos 50 lbs. (23kg.)Respectivamente.

Se determinó el porcentaje de material retenido en la malla n°4,  $\frac{3}{8}$ pulg. O de  $\frac{3}{4}$ pulg. SE determino una porción representativa de la muestra total y establece los porcentajes que pasa las mallas de interés medio el método de análisis por tamizado de agregado grueso y fino solo será necesario para calcular los porcentajes para un tamiz.

### **F. Procedimiento.**

Una de las recomendaciones importantes del caso es la siguiente. EL suelo de material propio que ha sido compactado como parte de la prueba de laboratorio no será reutilizado

### **G. Resultados del ensayo de granulometría del suelo natural**

Los resultados se interpretan a continuación en la tabla n°11

#### **COMPACTACIÓN**

**Tabla 11**

*Valores Límite Líquido (LL) del Suelo Natural*

PRUEBA N°	1	2	3	4
NUMERO DE CAPAS	5	5	5	5
NUMERO DE GOLPES	25	25	25	25
PESO SUELO + MOLDE (gr)	3574	3721	3850	3775
PESO MOLDE (gr)	2008	2008	2008	2008
PESO DE SUELO COMPACTADO (gr.)	1566	1713	1842	1767
VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3)	940	940	940	940
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm)	1.666	1.822	1.969	1.88

Fuente: elaboración propia.

#### **HUMEDAD (%)**

**Tabla 12**

*Valores (%) de Humedad del Suelo Natural*

TARA N°	1	2	3	4
TARA + SUELO HUMEDO (kg.)	312.00	272.00	273.00	283.00
TARA + SUELO SECO (Kg.)	275.00	238.00	235.00	234.95
PESO DE AGUA (Kg.)	37.00		38.00	48.05
PESO DE TARA (Kg.)	54.00	52.00	52.00	27.00
PESO DE SUELO SECO (Kg.)	221.00	186.00	183.00	207.95
HUMEDAD (%)	16.7	18.3	20.80	23.1
DENSIDAD SECA (Gr/Cm3)	1.427	1.54	1.62	1.527

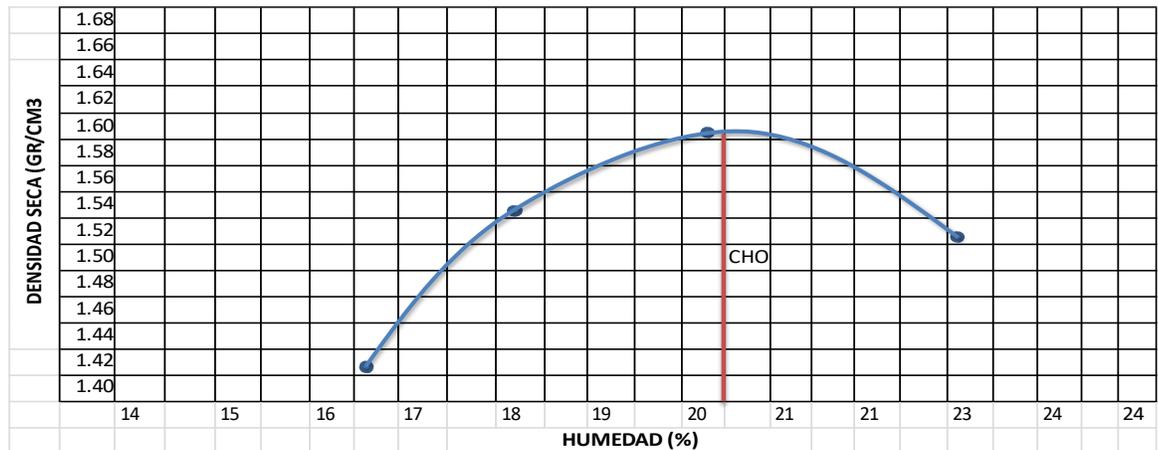
Fuente: elaboración propia

Máxima densidad seca (gr/cm3) : 1.623

Optimo contenido de humedad : 20.5

### Grafico 5

Ensayo de proctor modificado de suelo natural



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

#### 4.2.8. Ensayo de (CBR) del Suelo Natural

El siguiente ensayo también es conocido como CBR, que viene a ser las iniciales en inglés (California Bearing Ratio) el CBR.

Se menciona en porcentaje como, la razón de la carga unitaria que se necesita para introducir un pistón dentro del suelo a la carga unitaria requerida para introducir el mismo el mismo pistón en la misma profundidad y de la misma manera en una muestra tipo de piedra partida. El CBR. De un suelo varía con su compactación su contenido de humedad al compactar y el contenido de humedad cuando se realiza los ensayos correspondientes.

Tiene como objetivo fundamental realizar una evaluación a la calidad relativa del suelo que se aplicará para sub rasante, sub base y base de pavimentos.

#### **A. Normativa.**

- AASHTO T193-63
- ASTM D1883-73

### **B. Equipos y Materiales.**

- Molde de compactación de 15.2 cm. de diámetro por 17.8 cm. de altura (o equivalente, con collar).
- Disco espaciador de 15.1cm de diámetro por 6.14 cm. De altura (o- 5.1 cm. De altura si está disponible).
- Martillo de compactación (bien el de 24.5 no el de 44.5n según lo designe el introductor).
- Aparato para medir la expansión con deformímetro de caratula con precisión de 0.01 mm. Pesos para sobre sarga.
- Máquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR. (diámetro de 4.953 cm. Con sección transversal de 19.4 cm<sup>2</sup>)
- Y capaz de penetrar un taza de 1.27mm. /milímetros.
- Molde de diámetro = 6" altura de 7" a 8" con un collarín de 2"
- Disco espaciador de acero diamantado. 5 15/16 y altura
- Molde de diámetro.= 6", altura de 7" a 8" y un collarín de 2".
- Disco espaciador de acero diámetro. 5 15/16" y altura. 2.5"
- Pisón Peso 10 lb. y altura de caída 18".
- Trípode y extensómetro con aprox. 0.001".
- Pesas de plomo anular de 5 lbs c/u (2 pesas).

#### PARA LA PRUEBA DE PENETRACIÓN

- Pistón circular Diám. = 2 pulg.
- Aparato para aplicar la carga: Prensa hidráulica. V= 0.05 pulg/min.
- Equipo misceláneo: balanza, horno, tamices, papel filtro, tanques Para inmersión de muestra a saturar, cronómetro, extensómetros, etc.

### **C. Procedimiento.**

La preparación del material consiste en lo siguiente:

- secado el material al aire o calentándolo a 60 °C.

- Se desmenuzo los terrones existentes y tener cuidado de no romper las partículas individuales de la muestra.
- La muestra se tamizo por la malla  $\frac{3}{4}$  "y la No. 4. La Fracción retenida en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " deberá descartarse y reemplazarse en igual proporción por el material comprendido entre los tamices  $\frac{3}{4}$ " y No. 4. Luego se mezcla bien.
- Se determinó el contenido de humedad de la muestra así preparada. Cantidad de material
- Para cada determinación de densidad (un punto de la curva de compactación), se necesitó 5 k de material. Para la curva con 6 puntos se necesitará 30 k de material. Cada muestra se utiliza una sola vez. La preparación del material consiste en lo siguiente:

#### **D. Resultado**

El peso de la muestra húmeda viene hacer la diferencia del\_Peso del suelo + el molde (gr.) - peso del molde (gr).

Seguidamente se desarrolló el cálculo del volumen de la muestra mediante la siguiente formula.

Volumen de la muestra =sección transversal X (altura del molde = altura del disco espaciador) la respuesta obtenida para los tres tipos de moldes son los siguientes:

**Tabla 13**

*Valores (%) de Humedad (LL) del Suelo Natural*

<b>MOLDE</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>
VOLUMEN DEL MOLDE (GR/CM3)	2194	2215	2265

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

La respuesta obtenida para los tres tipos de moldes son los siguientes:

**Tabla 14**

*Resultados de Densidad Seca*

MOLDE	N°1	N°2	N°3
DENSIDAD SECA	1.633	1.594	1.572

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**E. Resultados Del Ensayo (CBR) Del Suelo Natural**

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.623

Optimo contenido de humedad : 20.5

**Tabla 15**

*Compactación Suelo Natural*

MOLDE	1	2	3
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES	56	25	12
PESO DE SUELO + MOLDE (gr)	11301	11305	11405
PESO MOLDE (gr)	6998	7036	7098
PESO SUELO	4303	4269	4307
COMPACTADO (gr)			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2194	2215	2265
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.961	1.927	1.902

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 16**

*Humedad (%) Suelo Natural*

TARA N°	5	9	11
TARA+SUELO HUMEDO	450.50	401.39	418.44
TARA + SUELO SECO	375.00	332.00	345.80
PESO DE AGUA	75.50	69.39	72.64
PESO DE TARA			
PESO DE SUELO SECO	375.00	332.00	345.80
HUMEDAD	20.1	20.90	21.0
DENSIDAD SECA	1.633	1.594	1.571

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 17**  
*Aplicación de carga Suelo Natural*

Penetración (pulg. ) (mm)	Presión Patron (Kg/cm2)	molde 1		molde 2		molde 3	
		Dial	Presion (Kg/cm2)	Dial	Presion (Kg/cm2)	Di al	Presión (Kg/cm2)
0.25	0.64	7	1.7	5	1.2	3	0.7
0.50	1.27	15	3.7	11	2.6	6	1.5
0.75	1.91	32	7.9	22	5.5	13	3.3
1.00	2.54	41	10.1	29	7.1	17	4.2
1.50	3.81	65	16.1	46	11.2	27	6.7
2.00	5.08	87	21.5	61	15.0	37	9.0
2.50	6.35	103	25.4	72	17.8	43	10.7
3.00	7.62	124	30.6	87	21.4	52	12.9
3.50	8.89						
4.00	10.16						
4.50	11.43						
5.00	12.70						

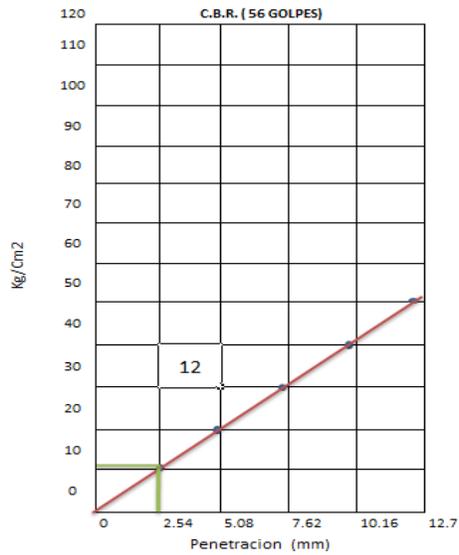
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 18**  
*Porcentaje de Expansión*

fecha	Expansión (pulg)		
	1	2	3
08/08/2017	0.000	0.000	0.000
09/08/2017	0.02	0.028	0.037
10/08/2017	0.035	0.039	0.049
11/08/2017	0.042	0.049	0.055
12/08/2017	0.058	0.065	0.072
<b>% EXP</b>	<b>1.2</b>	<b>1.4</b>	<b>1.5</b>

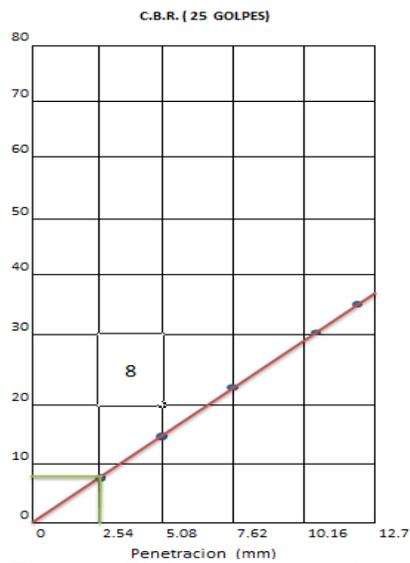
Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Mediante el desarrollo del trabajo de investigación se realizaron los gráficos del ensayo de la relación de soporte C.B.R. Para 56 GOLPES, 25 GOLPES, Y 10 GOLPES del suelo natural.

**Grafico 6****C.B.R. (56 Golpes) Suelo Natural**

Fuente: elaboración propia.

C.B.R. (0.1")-56 Golpes	15.0
C.B.R. (0.2") - 56 Golpes	13.6
Densidad Seca (gr/cc)	1.629

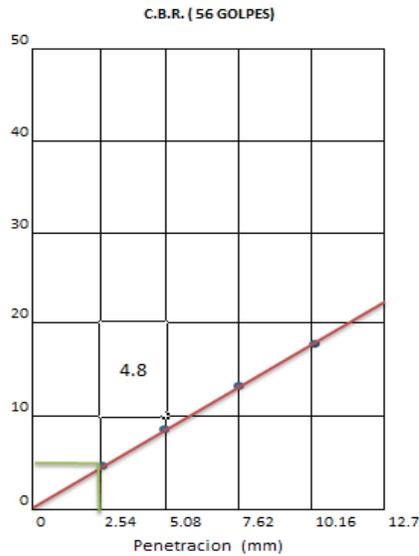
**Grafico 7****C.B.R. (25 Golpes) Suelo Natural**

Fuente: Elaboración propia.

C.B.R. C.B.R. (0.1")-25 Golpes	5.8
C.B.R (0.2") - 25 Golpes	5.3
Densidad Seca (gr/cc):	1.446

**Grafico 8**

C.B.R. (10 Golpes) Suelo Natural

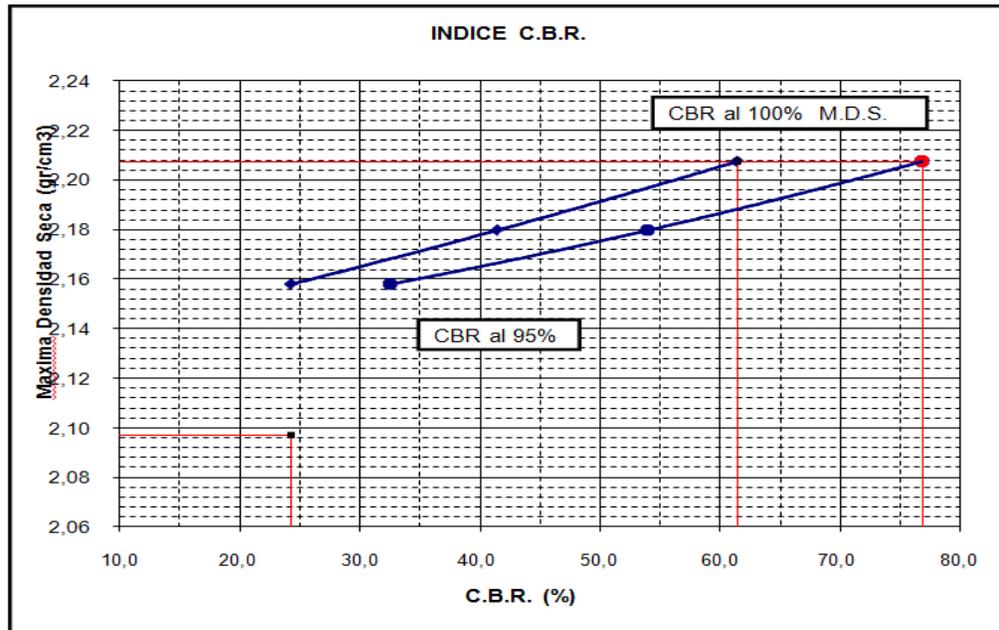


Fuente: elaboración propia

C.B.R. (0.1")-12 Golpes      4.4  
 CBR. (0.2") - 12 Golpes      3.4  
 Densidad Seca (gr/cc):      1.325

**Grafico 9**

Determinación del C.B.R. Suelo Natural



Fuente: elaboración propia

M.D.S. : 1.623  
95% DE M.D.S. : 1.542  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 14.8%  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 6.9%  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 13.5%  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 6.8%

#### **4.3. MATERIAL SUELO DE PRESTAMO**

El material de préstamo que se utilizó fue de procedencia de la cantera de Sencca que está ubicado en el Distrito de Poroy de la Provincia del Cusco material que se viene extrayendo en la actualidad para distintos lugares donde se vienen realizando estos tipos de obras.

##### **4.3.1. Análisis granulométrico del suelo de préstamo**

###### ***A. Descripción.***

Con el ensayo de la granulometría se determinó la distribución del tamaño de las partículas del material de préstamo.

###### ***B. Normativa.***

- NTP 400.012. Análisis granulométrico del material de agregado
- Ensayo de materiales MTC E 204. 2016. Análisis granulométrico para agregados gruesos y finos.

###### ***C. Equipos y materiales.***

- Balanza: Con aproximación de 0.1 g.
- Horno: de tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de  $110 \pm 5$  °C.
- Recipientes de metal: con el fondo y borde pulido con el fin de no sufrir deformaciones en condiciones de trabajo.
- Cucharas metálicas.

- Tamices estandarizados por norma #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200.

#### ***D. Muestreo.***

La muestra del agregado de la CANTERA SENCA de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 400.010 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras.

#### ***E. Procedimiento.***

- Se uniformizo la muestra y se procedió con el cuarteo de la misma.
- Se deja secar la muestra dentro del horno a temperatura de 110 °C para que la muestra este completamente seca
- Se seleccionó los tamices correspondientes estandarizados que corresponden para el siguiente material, que a continuación se menciona:
  - 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, bandeja
- Se colocó los tamices de manera que el de mayor diámetro se encuentre en la parte superior de todo el grupo de tamices y el de menor diámetro se encuentre en la parte inferior de todo el grupo de tamices.
- Se vertió la muestra con un cucharón dentro de los tamices hasta que se haya introducido la muestra en su totalidad.
- Se agito todo el conjunto de tamices hasta que se logre el tamizado que se requiere.
- Se retiró cada tamiz y pesó la cantidad de muestra que se quedó retenido dentro de cada tamiz.
- Los datos que se obtienen en cada peso retenido fueron registrados para que posteriormente se obtenga la curva granulométrica y el módulo de fineza.

**F. Resultados**

## GRANILOMETRIA (MTC E 204) HUMEDAD NATURAL

Peso total	: 9087,0	PMH. =	506.3
Peso de fracción	:481,0	PMS. =	475,6
Peso de muestra lavada	: 8220,1	%W =	6,5

Resultados de la granulometría Del suelo natural

**Tabla 19***Granulometría del Suelo de Préstamo*

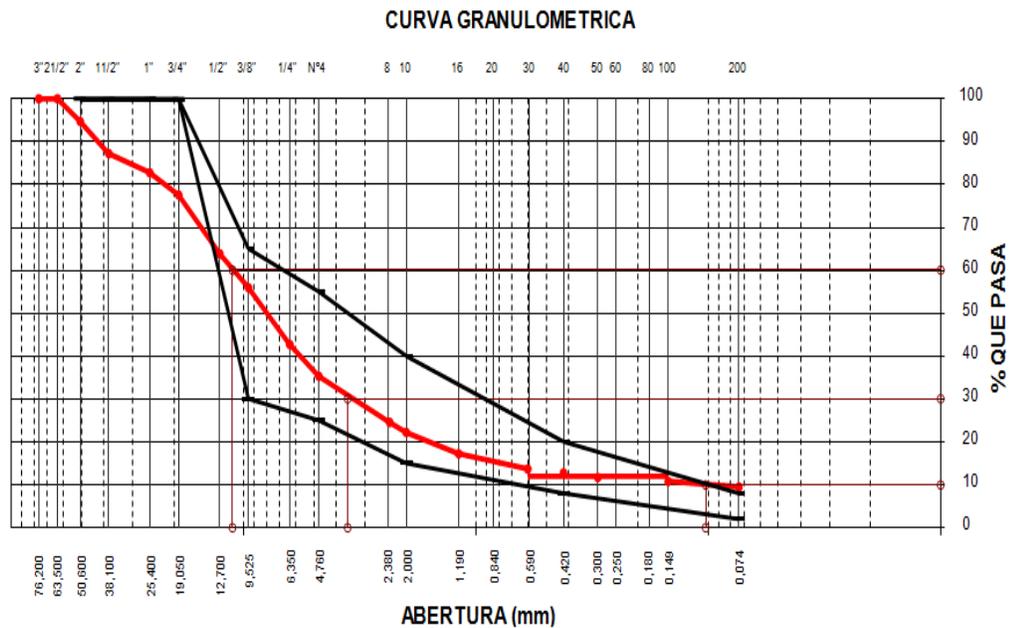
Tamiz	MALLA		peso Parcial	% Ret. Acum.	% Ret. Pasa
	mm.	(gr)			
3"	76,200	0,00			100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,600	483.8	5,3	5,3	94,7
1 1/2"	38,100	679.70	7,5	12,8	87,2
1"	25,400	407.80	4,5	17,3	82,7
3/4"	19,0	468.80	5,2	22,5	77,5
1/2"	12,7	1244.20	13,7	36,2	63,8
3/8"	9,52	716.50	7,9	44,1	55,9
1/4"	6,35	1196.80	13,2	57,3	42,7
No4	4,76	674.50	7,4	64,7	35,3
8	2,36	145.90	10,7	75,4	24,6
10	2,00	32.10	2,4	77,8	22,2
16	1,19	68.80	5,0	82,8	17,2
30	0,60	47.20	3,5	86,3	13,7
40	0,42	12.80	0,9	87,2	12,8
50	0,30	14.40	1,1	88,3	11,7
100	0,14	11.90	0,9	89,2	10,8
200	0,07	18.20	1,3	90,5	9,5
< 200		129.70	9,5	100,0	

Fuente: elaboración propia

El módulo de del suelo de préstamo es de = 8.62

## Grafico 10

### Curva granulométrica del Suelo de Préstamo



Fuente: elaboración propia.

Según especificaciones técnicas, el I.P. para sub rasante es de 4% máximo permitido, para base granular máximo permitido es de 2%.el I.P.

#### 4.3.2. Contenido de humedad del suelo de préstamo

##### **A. Descripción.**

Básicamente realizo esta prueba para determinar la cantidad de humedad que tiene el suelo propio en condiciones completamente normales.

##### **B. Normatividad**

Determinación del Contenido de Humedad D 2216

Fuente: ASTM D2216 -71 (Norma ASTM parte 19)

##### **C. Equipos y materiales.**

- Balanza electrónica: con sensibilidad a 0.15 del peso de la muestra a ensayar.

- Horno: de tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de  $110 \pm 5$  °C.
- Recipientes de metal: con el fondo y borde pulido con el fin de no sufrir deformaciones en condiciones de trabajo.

#### ***D. Muestreo***

La determinación del contenido de humedad del suelo de préstamo viene hacer un ensayo rutinario de laboratorio para obtener y determinar la cantidad de agua presente en la cantidad que representa el suelo envase a su peso en seco.

#### ***E. Procedimiento.***

- Se realizó la mezcla de la muestra hasta obtener una muestra uniforme.
- Se seleccionó el material por cuarteo y recoger una muestra representativa en estado natural.
- Se pesó el recipiente con la muestra representativa en una balanza electrónica.
- Al concluir se introdujo dentro del horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. durante 24 Hrs. como mínimo.
- Luego de cumplir las 24 Hrs. dentro del horno, se sacó la muestra y se colocó en un lugar a temperatura ambiente, seguidamente proceder a pesar el recipiente con la muestra en estado seco.

#### ***F. Fórmulas para el cálculo.***

La fórmula que se utiliza normalmente es la siguiente.

$$\text{—————} \times 100$$

Dónde:

W % = contenido de humedad expresado en porcentaje

- P1 = peso de la tara más el suelo húmedo  
 P2 = peso de la tara más el suelo seco al horno  
 P3 = peso de la tara

### G. Resultados:

Una vez realizado el ensayo de contenido de humedad de la cantera cenca los resultados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 20**

*Contenido de Humedad del Suelo de Préstamo*

NUMERO DE MUESTRAS	CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO DEL SUELO DE PRESTAMO		
	PESO NATURAL HÚMEDO (GR)	PESO SECO DEL AGREGADO (GR)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
MUESTRA N° 1	506,3	475,6	6.5 %
	PROMEDIO		6.5%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

De la tabla 23 se aprecia que el contenido de humedad del material de la cantera Sencca es de 6.5%

#### 4.3.3. Limite líquido del material del suelo préstamo

En el siguiente ensayo denominado contenido de agua que existe como la humedad necesaria para que el suelo reparador de dos mitades de una pasta de suelo, se cierre a lo largo de su base en una distancia de  $\frac{1}{2}$ ", cuando se deja caer la cuchara 12 veces desde una altura de 1 cm. Y a una velocidad de dos golpes por segundo

El límite líquido del suelo natural es el contenido de humedad determinado en porcentaje del suelo en un estado seco lo cual se hizo en el horno, cuando éste se encuentre entre el estado plástico y el estado líquido. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo

### **A. Normativa**

AASHTO – 89, T-90 método estándar de ensayo para determinar el límite líquido

NTP 339.129:1999 método de ensayo para determinar el límite líquido

### **B. Equipos y materiales**

- Cuchara de casa grande trata de una taza (cuchara) de bronce de 200+- 20grs, montada en un dispositivo que se apoya fijamente a una base de caucho
- Balanza con una precisión de 0.01 gr.
- Horno de secado con circulación de aire y temperatura que se pueda regular
- Fuente metálica
- Plato de mezcla o capsula de porcelana
- Espátula
- Una placa de vidrio para el límite plástico
- Muestra de arcilla
- Tamices

### **C. Procedimientos**

#### ➤ PREPADO DE LA MUESTRA

- La muestra que fue proveniente de la cantera de Sencca (arcilloso) se secó completamente a una temperatura que no pase los 100 grados Celsius durante 24 horas
- Ya realizado el paso anterior se prosiguió con cuartear nuestra muestra y después homogeneizaremos el proceso de pesar
- Luego de haber pesado la muestra se realiza el tamizado de la muestra de poco a poco Y se deberá guardar el material desde el tamiz número 40 hacia abajo

- Seguidamente una vez obtenido el material deseado se procedió a realizar el ensayo.

➤ **PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO**

- Calibraremos la cuchara de casa grande hasta poner su contador en cero
- En un recipiente aparte seleccionaremos un pedazo de la muestra y con un goteo o jeringa procedemos a humedecerla hasta lograr la consistencia deseada.
- Estando ya humedecida se mezcla constantemente hasta lograr que la muestra este planchada y colocaremos en la cuchara de casa grande que este uniformen
- Con el acanalador, se pesara por medio de la muestra y se seca una porción
- Luego se procederá a dar vuelta a la manija y contaremos los golpes hasta lograr que se cierre 12.13 mm.
- Se procedió a sacar un pedazo de muestra que se encuentra dentro de la cuchara de Casagrande de la parte derecha y precedemos a realizar los famosos churritos y luego se pesaran en la balanza electrónica
- Ya hecho esto estos churritos se pondrán en el horno por 24 horas
- Después de 24 horas se sacaran los churritos del horno y se pesaran en la balanza

**D. Resultados**

**Tabla 21**

*Limite líquido MTC. E 110 del suelo préstamo*

<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Nº de Golpes	35	24	20
Recipiente Nº	16	25	6
R + Suelo Hum.	49.73	48.34	50.23
R + Suelo Seco	45.02	43.46	44.74

Peso Recip.	24.78	24.16	24.20
Peso Agua	4.71	4.88	5.49
Peso S. Seco	20.24	19.30	20.54
% de Humedad	23.27	25.28	26.73

Fuente: elaboración propia

El límite líquido viene hacer el promedio de los valores del contenido de humedad.

Para el trabajo de investigación se consideró tres ensayos con distintos número de golpes.

**Tabla 22**

*Resumen de Valores Límite Líquido (LL) del Suelo de Préstamo*

ENSAYO	Nº GOLPES	PESO DE RESIPIENTE + SUELO HUMEDO (GM)	PESO DE RESIPIENTE + SUELO SECO (GM)	PESO DEL RESIPIENTE
1	35	49.73	45.02	24.78
2	24	48.34	43.46	24.16
3	20	50.23	44.74	24.20

Fuente: elaboración propia

Para la determinación de límite líquido (L.L) se halló el contenido de agua del cual los resultados son los que se menciona a continuación.

**Tabla 23**

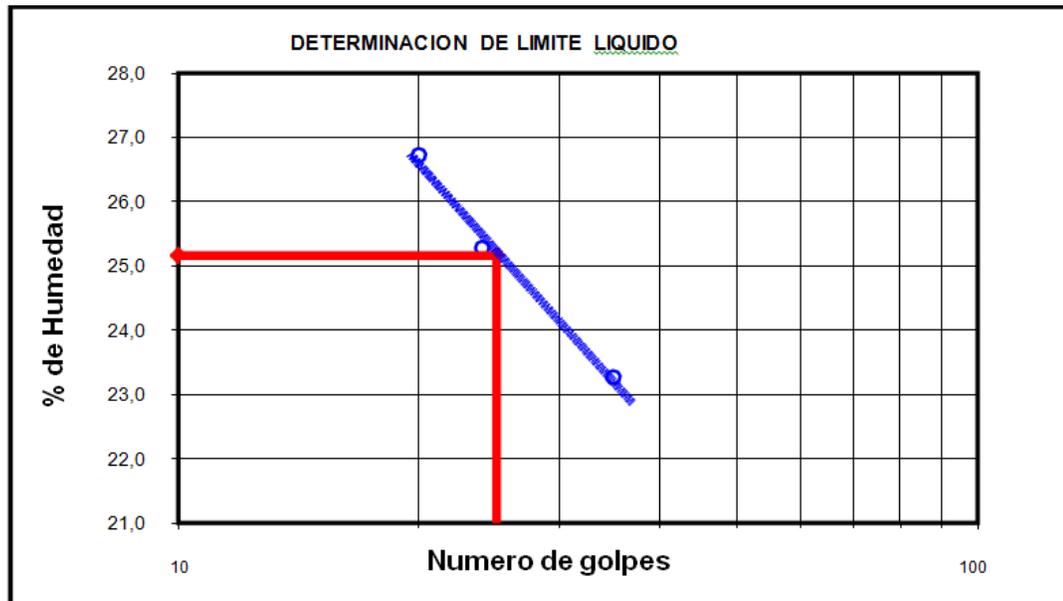
*Resumen de los Valores Obtenidos*

ENSAYO	Nº GOLPES	W (%)
1	30	23.27
2	26	25.28
3	20	27.26

Fuente: elaboración propia.

### Grafico 11

#### Determinación del Limite Líquido



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

El gráfico N°11 indica que La ordenada correspondiente de la abscisa de 25 golpes (de la curva de flujo) es el contenido del agua correspondiente al límite de líquido que buscamos, por lo cual el límite líquido es:

$$LL=25.16$$

#### 4.3.4. Limite Plástico Del Suelo De Préstamo

La determinación del límite plástico del suelo natural que se viene investigando para lo cual se define como el contenido de agua expresado en porcentajes de peso de los suelos secos al horno, cuando el suelo se encuentra en el límite entre los estados plásticos y semisólidos, el contenido de agua en este límite se definirá como el contenido de agua más bajo de agua al cual el suelo podrá ser rolado en hilo de 3.2mm. Sí que se rompa en pedazos.

### **A. Normativa**

AASHTO – 89, T-90 método estándar de ensayo para hallar el límite líquido de los suelos como también el límite plástico y también el índice de plasticidad de los suelos.

NTP 339.129:1999 método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos-límite líquido

### **B. Equipos y Materiales**

- Cuchara de casa grande trata de una taza (cuchara) de bronce de 200+- 20grs, montada en un dispositivo que se apoya fijamente a una base de caucho
- Balanza con una precisión de 0.01 gr.
- Horno de secado con circulación de aire y temperatura que se pueda regular
- Fuente metálica
- Plato de mezcla o capsula de porcelana
- Espátula
- Una placa de vidrio para el límite plástico
- Muestra de arcilla
- Tamices

### **C. Procedimientos**

- Se consideró el material de la cantera Sencca y se tomó de la pasta una muestra de suelo que preparo anteriormente la cual fue requerido con los golpes necesarios para cerrar la ranura que se hace en el procedimiento para este ensayo.
- Esta muestra que se acerca más al estado plástico se le incrementa un poco más de muestra de composición ceca hasta alcanzar una consistencia aparentemente en estado plástico ( que tenga un parecido a una pastilla ) que no tenga rajaduras pero no con muchas rajaduras

- Con la pasta que se preparó se produce a moldear rollitos al cual también se le conoce con la de nominación de los churritos de aproximadamente 1/8 o 3 mm de diámetro y 5 cm de longitud sobre la lámina de vidrio o una lámina completamente liza.
- Seguidamente estos churritos se colocó en dos recipientes y se pesan en la balanza electrónica con una densidad de 0.1 gramos y se mete al horno con una temperatura de 100 a 110 °c por un tiempo de 24 horas aproximadamente.
- Una vez pasada las 24 horas se retira las dos muestras y se pesan para luego determinar respecto a la diferencia de del peso con el contenido de humedad.
- Se consideró dos muestras para el promedio de los dos contenidos de humedad lo cual determina el limite plástico de la muestra

#### **D. Resultados**

**Tabla 24**

*Limite Plástico MTC. E 110 del Suelo de Préstamo*

<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	
Recipiente N°	33	9	
R + Suelo Hum.	9.57	9.43	
R + Suelo Seco	8.80	8.69	
Peso Recip.	3.83	3.79	
Peso Agua	0.77	0.74	
Peso S. Seco	4.97	4.90	
% de Humedad	15.49	15.1	<b>15.3</b>

Fuente: elaboración propia.

El límite plástico es el promedio de los valores del contenido de humedad.

**Tabla 25***Resumen de Valores Límite Plástico (LP) del Suelo de Préstamo*

ENSAYO	Nº GOLPES	PESO DE RESIPIENTE + SUELO HUMEDO (GM)	PESO DE RESIPIENTE + SUELO SECO (GM)	PESO DEL RESIPIENTE
1	-	9.57	8.80	3.83
2	-	9.43	8.68	3.79

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Para determinar el límite plástico L.P se realizó el siguiente procedimiento.

#### 4.3.5. Índice De Plasticidad Del Suelo De Préstamo.

A continuación se determinó el índice de plasticidad

##### **A. Normativa**

NTP 339.129:1999 método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos-límite líquido.

##### **B. Procedimientos**

Se denomina índice de plasticidad a la diferencia numérica entre el valor obtenido del límite líquido y el límite plástico de la muestra del suelo natural es el índice de consistencia más importante dado que su valor permite conocer cuán plástico será el suelo natural que se viene investigando matemáticamente se se representa a continuación en las fórmulas de cálculo.

##### **C. Fórmulas para el cálculo**

Las formas que se utilizó para hallar el límite líquido del suelo natural son las siguientes:

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

IP = Índice de Plasticidad

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

### **D. Resultados**

Para determinar el límite plástico L.P se realizó el siguiente procedimiento.

$$\begin{array}{rclcl}
 \text{IP} & = & \text{L.L.} & - & \text{L.P.} \\
 \text{IP} & = & 25.16 & - & 15.30 \\
 \text{IP} & = & 9.86 & & 
 \end{array}$$

### **4.3.6. Clasificación Del Suelo De Préstamo**

#### **A. Descripción.**

Este método permite conocer el tipo de suelo basándose en las propiedades mecánicas por medio del sistema SUCS y AASHTO.

#### **B. Normativa**

- clasificación de suelo sistema SUCS D 2487
- clasificación de suelo sistema AASHTO D 3282

#### **C. Resultados**

El material presentan las siguientes características:

**Tabla 26**  
*Clasificación Suelo de Préstamo*

MATERIAL	SUELO DE PRESTAMO
Clasificación AASHTO T-66.	A-1-b (0)
Clasificación SUCS ASTM D 2487.	GM
Tamaño máximo	25 cm Subredondeada
Porcentaje mayor a 1/4"	48,7%
Porcentaje pasa N° 200	19,6%

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.7. Ensayo De Proctor Modificado Del Suelo De Préstamo.**

##### ***A. Descripción.***

El ensayo de Proctor se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

##### ***B. Normativa.***

NTP. 339,141 suelo meto de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizado una energía modificada (2700 KN/-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)) (Referencia MTC manual de ensayo de material.)

##### ***C. Equipos y materiales.***

- ENSAMBLAJE DEL MOLDE: los moldes serán hechos de material rígido de forma cilíndrica con relación a lo indicado dentro de la norma
- MOLDE DE 4 PULGADAS: El molde tendrá un promedio de 4" de diámetro interior con una altura de 4.58"y un volumen de 0.033 pies<sup>3</sup>
- MOLDE DE 6 PULGADAS: El molde tendrá un promedio de 6" de diámetro interior con una altura de 4.58"y un volumen de 0.075 pies<sup>3</sup>
- PISÓN O MARTILLO : el pisón estará equipada con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida
- EXTRACTOR DE MUESTRA: tiene como finalidad extraer los especímenes compactados del molde.
- BALANZA: consiste en una balanza de tipo GP5

- HORNO DE SECADO: con controlador termo magnético preferentemente con ventilación forzada
- REGLA: regla metálica
- TAMICES O MALLAS. estos instrumentos serán de las siguientes dimensiones  $\frac{3}{4}$  pulg. 19.0mm,  $\frac{3}{8}$ pulg(9.5mm.) y N°4 (4.75mm.) conforme a los requisitos de la especificación ASTM E11
- HERRAMIENTAS DE MEZCLA consiste en diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, ETC. como también puede ser un aparato metálico apropiado para la mezcla completa de muestra del suelo con el aumento de agua

#### ***D. Muestreo.***

La muestra requerida para la prueba de la moratorio es aproximadamente de 35lbm (16kg) en este caso se considera la muestra suelo del material propio por lo tanto la muestra a campo deberá tener un peso húmedo de al menos 50 lbs. (23kg.)Respectivamente.

Se determinó el porcentaje de material retenido en la malla n°4,  $\frac{3}{8}$ pulg. O de  $\frac{3}{4}$ pulg. SE determino una porción representativa de la muestra total y establece los porcentajes que pasa las mallas de interés medio el método de análisis por tamizado de agregado grueso y fino solo será necesario para calcular los porcentajes para un tamiz.

#### ***E. Procedimiento.***

Una de las recomendaciones importantes del caso es la siguiente.

El suelo de material de préstamo que ha sido compactado como parte de la prueba de laboratorio no se ha reutilizado.

### **F. Resultados**

**Tabla 27**

*Resumen de Valores Compactación Suelo de Préstamo*

<b>PRUEBA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr)	11544	11690	11798	11734
Peso molde (gr)	6775	6775	6775	6775
Peso de suelo compactado (gr.)	4769	4915	5023	4959
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115	2115	2115	2115
Densidad húmeda (gr/cm)	2.255	2.324	2.375	2.345

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 28**

*Valores (%) de Humedad del Suelo de Préstamo*

<b>TARA N°</b>				
Tara + suelo húmedo (kg.)	329.15	319.10	336.40	380.13
Tara + suelo seco (kg.)	312.21	300.12	312.99	349.87
Peso de agua (kg.)	16.94	18.98	23.41	30.26
Peso de tara (kg.)				
Peso de suelo seco (kg.)	312.21	300.12	312.99	349.87
Humedad (%)	5.43	6.32	7.48	8.65
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.139	2.186	2.210	2.158

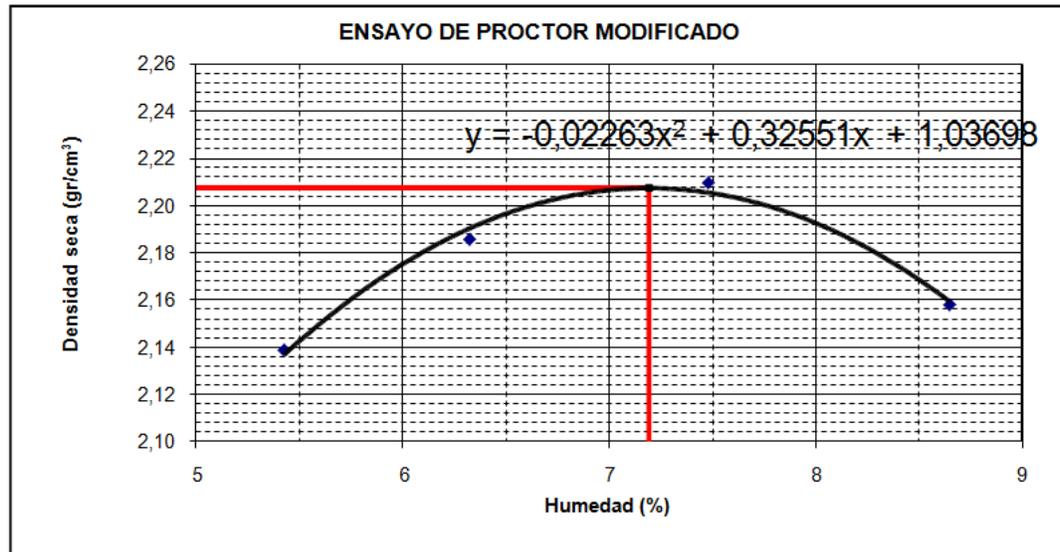
Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.208

Optimo contenido de humedad : 7.19

### Grafico 12

#### Ensayo de Proctor Modificado de Suelo de Préstamo



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

#### 4.3.8. Ensayo De Relación De Soporte De California (CBR) Del Suelo De Préstamo

El ensayo de relación de soporte de california fue creado por parte de la división de carreteras de california en 1929 como una manera de hallar la capacidad de resistencia de un suelo para ser utilizado como sub-rasante o material de base en construcción de carreteras. Durante la segunda guerra mundial, el cuerpo de ingenieros de los estados unidos tomo este ensayo para utilizarlo en la construcción de aeropuertos.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100\%$$

**Fuente:** JOSEPH E. BOWLES, manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil edición n° 2 Naucalpan de Jueres, Edo. De México miembro de la cámara de la industria editorial, reg. num.465 año 1981- 189,190p.

### **A. Normativa.**

- AASHTO T193-63
- ASTM D1883-73

### **B. Equipos y materiales.**

Para los ensayos de laboratorio se utilizaron los siguientes equipos:

- Molde de compactación de 15.2 cm. de diámetro por 17.8 cm. de altura (o equivalente, con collar).
- Disco espaciador de 15.1cm de diámetro por 6.14 cm. De altura (o- 5.1 cm. De altura si está disponible).
- Martillo de compactación (bien el de 24.5 no el de 44.5n según lo designe el introductor).
- Aparato par medir la expansión con deformimetro de caratula con precisión de 0.01 mm. Pesos para sobre sarga.
- Máquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR. (diámetro de 4.953 cm. Con sección transversal de 19.4 cm<sup>2</sup>)
- Y capaz de penetrar un taza de 1.27mm. /milímetros.
- Molde de diámetro = 6" altura de 7" a 8" con un collarín de 2"
- Disco espaciador de acero diamantado. 5 15/16 y altura
- Molde de diám.= 6", altura de 7" a 8" y un collarín de 2".
- Disco espaciador de acero diám. 5 15/16" y alt. 2.5"
- Pisón Peso 10 lb. y altura de caída 18".
- Trípode y extensómetro con aprox. 0.001".
- Pesas de plomo anular de 5 lbs c/u (2 pesas).

### **C. Muestreo.**

Para el trabajo de investigación se consideró el suelo de préstamo al material de la cantera Sencca.

### **D. Procedimiento.**

La preparación del material consiste en lo siguiente:

- Se sacó el material al aire o calentándolo a 60o C.

- seguidamente se Desmenuzo los terrones existentes y tener cuidado de no romper las partículas individuales de la muestra.
- La muestra fue tamizado por la malla  $\frac{3}{4}$  "y la No. 4. La Fracción retenida en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " deberá descartarse y reemplazarse en igual proporción por el material comprendido entre los tamices  $\frac{3}{4}$ " y No. 4. Luego se mezcla bien.
- Se determinó el contenido de humedad de la muestra así preparada. Cantidad de material
- Para cada determinación de densidad (un punto de la curva de compactación), se necesitan 5 k de material. Para la curva con 6 puntos se necesitará 30 k de material. Cada muestra se utiliza una sola vez. La preparación del material consiste en lo siguiente:

### **E. Resultados**

Volumen de la muestra =sección transversal X (altura del molde = altura del disco espaciador) la respuesta obtenida para los tres tipos de moldes son los siguientes:

**Tabla 29**

*Volumen del Molde*

MOLDE	N°1	N°2	N°3
VOLUMEN DEL MOLDE (GR/CM3)	2104	2125	2168

Fuente: Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

La respuesta obtenida para los tres tipos de moldes son los siguientes:

**Tabla 30**

*Resultados de Densidad Seca Suelo de Préstamo*

MOLDE	N°1	N°2	N°3
DENSIDAD SECA	2.218	2.18	2.158

Fuente: Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**F. Resultados de ensayo de relación de soporte de california  
(CBR) Del suelo de préstamo**

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.208

Optimo contenido de humedad : 7.2

**Tabla 31**

*Compactación Suelo de Préstamo*

MOLDE	1	2	3
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes	56	25	12
Peso de suelo + molde (gr)	13189	13498	12145
Peso molde (gr)	8184	8530	7127
Peso suelo compactado(gr)	5005	4968	5018
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104	2125	2168
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.379	2.338	2.315

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 32**

*Humedad Suelo de Préstamo*

TARA N°	5	9	11
Tara +suelo húmedo	446.20	446.20	446.20
Tara + suelo seco	416.02	416.02	416.02
Peso de agua	30.18	30.18	30.18
Peso de tara			
Peso de suelo seco	416.02	416.02	416.02
Humedad	7.25	7.25	7.25
Densidad seca	2.218	2.180	2.158

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 33**

*Aplicación de carga Suelo de Préstamo*

Penetración (pulg.)	Penetración (mm)	Presión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	molde 1		molde 2		molde 3	
			Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dial	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.25	0.64		19	5.4	13	3.8	7	2.2
0.50	1.27		42	11.4	29	8.0	17	4.8
0.75	1.91		72	19.2	50	13.5	30	8.2
1.00	2.54	70	115	30.4	80	21.3	48	13.0
1.50	3.81		204	53.5	142	37.5	85	22.6
2.00	5.08	105	306	79.9	214	56.1	128	33.8

2.50	6.35	386	101.2	272	71.1	163	42.9
3.00	7.62	462	119.9	323	84.3	194	50.9
3.50	8.89						
4.00	10.16						
4.50	11.43						
5.00	12.70						

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 34**

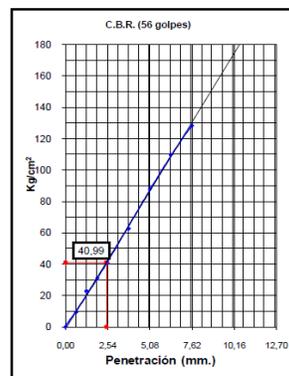
*Porcentaje de expansión Suelo de Préstamo.*

FECHA	EXPANCIÓN (PULG)		
	1	2	3
18/08/2017	0.000	0.000	0.000
19/08/2017	0.004	0.005	0.011
20/08/2017	0.005	0.008	0.016
21/08/2017	0.006	0.012	0.021
22/08/2017	0.010	0.016	0.034
<b>% EXP</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.7</b>

Fuente: elaboración propia.

Mediante el desarrollo del trabajo de investigación se realizaron los gráficos del ensayo de la relación de soporte C.B.R. Para 56 GOLPES, 25 GOLPES, Y 10 GOLPES del suelo de material préstamo.

**Gráfico 13**  
C.B.R. (56 Golpes)

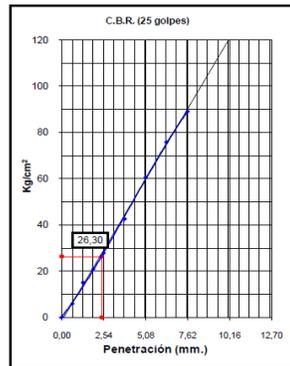


Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

C.B.R. (0.1")-56 Golpes	58.6
CBR. (0.2") - 56 Golpes	83.7
Densidad Seca (gr/cc)	2.218

### Grafico 14

C.B.R. (25 Golpes)

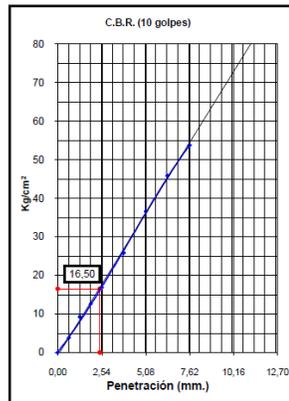


Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

C.B.R. (0.1")-25 Golpes	37.6
CBR. (0.2") - 25 Golpes	57.6
Densidad Seca (gr/cc) :	2.130

### Grafico 15

C.B.R. (10Golpes)

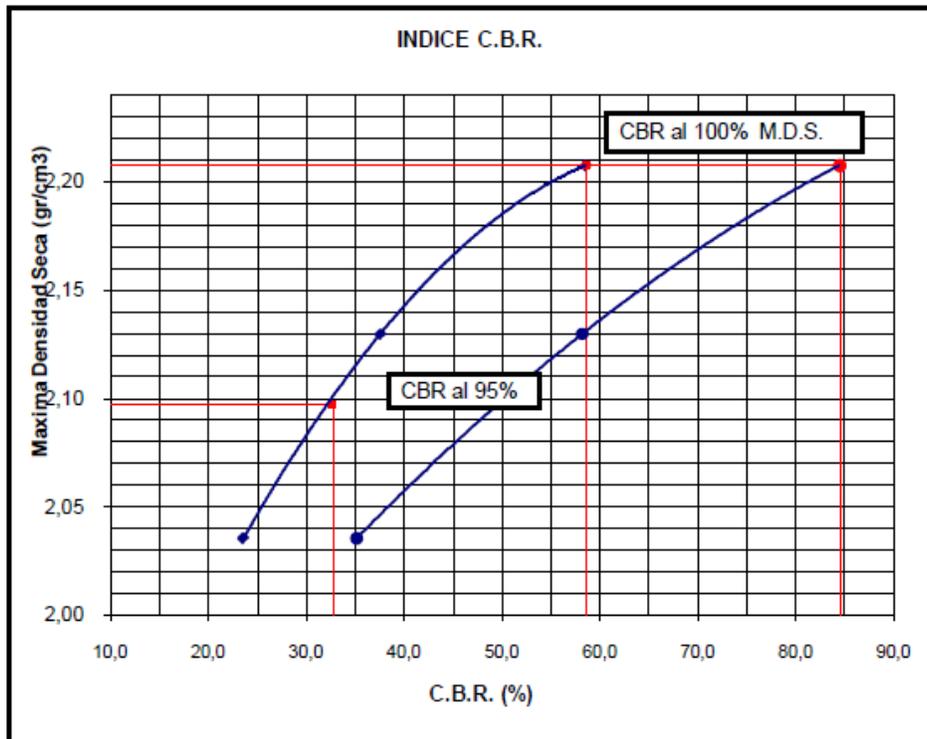


Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

C.B.R. (0.1")-12 Golpes	23.6
CBR. (0.2") - 12 Golpes	34.8
Densidad Seca (gr/cc) :	2.035

### Grafico 16

Determinación de CBR. Suelo de Préstamo



Fuente: obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

M.D.S. : 2.2075

95% DE M.D.S. : 2.097

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 56.10%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 32.7%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 80.6%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 49.8%

#### 4.3.9. Comparación de CBR. Del suelo natural y de préstamo sin Incorporar Colofonia de Pino.

Para la elaboración de la prueba del CBR. Son necesarios los siguientes datos de laboratorio:

- Análisis granulométrico de suelo
- Contenido de humedad de suelo
- Límite líquido del material

- Límite plástico del material
- Clasificación de suelos
- Ensayo de proctor modificado y lo sabes

**Tabla 35***Propiedades Físicas de los Suelos Utilizados*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO DE PRESTAMO
Clasificación SUCS	CL	GP-GC
Clasificación AASHTO	A-7-6(15)	A-2-4 (0)

Fuente: obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 36***Ensayo de Proctor Estándar (MTC E 116)*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO DE PRESTAMO
MAXIMA DENSIDAD SECA (GR/CM <sup>3</sup> )	1.623	2.208
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.5	7.19

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

#### 4.3.10. Procedimiento comparativo método de CBR. Suelo natural y de préstamo.

A continuación se presenta un resumen de los resultados del proceso de compactación mediante el método de CBR. De la siguiente manera: Densificación de los suelos por remoción del agente ablandador mediante la hidratación del suelo natural y de préstamo. El grado de compactación en términos de su peso específico seco.

**Tabla 37***Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R. 56 golpes) MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO DE PRESTAMO
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES.	15.0	58.6
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES.	13.6	83.7
DENSIDAD SECA (GR/CC)	1.629	2.218

Fuente: obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 38**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)  
MTC E 132.*

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO</b>
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	5.8	37.6
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	5.3	57.6
DENSIDAD SECA (GR/CC)	1.446	2.13

Fuente: obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 39**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes)  
MTC E 132.*

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO</b>
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	4.4	23.6
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	3.4	34.8
DENSIDAD SECA (GR/CC)	1.325	2.035

Fuente: Obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 40**

*Determinación de C.B.R. En Ambos Suelos*

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO</b>
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.6256	2.2075
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.544	2.097

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 41**

*C.B.R. del 100% y 95% en (1"y 2") de Penetración*

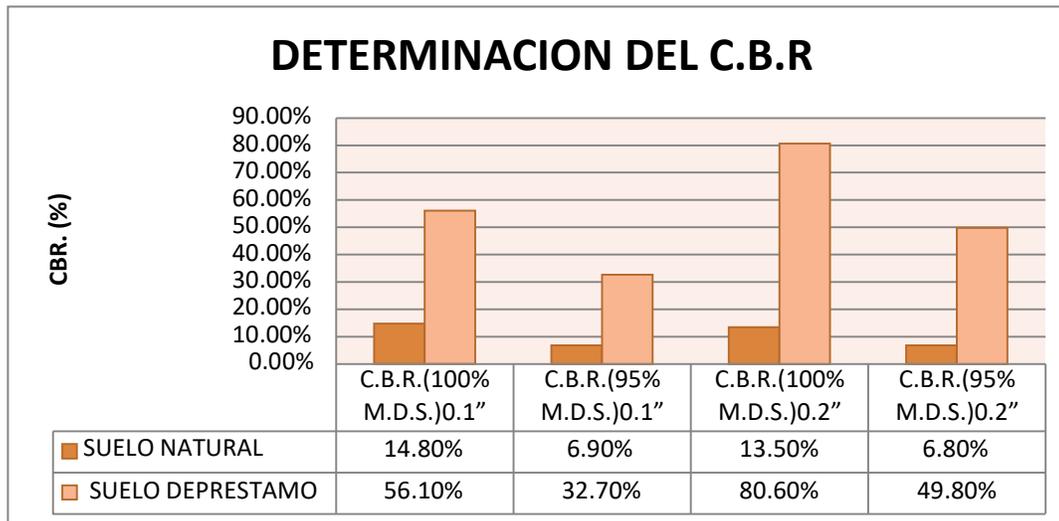
<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO</b>
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	14.8%	56.1%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	6.90%	32.7%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	13.50%	80.6%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	6.8%	49.8%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

CBR. Diseño: 7.4 para suelo natural para el suelo de préstamo.

**Grafico 17**

Comparación de suelo natural y suelo de préstamo mediante la prueba de C.B.R.



Fuente: Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia).

#### 4.3.11. Resultados del procedimiento de compactación con el método

##### C.B.R. para suelo natural

Se consideró durante las pruebas de laboratorio, la sustitución de agua (contenido de humedad) parcialmente por colofonia de pino, en una contextura lechosa con las siguientes proporciones del 1%,2%,3% y 4%.que a continuación se detalla.

#### 4.3.12. Resultados De CBR. Con 1% de Colofonia de Pino para el suelo natural.

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2,208

Optimo Contenido de Humedad : 7.2 (%)

**Tabla 42**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes)  
MTC E 132.

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>DE</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 1%</b>
C.B.R. (0.1") GOLPES.	56	15.0	15.6
C.B.R. (0.2") GOLPES.	56	13.6	14.6
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.629	1.634

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 43**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)  
MTC E 132.

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>		<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 1%</b>
C.B.R. (0.1") GOLPES.	56	5.8	6.4
C.B.R. (0.2") GOLPES.	56	5.3	6.3
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.446	1.510

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 44**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes)  
MTC E 132.

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 1%</b>
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	4.4	4.4
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	3.4	4.0
DENSIDAD SECA (GR/CC)	1.325	1.428

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 45**  
Determinación de C.B.R.

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 1%
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.6256	1.6315
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.544	1.550

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

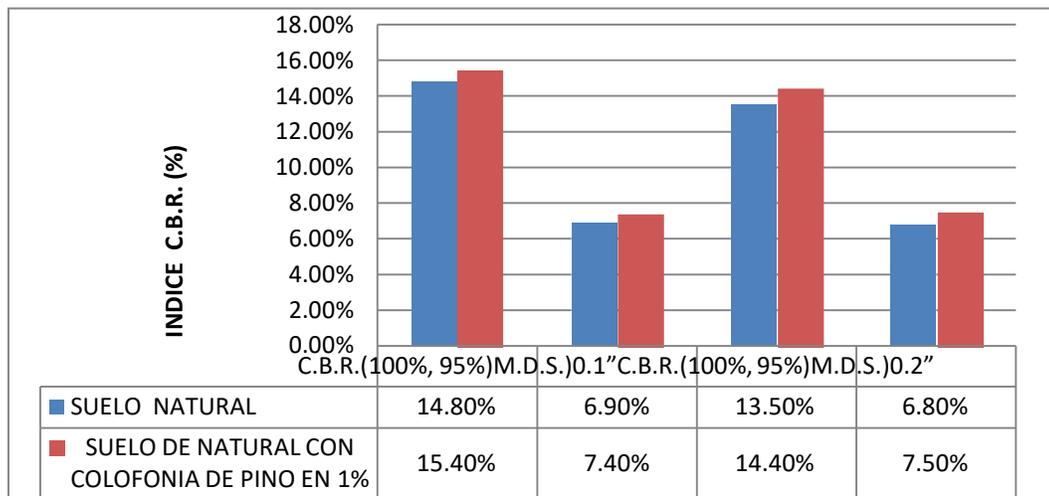
**Tabla 46**  
C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de Penetración

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 1%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	14.8%	15.4%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	6.90%	7.4%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	13.50%	14.4%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	6.8%	7.5%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

### Grafico 18

Suelo natural considerando 1% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)  
CBR. DISEÑO: 7.4%

#### 4.3.12. Resultados De CBR. Con 2% Para Suelo Natural

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.636  
Optimo Contenido de Humedad : 11.2 (%)

**Tabla 47**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes)  
MTC  
E132.

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>DE</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 2%</b>
C.B.R. (0.1")	–	15.0	17.7
56 GOLPES.			
C.B.R. (0.2")	–	13.6	14.8
56 GOLPES.			
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.629	1.634

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 48**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)  
MTC E 132.

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>DE</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 2%</b>
C.B.R. (0.1")	–	5.8	8.1
56 GOLPES.			
C.B.R. (0.2")	–	5.3	7.9
56 GOLPES.			
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.446	1.539

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 49**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes)  
MTC E132.

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>DE</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO DE NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 2%</b>
C.B.R. (0.1")	–	4.4	5.0
56 GOLPES.			
C.B.R. (0.2")	–	3.4	4.9
56 GOLPES.			
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.325	1.456

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 50**

Determinación de C.B.R.

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 2 %</b>
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.6256	1.6364
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.544	1.555

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 51**

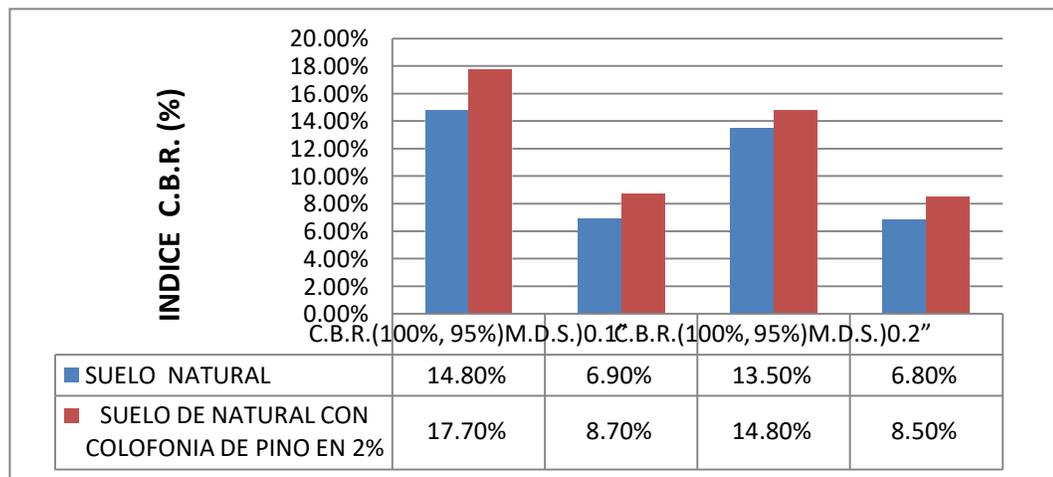
C.B.R. del 100% y 95% en 1" y 2" de Penetración

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 2%</b>
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	14.8%	17.7%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	6.90%	8.7%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	13.50%	14.8%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	6.8%	8.5%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Grafico 19**

Suelo natural considerando 2% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

C.B.R. DISEÑO: 8.7%

#### 4.3.13. Resultados De CBR. Con 3% Para Suelo Natural

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.648  
 Optimo Contenido de Humedad : 11.5 (%)

##### **Tabla 52**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes)  
 MTC E 132.*

SUELOS ESTUDIO	DE	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.		15.0	19.4
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.		13.6	20.0
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.629	1.647

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

##### **Tabla 53**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)  
 MTC E 132.*

SUELOS ESTUDIO	DE	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.		5.8	10.6
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.		5.3	10.8
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.446	1.576

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

##### **Tabla 54**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC  
 E 132.*

SUELOS ESTUDIO	DE	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES.		4.4	5.9
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES.		3.4	6.2
DENSIDAD SECA (GR/CC)		1.325	1.536

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 55**  
Determinación de C.B.R.

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3 %
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.6256	1.6475
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.544	1.565

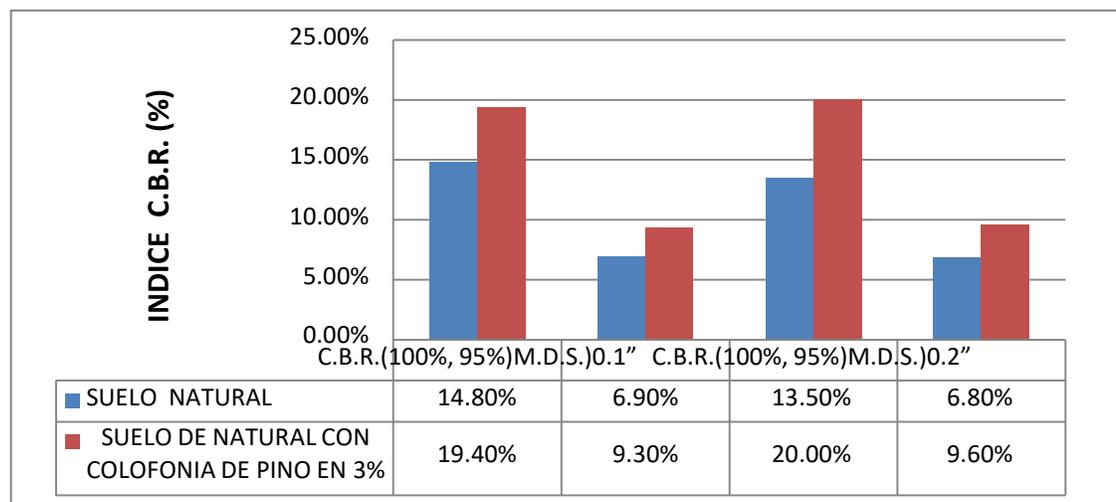
Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 56**  
C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de penetración.

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	14.8%	19.4%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	6.90%	9.3%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	13.50%	20.0%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	6.8%	9.6%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Grafico 20** Suelo natural considerando 3% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

CBR. DISEÑO: 7.4%

#### 4.3.14. Resultados De CBR. Con 4% Para Suelo Natural

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.654  
 Optimo Contenido de Humedad : 11.4 (%)

**Tabla 57**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO				SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1")	–	56	15.0	20.7	
GOLPES.					
C.B.R. (0.2")	–	56	13.6	16.3	
GOLPES.					
DENSIDAD (GR/CC)	SECA		1.629	1.655	

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 58**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO				SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1")	–	56	5.8	10.6	
GOLPES.					
C.B.R. (0.2")	–	56	5.3	10.1	
GOLPES.					
DENSIDAD SECA (GR/CC)			1.446	1.581	

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 59**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO				SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1")	–	56	4.4	6.9	
GOLPES.					
C.B.R. (0.2")	–	56	3.4	5.9	
GOLPES.					
DENSIDAD (GR/CC)	SECA		1.325	1.496	

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 60**

*Determinación de C.B.R.*

SUELOS DE ESTUDIO		SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )		1.6256	1.6542

95% De Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Máxima Seca	1.544	1.572
---	----------------	-------	-------

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 61**

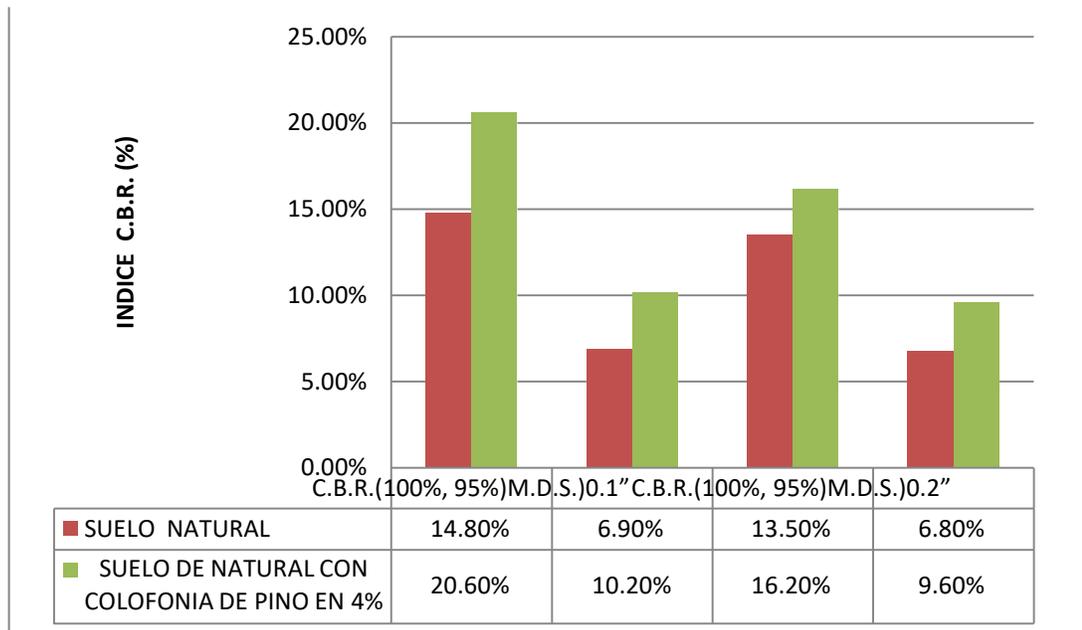
*C.B.R. del 100% y 95% en 1" y 2" de penetración*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	14.8%	20.6%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	6.90%	10.2%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	13.50%	16.2%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	6.8%	9.6%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Grafico 21**

Suelo natural considerando 4% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

CBR. DISEÑO: 7.4%

#### 4.3.15. Resultados de procedimiento de compactación con el método C.B.R. para suelo de préstamo

Se consideró durante las pruebas de laboratorio, la cantidad de agua que se sustituyó parcialmente con colofonia de pino en una contextura lechosa en las siguientes proporciones del 1%,2%,3% y 4%.a continuación se muestra los resultados obtenidos:

#### 4.3.16. Resultados De CBR. Con 1% De Colofonia De Pino para el suelo de préstamo

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2,208

Optimo Contenido de Humedad : 7.2 (%)

##### **Tabla 62**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	DE	SUELO DE PRESTAMO	SUELO DE PRESTAMO MAS COLOFONIA DE PINO EN 1%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.		58.6	57.9
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.		83.7	87.9
DENSIDAD SECA (GR/CC)		2.218	2.218

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

##### **Tabla 63**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO DE PRESTAMO	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 1%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	37.6	32.3
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	57.6	69.9
DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.130	2.109

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 64**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes)  
MTC E 132.*

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 1%</b>
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES.	23.6	21.4
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES.	34.8	34.3
DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.035	1.998

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 65**

*Determinación de C.B.R.*

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 1%</b>
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.2075	2.2173
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.097	2.106

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 66**

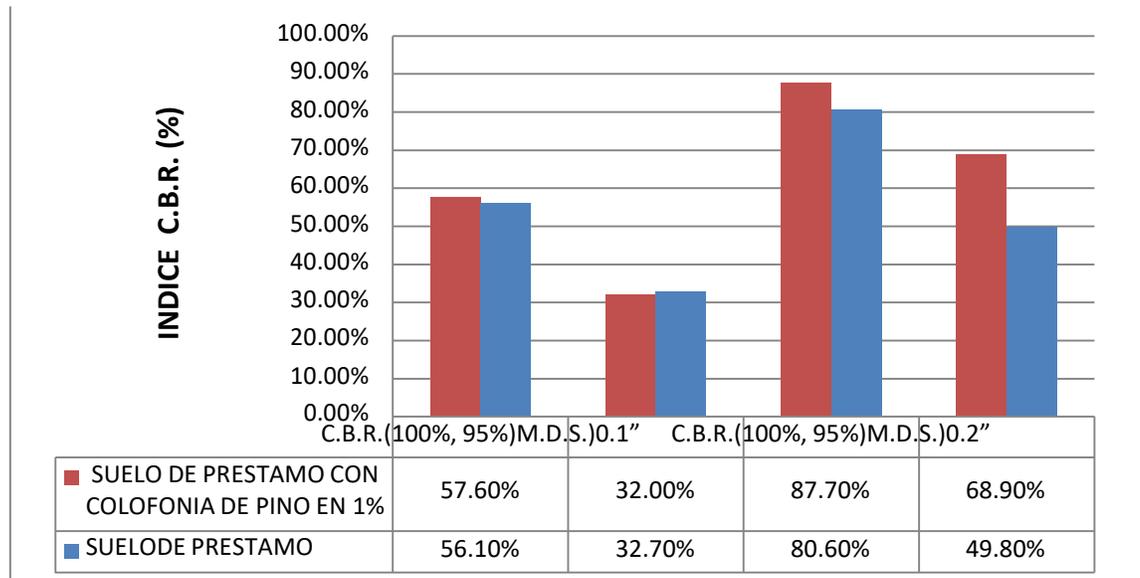
*C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de Penetración*

<b>SUELOS DE ESTUDIO</b>	<b>SUELO DE REPSTAMO</b>	<b>SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 1%</b>
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	56.1%	57.6%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	32.7%	32.0%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	80.6%	87.7%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	49.8%	68.9%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

### Grafico 22

Suelo de préstamo considerando 1% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

CBR. DE DISEÑO: 57.6%

El grafico n° 19 llego a las siguientes determinaciones: según especificaciones técnicas, CBR. De diseño para Sub base granular 32% mínimo requerido para base granular 68.90% mínimo requerido para trafico ligero a medio; para tráfico pesado 100% mínimo requerido.

#### 4.3.17. Resultados De CBR. Con 2% Para Suelo De Préstamo

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.223

Optimo Contenido de Humedad : 6.7 (%)

##### **Tabla 67**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS ESTUDIO	DE SUELO DE PRESTAMO	DE SUELO DE PRESTAMO MAS COLOFONIA DE PINO EN 2%
C.B.R. (0.1'') – 56 GOLPES.	58.6	58.2
C.B.R. (0.2'') – 56 GOLPES.	83.7	82.7

DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.218	2.220
--------------------------	-------	-------

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 68**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)

MTC E 132.

SUELOS DE ESTUDIO	DE SUELO PRESTAMO	DE	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 2%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	37.6		12.1
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	57.6		27.9
DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.130		2.121

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 69**

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC

E 132.

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO PRESTAMO	DE	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 2%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	23.6		8.9
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	34.8		12.1.
DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.035		1.998

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 70**

Determinación de C.B.R.

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO PRESTAMO	DE	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 2%
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.2075		2.2231
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.097		2.112

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 71**

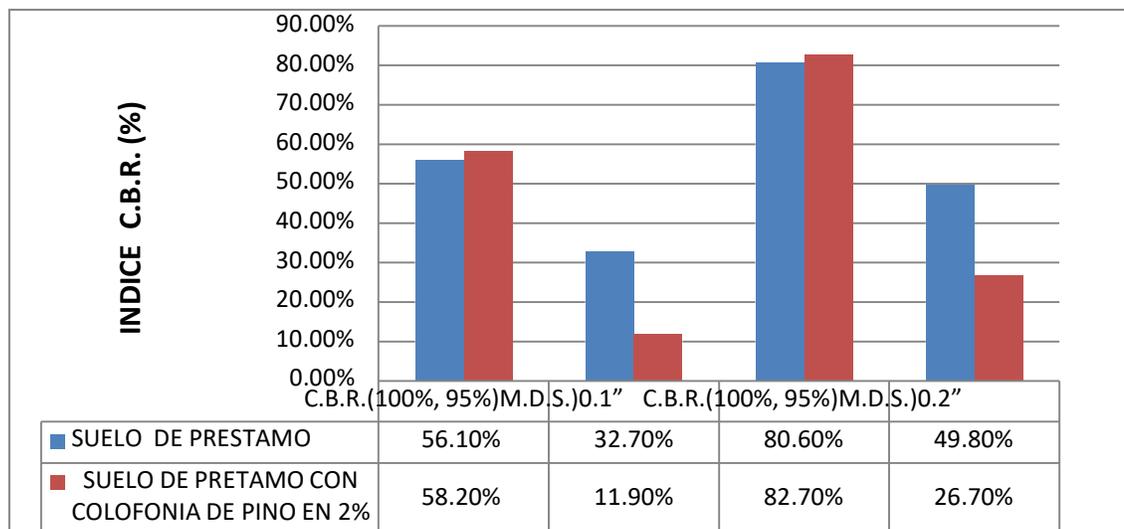
*C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de penetración*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO DE PRESTAMO	SUELO DE PRETAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 2%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	56.1%	58.2%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	32.7%	11.9%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	80.6%	82.7%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	49.8%	26.7%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Grafico 23**

Suelo de préstamo considerando 2% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

CBR. DE DISEÑO: 58.2%

El grafico n° 20 llego a las siguientes determinaciones: según especificaciones técnicas, CBR. De diseño para Sub base granular 11.90% mínimo requerido para base granular 82.70% mínimo requerido para trafico ligero a medio; para tráfico pesado 100% mínimo requerido.

#### 4.3.18. Resultados De CBR. Con 3% Para Suelo De Préstamo.

Las tablas siguientes No muestran los resultados del diseño de mezclas con la incorporación de colofonia de pino en un 3% donde

la Máxima densidad seca es de (gr/cm<sup>3</sup>): 2.227 y el Optimo Contenido de Humedad es de: 6.4 (%)

**Tabla 72**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes) MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	DE	SUELO DE PRESTAMO	DE	SUELO DE COLOFONIA DE PINO EN 3%	DE	PRESTAMO MAS
C.B.R. (0.1")	–	58.6		59.3		
56 GOLPES.						
C.B.R. (0.2")	–	83.7		80.7		
56 GOLPES.						
DENSIDAD SECA (GR/CC)		2.218		2.225		

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 73**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes) MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	DE	SUELO DE PRESTAMO	DE	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1")	–	56	37.6	32.3
GOLPES.				
C.B.R. (0.2")	–	56	57.6	47.8
GOLPES.				
DENSIDAD SECA (GR/CC)		2.130		2.119

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 74**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	DE	SUELO DE PRESTAMO	DE	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
C.B.R. (0.1")	–	56	23.6	17.1
GOLPES.				
C.B.R. (0.2")	–	56	34.8	25.8
GOLPES.				
DENSIDAD SECA (GR/CC)		2.035		1.991

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 75**  
Determinación de C.B.R.

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO DE PRESTAMO	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 3%
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.2075	2.2266
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.097	2.115

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

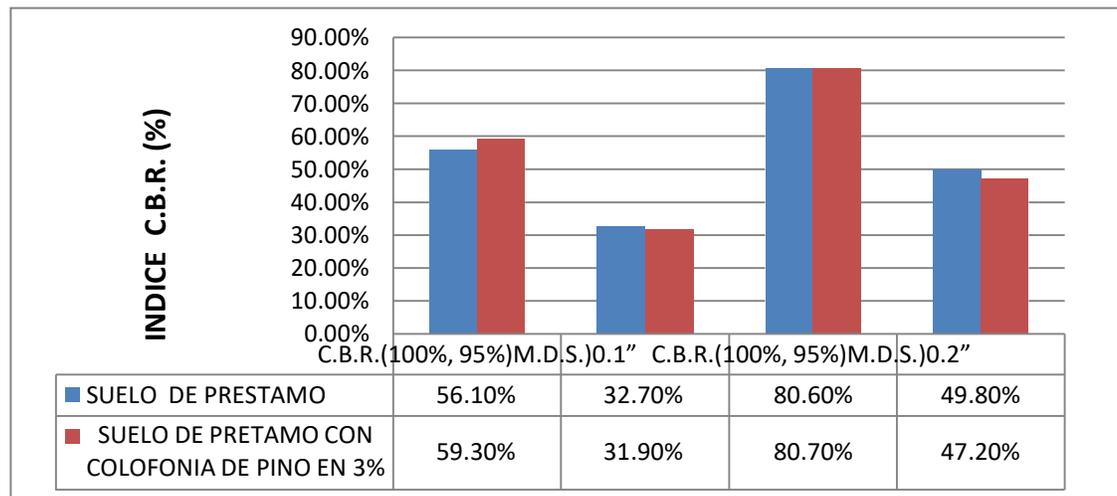
**Tabla 76**  
C.B.R. del 100% y 95% en 1" y 2" de Penetración

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO DE PRESTAMO	DE	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 3%	DE CON DE
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	56.1%		59.3%	
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	32.7%		31.9%	
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	80.6%		80.7%	
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	49.8%		47.2%	

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

### Gráfico 24

Suelo de préstamo considerando 3% de colofonia de pino mediante la prueba de C.B.R.



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

C.B.R. DE DISEÑO: 59.3%

El grafico n° 21 llego a las siguientes determinaciones: según especificaciones técnicas, CBR. De diseño para Sub base granular 31.90% mínimo requerido para base granular 80.70% mínimo requerido para trafico ligero a medio; para tráfico pesado 100% mínimo requerido.

#### 4.3.19. Resultados De CBR. Con 4% Para Suelo De Préstamo

Las presentes tablas siguientes muestran los resultados del diseño de mezclas sin incorporación de colofonia de pino

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.230

Optimo Contenido de Humedad : 6.3 (%)

##### **Tabla 77**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 56 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	DE SUELO DE PRESTAMO	SUELO DE PRESTAMO MAS COLOFONIA DE PINO EN 4 %
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	58.6	60.8
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	83.7	73.4
DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.218	2.229

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

##### **Tabla 78**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 25 golpes)  
MTC E 132.*

SUELOS DE ESTUDIO	DE SUELO DE PRESTAMO	DE SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 4%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	37.6	25.4
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	57.6	49.5
DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.130	2.123

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

##### **Tabla 79**

*Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R 10 golpes) MTC E 132.*

SUELOS DE	SUELO DE	SUELO DE PRESTAMOL
-----------	----------	--------------------

ESTUDIO	PRESTAMO	CON COLOFONIA DE PINO EN 4%
C.B.R. (0.1") – 56 GOLPES.	23.6	13.4
C.B.R. (0.2") – 56 GOLPES.	34.8	21.0
DENSIDAD SECA (GR/CC)	2.035	1.980

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 80**

*Determinación de C.B.R*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO DE PRESTAMO	SUELO DE PRESTAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 4%
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.2075	2.2303
95% De Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.097	2.119

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

**Tabla 81**

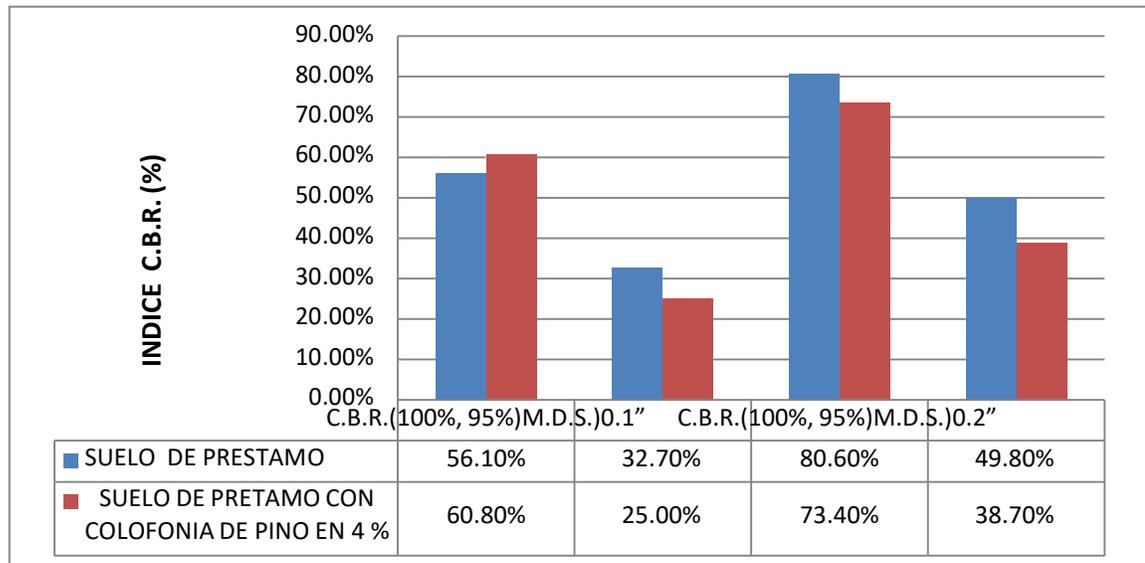
*C.B.R. del 100% y 95% en 1"y 2" de penetración*

SUELOS DE ESTUDIO	SUELO DE PRESTAMO	SUELO DE PRETAMO CON COLOFONIA DE PINO EN 4%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.1"	56.1%	60.8%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.1"	32.7%	25.0%
C.B.R.(100%M.D.S.)0.2"	80.6%	73.4%
C.B.R.(95%M.D.S.)0.2"	49.8%	38.7%

Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

### Grafico 25

SUELO DE PRESTAMO CONSIDERANDO 4% DE COLOFONIA DE PINO MEDIANTE LA PRUEBA DE C.B.R



Datos obtenidos en laboratorio (fuente: elaboración propia)

CBR. DE DISEÑO: 60.8%

El grafico n° 22 llego a las siguientes determinaciones: según especificaciones técnicas, CBR. De diseño para Sub base granular 25% mínimo requerido para base granular 73.40% mínimo requerido para trafico ligero a medio; para tráfico pesado 100% mínimo requerido.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

### 1. CONCLUSIÓN GENERAL:

El uso de colofonia de pino mejora la capacidad de resistencia de los DE ABRIL EN LA CIUDAD DE IZCUCHACA DE LA PROVINCIA DE ANTA REGION CUSCO

### 2. PRIMERA CONCLUSIÓN ESPECÍFICA:

El uso de colofonia de pino mejora la capacidad de resistencia del suelo natural en la sub rasante del pavimento.

### 3. SEGUNDA CONCLUSIÓN ESPECÍFICA:

El uso de colofonia de pino mejora la capacidad de resistencia del suelo de préstamo en la sub rasante del pavimento

### 4. CONCLUSIÓN DE RESULTADOS

Para cada suelo que se investigó se realizó una prueba de C.B.R. sin la incorporación de colofonia de pino y se obtuvieron los siguientes valores:

- Suelo natural C.B.R.(100%M.D.S.)0.1" = 15.7%
- Suelo de préstamo C.B.R.(100%M.D.S.)0.1" = 56%

Con la incorporación de colofonia de pino se obtuvo un incremento del C.B.R. para el suelo natural de la siguiente manera:

El suelo natural en un inicio el C.B.R. fue de 15.7% Con la incorporación de colofonia de pino en un 1% el C.B.R. se incrementó en un 7.4 %, Con la incorporación de colofonia de pino en un 2% el C.B.R. se incrementó en un 8.7 %, Con la incorporación de colofonia de pino en un 3% el C.B.R. se incrementó en un 9.3 %, Con la incorporación de colofonia de pino en un 4% el C.B.R. se incrementó en un 10.2 %.

Con la incorporación de colofonia de pino se obtuvo un incremento del C.B.R. para el suelo de préstamo de la siguiente manera:

El suelo natural en un inicio el C.B.R. fue de 56% Con la incorporación de colofonia de pino en un 1% el C.B.R. se incrementó en un 57.6 %, Con la incorporación de colofonia de pino en un 2% el C.B.R. se incrementó en un 58.2%, Con la incorporación de colofonia de pino en un 3% el C.B.R. se incrementó en un 59.3 %, Con la incorporación de colofonia de pino en un 4% el C.B.R. se incrementó en un 60.8%,

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mezclar la resina de Pino o ciprés solo con alcohol, hasta lograr que la resina se encuentre en estado molecular en el alcohol antes de mezclarlos con el suelo.
2. Se recomienda que el suelo estabilizado con resina de pino, no sea sometido de inmediato al tráfico vehicular, pues en laboratorio se encontró que cuanto mayor era el tiempo de secado del suelo estabilizado mayor era su resistencia.
3. Es recomendable el uso de la resina de pino para impermeabilizar bases de canales de riego, en las cimentaciones y bases de lagunas de oxidación, reservorios; para impermeabilizar presas de tierra; en los patios de viviendas, colegios, parques para evitar el lodo y el polvo.
4. No se recomienda utilizar la resina de pino con suelos orgánicos (turbas), debido a que neutralizan la acción de la resina.
5. Se recomienda tomar precauciones en el mezclado de la resina y el alcohol puesto que estos dos son inflamables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANTHONY, V. (2014). *EVALUACION DEL ESTADO FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA METODOLOGIA PCI. TRAMO QUICHUAY-INGENIO DEL KM 0+000 AL KM 1+00 2014*. TESIS, HUANCALLO, HUACALLO.
  
- Das, B. M. (2010). (M. A. Catellanos, Ed., & P. Pantoja Valdez , Trad.) Mexico, Mexico, Mexico: COPYRIGHT 2010.
  
- Das, B. M. (2010). *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica* (2 ed., Vol. 1). (P. P. Valdez, Ed., & J. d. Cerca, Trad.) Mexico, Mexico, Mexico: Miguel Angel Toledo Castellanos.
  
- Fabián, E., Alejandro, N., & Denia, S. (2010). *FACTORES DE LA CAL EN LA ESTABILIZACION DE RUB RAZANTES*. TESIS, UNIVERSIDAD SAN JOSE DE COSTA RICA , FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, COSTA RICA.
  
- GONZALES, A. (2012). *OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA COLOFONIA DE LA RESINA DE PINO OCOTE (Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl) A NIVEL LABORATORIO, QUE CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES PARA LA FORMULACIÓN DE BARNICES FLUORADOS*. TRABAJO DE INVESTIGACION , UNIVERSIDAD DE SANCARLOS DE GUATEMALA , GUATEMALA , GUATEMALA .
  
- JUAREZ BADILLO, R. R. (2011). *MECANICA DE SUELOS "fundamentos de la mecanica de suelos"* (TERCERA ed., Vol. UNO). (E. JUARES, Ed.)

MEXICO, MEXICO, MEXICO: EDITORIAL LIMUSA, S.A deC.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.

- Junco del Pino, J. M. (2011). *ditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras*. TRABAJO DE INFORMACION , Revista de Arquitectura e Ingeniería, Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, LA ABANA.
- M., C., & Cabana Valverede, M. A. (2017). *"Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico CAL a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria - Wilcahuain, Huaraz, 2017"*. TESIS, Universidad César Vallejo, INGENIERIA CIVIL, HUARAZ.
- QUIMINET.COM. (27 de SEPTIEMBRE de 2006). <https://www.quiminet.com/>. Recuperado el 27 de SEPTIEMBRE de 2006, de <https://www.quiminet.com/>.
- Quintana, H. A., & Iizcano, F. A. (2015). *Pavimentos Materiales, Construcción y Diseño* (primera ed., Vol. uno ). (H. A. Quintana, Ed.) Bogota Colombia, Bogota , Colombia : ECOE EDICIONES.
- Ugaz Palomino, R. M. (2006). *Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante*. TESIS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, FACULTAD DE ING. CIVIL, LIMA.

## **ANEXOS**

### **1. PANEL FOTOGRAFICO**

## A. ANALISIS GRANULOMETRICO



*Imágenes del tamizado de los materiales en estudio.*

## B. LIMITE PLASTICO Y LIMITE PLÁSTICO



*Imágenes del procedimiento de ensayo de límite plástico y límite líquido*

**C. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

*Imágenes de la determinación del contenido de humedad.*

**D. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

*Imágenes de la determinación del ensayo de portor modificado*

**E. ENSAYO DE CBR DE LAS MUESTRAS.**

*Imágenes de la determinación del CBR. En los ensayos*

### **3. ENSAYOS DE LABORATORIO**