

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL POLÍMERO SIKA  
DUST SEAL PE EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS,  
INTERSECCIÓN AV. SAN LUIS Y CUADRA 1- PALIAN-  
HUANCAYO 2017**

**Área de Investigación:** Transporte y Vías de Comunicación

**Línea de Investigación:** Transporte y Vías de Comunicación

**PRESENTADO POR:**

**Bach. DENIS CHRISTIAN SULLA DE LA CRUZ**

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

**HUANCAYO – PERÚ**

**2018**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**PRESIDENTE**  
**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**

---

**PRIMER JURADO**

---

**SEGUNDO JURADO**

---

**TERCER JURADO**

---

**SECRETARIO DOCENTE**  
**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**

ASESOR METODOLÓGICO: DR. BONILLA MANCILLA, HUMBERTO

ASESOR TEMÁTICO: ING. BULLÓN ROSAS, JUAN

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico a mis hijos, mi esposa que siempre me está apoyando en las metas que tengo, a mis padres que me forjaron los valores y la educación, así como el apoyo constante para ser un buen profesional y no podían faltar mis hermanos que están al pendiente de mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de la Institución Universidad Peruana Los Andes por haberme guiado en el camino y la formación como persona y profesional, así mismo a los docentes por los sabios y constantes consejos y así mismo por brindarme sus conocimientos para poder ser un gran profesional.

Agradecimiento especial a mis asesores Mg. Juan Bullón Rosas y Dr. Humberto Bonilla Mancilla por su apoyo y aportes de sus conocimientos en la elaboración de esta tesis.

A mis hermanos Rubén, Nelly, Elivel, Mirian y Javier quienes siempre me apoyaron, así como también me dieron fuerzas para seguir adelante en mis metas.

A mi esposa y mis hijos quienes son el motivo para seguir adelante y conseguir realizar mis metas.

Un único y gran agradecimiento a mis padres, quienes, con su constante apoyo, me dieron todo lo que necesitaba para la preparación de esta tesis, a todos os expreso gracias.

## Índice

RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	18
1.2 Delimitación de la investigación .....	18
1.2.1 Delimitación temporal .....	18
1.2.2 Delimitación espacial .....	18
1.3 Limitación .....	19
1.3.1 Limitación económica .....	19
1.3.2 Limitación tecnológica.....	19
1.4 Formulación del problema de investigación.....	19
1.4.1 Problema general.....	19
1.4.2 Problemas específicos.....	19
1.5 Justificación.....	19
1.5.1 Justificación Social.....	19
1.5.2 Justificación Metodológica .....	20
1.6 Objetivos.....	20
1.5.1 Objetivo general.....	20
1.5.2 Objetivos específicos .....	20
2. MARCO TEÓRICO .....	21
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	21
a) A nivel internacional: .....	21
b) A nivel nacional .....	21
2.2 Marco conceptual.....	22

2.2.1	Polímeros .....	22
2.2.2	Biopolímero .....	22
2.2.3	Impacto Ambiental del Biopolímero .....	22
2.2.4	Sika dust seal PE .....	23
2.2.4.1	Usos.....	24
2.2.4.2	Características del suelo después de su uso.....	24
2.2.4.3	Ventajas .....	25
2.2.4.4	Dosificación .....	26
2.2.4.5	Modo de aplicación.....	26
2.2.5	Componentes Peligrosos.....	27
2.2.6	Propiedades físicas químicas .....	27
2.2.7	Proyectos realizados con aditivo polimérico.....	27
2.2.8	Caminos no pavimentados .....	33
2.2.9	Estabilización del suelo.....	33
2.2.10	Propiedades físico mecánicas del suelo.....	33
2.2.11	Ensayos realizados para determinar las propiedades físico mecánicas del suelo .....	34
a)	Análisis granulométrico MTC E 107 .....	34
b)	Contenido de humedad de un suelo MTC E 108.....	35
c)	Determinación de límite líquido, límite plástico e índice MTC E 110 / MTC E 111.....	36
d)	Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada MTC E 115 (Proctor modificado) .....	39
e)	Ensayo CBR MTC E 132.....	44
2.3	Bases legales .....	48
2.4	Definición de términos básicos .....	48
2.5	Hipótesis.....	49

2.5.1	Hipótesis general .....	49
2.5.2	Hipótesis específicas .....	49
2.6	Variables.....	50
2.6.1	Operacionalización de las Variables.....	50
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	51
3.1	Método de la Investigación .....	51
3.2	Tipo de investigación.....	51
3.3	Nivel de la investigación.....	51
3.4	Diseño de la investigación.....	51
a)	Población.....	51
a)	Muestra.....	51
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	52
a)	Técnicas .....	52
b)	Instrumentos y herramientas.....	52
3.6	Procesamiento de la información.....	52
3.7	Técnicas y análisis de datos .....	52
4.	RESULTADOS .....	53
4.1	Estudio del suelo del terreno en estudio.....	53
4.1.1	Registro de excavación .....	53
4.1.2	Análisis granulométrico .....	56
4.1.3	Contenido de humedad .....	57
4.1.4	Límites de consistencia y clasificación sucs y aashto.....	57
4.1.5	Ensayo proctor.....	57
4.1.6	Ensayo CBR .....	58
4.2	Estudio de Trafico .....	60
4.2.1	Tránsito actual .....	60



4.2.2	Análisis de la demanda .....	61
4.2.3	Calculo del número de repeticiones de ejes equivalentes .....	63
4.3	Dimensionamiento del espesor de la capa de afirmado .....	64
4.4	Ensayos realizados al material de préstamo .....	65
4.4.1	Análisis granulométrico .....	65
4.4.2	Límites de consistencia y clasificación sucs y aashto.....	66
4.4.3	Ensayo proctor.....	67
4.4.4	Ensayo CBR .....	67
4.5	Dosificación optima aplicando el polímero sika dust seal PE .....	68
4.5.1	Densidad seca máxima y contenido de humedad optimo aplicando el polímero sika dust seal PE .....	68
4.5.2	C.B.R. aplicando el polímero sika dust seal PE .....	69
4.5.3	Muestra de la aplicación del polímero INSITU .....	70
4.6	Análisis económico .....	71
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	73
5.1	De la capacidad de soporte .....	73
5.2	De la dosificación óptima del polímero sika dust seal PE.....	74
5.3	De la incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE	75
	CONCLUSIONES .....	76
	RECOMENDACIONES.....	77
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
	Matriz de Consistencia.....	80
	ANEXOS .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Dosificación del producto .....	26
Tabla 02: Tamices de malla cuadrada.....	34
Tabla 03: Clasificación de suelos según Tamaño de partículas .....	35
Tabla 04: Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad .....	37
Tabla 05: Clasificación de suelos según Índice de Grupo .....	37
Tabla 06: Clasificación de suelos según Índice de Grupo .....	38
Tabla 07: Penetraciones a considerar en el ensayo .....	46
Tabla 08: Presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón .....	46
Tabla 09: Operacionalización de variables.....	50
Tabla 10: Coordenadas geográficas de las calicatas .....	53
Tabla 11: Resultado de Granulometría .....	56
Tabla 12: Contenido de porcentaje por material.....	56
Tabla 13: Contenido de humedad.....	57
Tabla 14: Clasificación de suelos.....	57
Tabla 15: Resultados del ensayo proctor.....	58
Tabla 16: Resultados de CBR.....	59
Tabla 17: Conteo de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo .....	60
Tabla 18: Índice medio anual vehicular .....	61
Tabla 19: Tráfico actual por tipo de vehículo.....	61
Tabla 20: Proyección del tráfico sin proyecto.....	62
Tabla 21: Proyección del tráfico con proyecto .....	62
Tabla 22: Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes.....	63
Tabla 23: Calculo del ESAL total.....	64
Tabla 24: Resultado de Granulometría .....	65

Tabla 25: Contenido de porcentaje por material.....	66
Tabla 26: Clasificación de suelos.....	66
Tabla 27: Resultados del ensayo proctor.....	67
Tabla 28: Resultados de CBR sin aditivo.....	67
Tabla 29: Resultados del ensayo proctor.....	68
Tabla 30: Resultados de CBR con aditivo.....	69
Tabla 31: Presupuesto sin la aplicación de aditivo.....	71
Tabla 32: Presupuesto con la aplicación de aditivo.....	72
Tabla 33: Presupuesto de mantenimiento a mediano plazo.....	72
Tabla 34: Comparativo de Resultados de CBR.....	73

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 01: polímero sika dust seal PE .....	24
Imagen 02: Estabilización de accesos a cantera privada .....	28
Imagen 03: Estabilización de finca privada .....	28
Imagen 04: Estabilización de accesos a finca privada .....	29
Imagen 05: Estabilización calles del municipio de Chia .....	29
Imagen 06: Estabilización paso peatonal Caldes D'estrac .....	30
Imagen 07: Estabilización de Playa en Magdalena del Mar .....	30
Imagen 08: Estabilización camino Republica Dominicana.....	31
Imagen 09: Estabilización entrada de camiones de gran tonelaje.....	31
Imagen 10: Estabilización camino en Yaguachi .....	32
Imagen 11: Estabilización de finca platanera .....	32
Imagen 12: Estabilización Parque Natural de Collserola .....	33
Imagen 13: Tamizado del material .....	35
Imagen 14: ensayo para el límite líquido .....	39
Imagen 15: compactación de material de calicata .....	43
Imagen 16: compactación de material préstamo .....	43
Imagen 17: CBR sin aditivo .....	47
Imagen 18: CBR con aditivo.....	47
Imagen 19: Penetración de la muestra.....	48
Imagen 20: Ubicación del proyecto .....	53
Imagen 21: Vista de la calicata C-1 .....	54
Imagen 22: Vista de la calicata C-2 .....	55
Imagen 23: Conteo vehicular .....	60
Imagen 24: 02 hora después de aplicado el polímero .....	70
Imagen 25: 06 días después de aplicado el polímero .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Registro de excavación de la calicata C-1 .....	54
Figura 2: Registro de excavación de la calicata C-2.....	55
Figura 3: Curva de compactación C1 .....	58
Figura 4: Curva de compactación C2 .....	58
Figura 5: (a) y (b) determinación del CBR al 100% y 95% de la DMS.....	60
Figura 6: Curva de compactación material de préstamo.....	67
Figura 7: determinación del CBR al 100% y 95% de la DMS.....	68
Figura 8: Dosificación óptima.....	69
Figura 9: Dosificación.....	73
Figura 10: Dosificación óptima.....	74

## RESUMEN

La presente tesis de investigación plantea como problema general ¿Cuál será el resultado de la evaluación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?, el objetivo general es Evaluar la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017 y la hipótesis que debe demostrarse es: “La aplicación del polímero Sika Dust Seal PE tiene relación directa con el nivel de conservación en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017”.

Para la presente investigación se utilizó una metodología científica, tipo aplicada, nivel explicativo - correlacional y diseño de experimental; la muestra fue no probabilística o intencionada.

Después de haber analizado los resultados llegamos a concluir que la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE tiene relación directa con el nivel de conservación en caminos no pavimentados, puesto que, al aumentar la capacidad de soporte y la densidad máxima seca, aumenta la durabilidad, cohesión, menor desgaste por erosión a causa de las lluvias y todas estas ventajas del polímero proporcionan confort al conductor.

Palabras claves: Polímero Sika Dust Seal PE, caminos no pavimentados, conservación y capacidad de soporte.

## ABSTRACT

The present research test raises as a general problem. Sika Dust Seal PE on unpaved roads, intersection. San Luis and Cuadra 1 - Palian - Huancayo 2017?, The general objective is to evaluate the application of Sika Dust Seal PE polymer on unpaved roads, intersection av. San Luis and Cuadra 1 - Palian - Huancayo 2017 and the hypothesis that must be demonstrated is: "The Sika Dust Seal PE polymer application is directly related to the conservation level on unpaved roads, intersection Av. San Luis and Cuadra 1 - Palian - Huancayo 2017 ".

For the present investigation, a scientific methodology was used, applied type, explanatory - correlational level and experimental design; the sample was not probabilistic or intentional.

Sika Dust Seal PE is directly related to the level of conservation on unpaved roads, since, by increasing the support capacity and the maximum dry density, durability, cohesion, less erosion due to rain and all these advantages of the polymer.

Keywords: Sika Dust Seal PE polymer, unpaved roads, conservation and support capacity.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a analizar resultado de la evaluación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.

La característica principal del suelo del camino no pavimentado es que presenta una alta plasticidad con mayor proporción de arena y materiales finos, así como también una capacidad de soporte (CBR) baja.

Para analizar esta problemática es necesario conocer sus propiedades físico mecánicas del suelo sin la adición del polímero, para lo cual se realizaron ensayos en laboratorio de mecánica de suelos. Seguidamente se aumentó progresivamente el polímero para observar cómo se comportó para las distintas dosificaciones y así evaluar cómo influye en el suelo del camino no pavimentado.

En la investigación se presenta cinco secciones:

En la primera sección, se realizó el esbozo del problema donde se puede apreciar la problemática, delimitación de la investigación, objetivos, justificación.

Segunda sección, se desarrolló los antecedentes nacionales e internacionales, marco conceptual y así también la formulación de la hipótesis; los que se constatan en las conclusiones de la investigación.

Tercer capítulo, se realizó la metodología de la investigación en el cual se describe el método, tipo, nivel y diseño de la investigación; asimismo se describe la población y muestra, técnicas de recolección y análisis de datos.

Cuarto capítulo, se desarrolló los resultados, en este capítulo se detalla los resultados para los diferentes ensayos realizados como son la granulometría, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, ensayo proctor y ensayo para la determinación de la capacidad portante, estudio de tráfico y dosificación del polímero.

Quinto capítulo, discusión de resultados de la investigación, sobre la influencia del polímero en la capacidad de soporte del material, cálculo de la dosificación óptima y la influencia del costo de la aplicación del polímero.



Finalmente se describe las conclusiones y recomendaciones de acuerdo al análisis de resultados, así también se adjunta los resultados de las pruebas de laboratorio.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En la actualidad la construcción de obras viales son los principales proyectos actividades de mayor en la ejecución de proyectos de infraestructura y evidentemente es la que contribuye de modo más eficiente en la mejora de calidad de vida de la ciudad.

Los caminos no pavimentados en nuestro país son un 85.6% del total de la red vial, los caminos y carreteras favorecen y mejoran el comercio y la producción agrícola e industrial en todo el mundo. Por consiguiente es muy importante una correcta construcción y mejoramiento de estas vías; actualmente en la ciudad de Huancayo existen muchos caminos sin pavimentar en su mayoría caminos de tierra y afirmados, generalmente en mal estado; con la superficie erosionada, emisiones de polvo y charcos de agua en la Urbanización Magisterial Sol de los Andes, Anexo de Palian, distrito y provincia de Huancayo existe este problema, donde los vecinos de esta zona son afectados el mal estado, emisión de polvos de este tipo de caminos en ese sentido es necesario realizar una mejora de estos caminos.

### **1.2 Delimitación de la investigación**

#### **1.2.1 Delimitación temporal**

El objeto de la investigación tomó como punto de partida el mes de agosto hasta diciembre del 2017, por considerar ser un periodo que permitirá establecer los objetivos planteados.

#### **1.2.2 Delimitación espacial**

La investigación se realizó en la intersección de la Av. San Luis y Cuadra 1- Palian- Huancayo 2017.

El grupo social objeto son los pobladores del anexo de Palian de la Provincia de Huancayo.

### **1.3 Limitación**

#### **1.3.1 Limitación económica**

Debido a que el producto solo sale a la venta por cilindros, se investigó con una cantidad limitada que la empresa otorga gratuitamente para fines de investigación.

#### **1.3.2 Limitación tecnológica**

Visto que la ciudad de Huancayo no existe laboratorios de suelos certificado por la INACAL, se tuvo que realizar los ensayos en laboratorios no certificados.

### **1.4 Formulación del problema de investigación**

#### **1.4.1 Problema general**

¿Cuál será el resultado de la evaluación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?

#### **1.4.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cuánto influye el polímero Sika Dust Seal PE en la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?
- b) ¿Cómo influye la dosificación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?
- c) ¿Cuál es la incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?

### **1.5 Justificación**

#### **1.5.1 Justificación Social**

El presente estudio, busca determinar el impacto que tendría en la sociedad el empleo del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados y así se

pretende resolver problemas que aquejan a la sociedad como son: la contaminación por emisión de polvo, formación de charcos de barro y erosión del suelo.

### **1.5.2 Justificación Metodológica**

Se hizo uso de la metodología de recolección de datos, procesamiento de información y análisis con un producto que no se usó aún en la ciudad de Huancayo y que puedan servir para otras investigaciones similares.

## **1.6 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- a) Analizar cuánto influye el polímero Sika Dust Seal PE en la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.
- b) Determinar la influencia de la dosificación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.
- c) Analizar la incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del estudio de investigación**

#### **a) A nivel internacional:**

Aguilar et. al (2015) en su investigación titulada “Revisión del Estado del Arte del uso de Polímeros en la Estabilización de Suelos de la Universidad Santo Tomás de Bogotá” llegan a las siguientes conclusiones:

“El mayor porcentaje de suelos en Bogotá está variado por arcillas, se puede aumentar el uso de SS299 (polímero líquido investigado en Malasia usado en suelos arcillosos) para la estabilización de las carreteras, puesto que muestra grandes mejorías tales como: aumento en la resistencia, permeabilidad, evita asentamientos y erosión”.

“Para acentuar, el empleo de Base Seal en una vía secundaria de Bogotá Colombia, ubicada en la Calle 106 entre Carreteras 15 y 7, pavimentada en el 2007 se vio que en año 2015 presentó desperfecto con fallas reducidas referidas a la capa de rodadura, lo que nos comprueba que después de siete años, la estabilización con el polímero resultó ser eficaz y viable”.

#### **b) A nivel nacional**

Ramos (2014) en su investigación titulada “Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante Mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014 de la Universidad Nacional del centro del Perú” llega a la siguiente conclusión:

“Con la añadidura de polímeros reciclados, conseguidos de las botellas descartables PET, se logra mejorar las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante, el suelo ensayado muestra gran presencia de arcillas, estando su granulometría muy fina y falta de partículas de mayor diámetro que son muy trascendentales para una buena capacidad portante, razón por la cual al agregar los polímeros reciclados al 1.5% del peso seco del suelo, con dimensiones entre 5 y 10 mm de forma rectangular, se estima un incremento porcentual en promedio del CBR en 26% debido a que las botellas

descartables es un material tenaz y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia”.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Polímeros**

“Son macromoléculas (habitualmente orgánicas) hechas por la asociación mediante enlaces covalentes de una o más componentes simples llamadas monómeros. Estos constituyen largas cadenas que se sueldan entre sí por fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas. Los polímeros tienen excelsas aglomeraciones moleculares”. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Polímero>.

### **2.2.2 Biopolímero**

“Los biopolímeros son macromoléculas localizadas en los seres vivos. Un concepto de los propios los menciona como materiales poliméricos o macromoleculares sintetizados por los seres vivos. Asimismo, a raíz de nuevas métodos médicos como la ingeniería de tejidos, como biopolímeros siempre se incluyen materiales sintéticos con la peculiaridad de ser biocompatibles con el ser vivo”.

“De entre los biopolímeros los referentes a la naciente categorización, están tres primordiales familias: proteínas (fibroínas, globulinas, etc), polisacáridos (celulosa, alginatos, etc) y ácidos nucleicos (ADN, ARN, etc), del mismo modo otros más singulares como los politerpenos, entre los que se contiene el caucho natural, los polifenoles (como la lignina) o unos poliésteres como los polihidroxicanoatos nacidos por algunas bacterias”.

“El biopolímero más cuantiosa en la tierra es la celulosa. Distintos biopolímeros abundantes son la quitina”, (en los exoesqueletos de arácnidos, crustáceos e insectos). Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Biopolímero>.

### **2.2.3 Impacto Ambiental del Biopolímero**

“Los biopolímeros logran ser sostenibles debido a que el carbono neutral es

constantemente renovable, y están derivados de materiales originarios de plantas que pueden ser cultivadas en forma duradera. Estos materiales vegetales proceden de cultivos agrícolas no alimenticios. Consecuentemente, el uso de biopolímeros tiende a establecer una industria sostenible, en contraste con las materias primas derivados de polímeros nacidos de petroquímicos. Además, los biopolímeros poseen el potencial de dominar las emisiones de carbono y reducir las cantidades de CO<sub>2</sub> en la atmósfera: esto es debido a que el dióxido de carbono liberado cuando se degrada logran ser reabsorbido por cultivos”. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Biopolímero>.

Estabilizadores de suelo no líquidos como la Cal y el cemento tienden a ser extremadamente polvorientos y perjudicial para el equipo, vegetación, animales y personas. Además, otros estabilizantes líquidos, tales como ácido sulfúrico, son corrosivos y muy peligrosos. En comparación, los resultados de pruebas independientes de Sika Dust Seal PE demuestran que es menos contaminante. Su composición química realmente previene la corrosión de los equipos y no supone ningún peligro para las tripulaciones de carretera. Sika Dust Seal PE no requiere ningún procedimiento especial, ropa o manipulación. Se aplica fácilmente con equipo de construcción de carretera común. Sika Dust Seal no contiene ácidos, ni materiales explosivos.

#### **2.2.4 Sika dust seal PE**

“Es un mezclado a base a biopolímeros de origen natural con estupendas características aglomerantes consignadas al control de polvo en caminos no pavimentados y otras áreas sujetas a manifestación de material particulado. Sika Dust Seal PE ostenta además participaciones para estabilizar suelos originando una superficie resistente y durable, Sika Dust Seal PE logra ser usado en taludes y como defensa frente a la erosión en zonas rurales y desérticas” (Sika Perú S.A., 2014).



**Imagen 01:** polímero sika dust seal PE

#### **2.2.4.1 Usos**

“Sika Dust Seal PE tiene un diverso rango de aplicaciones pudiendo ser usado en caminos de tierra y grava, mejoramiento de caminos no pavimentados tanto rurales (suelos) como desérticos (arenas), taludes y pilas de almacenamiento; y transporte de material en camiones o ferrocarril”. (Sika Perú S.A., 2014).

#### **2.2.4.2 Características del suelo después de su uso**

“Forma una superficie compacta y firmemente aglomerada, mejorando la tracción, confort y seguridad de los vehículos que la transitan”.

- “Aglomera las partículas eliminando las nubes de polvo, optimizando drásticamente los entornos de seguridad debido a mayor claridad en la visión del conductor y deducción de emisiones de material particulado potencialmente perjudicial a los hombres y la comunidad”.
- “Extiende la utilidad del agua por área tratada y reduce la frecuencia de aplicación, disminuyendo el gasto total de agua y el uso de equipos, combustible y personal para el control de polvo en la actividad”.



- “Reduce costos de mantención de maquinarias restando el perjuicio inducido por la contaminación por polvo”.
- “Aumenta la capacidad de soporte de cualquier tipo de suelos en climas secos o húmedos, reduciendo el gasto de combustible y deterioro de neumáticos de los automóviles”.
- “Reduce los peligros de proyección de los áridos desprendidos por aglomeración de éstos en el suelo del camino con una superficie dura resistente al deslizamiento, restando ocurrencias de impacto en individuos, parabrisas y equipos”.
- “Reduce la permeabilidad del camino disminuyendo la formación de charcos y barro, optimizando la seguridad en el manejo y reduciendo costos de mantención”.
- “Recorta la pérdida de material importante desde fuentes de almacenamiento o contenedores abiertos sujetos a la acción del viento”.
- “Los caminos tratados con Sika Dust Seal PE logran ser usados seguidamente después su aplicación, consintiendo máxima disponibilidad del camino y pequeña variación del tráfico”.
- “Consigue ser aplicado fácil y económico con las mismas maquinarias usadas en la mantención habitual de caminos”. (Sika Perú S.A., 2014).

#### **2.2.4.3 Ventajas**

- “Ahorro financiero y ecológico, al no ser imprescindible agua ni para humedecer ni para combinar con el aditivo, se aplica directamente”.
- “Reduce los males provocados por la emisión de polvo en el aire y mejora la calidad de vida de los hombres afectados”.
- “Logra llegar a ser efectivo durante 2 años independientemente de las condiciones meteorológicas, en condiciones extremas puede llegar a ser necesaria una segunda aplicación”.
- “Es seguro para el medioambiente ya que sus elementos son un micronutriente fundamental para cualquier organismo”.
- “No es preciso cerrar la ruta al tráfico, el efecto es inmediato”. (Sika Perú S.A., 2014).

#### 2.2.4.4 Dosificación

**Tabla 01**

*Dosificación del producto para un espesor de 80 mm.*

Clasificación del suelo	Aplicación (litros/m <sup>2</sup> )	Aplicación de mantenimiento (litros/m <sup>2</sup> )
Supresión de polvo	0.50 - 0.80	0.25 - 0.40
Estabilización de suelo	0.80 - 1.60 (10 – 20 L/m <sup>3</sup> )	0.30 - 0.50

Fuente: Sika Perú S.A.C.

#### 2.2.4.5 Modo de aplicación

“Mueva las irregularidades y depresiones de la vía, soltando el material de la superficie a la hondura querida de penetración. Unos caminos pueden trabajarse más cómodamente si se efectúa una aplicación de Sika Dust Seal PE antes de la inicial nivelación”.

“Con motoniveladora revuelva la mayor porción del material suelto constituyendo hileras a ambos parajes del camino para prevenir desgastes de Sika Dust Seal PE y asegurar una penetración análoga dentro del substrato”.

“En seguida aplique Sika Dust Seal PE mediante pulverización a partir de un camión aljibe dispuesto apropiadamente para la maniobra. La cantidad de aplicación puede regularse vía caudal de bombeo o velocidad del camión empleando maquinarias de alimentación por gravedad. Además pueden utilizarse métodos de dosificación presurizados. Sika Dust Seal PE debe ser totalmente mezclado con el suelo”. Los siguientes pasos son usualmente usados para certificar un buen mezclado:

“Aplicar por spray entre las hileras 1/3 a 1/2 del integral de Sika Dust Seal PE descrito para el procedimiento”.

“Trasladar las hileras hacia el eje, extendiéndolas uniformemente”.

“Aplicar por spray encima de la superficie cerca de 1/3 del producto. Almacenar el saldo del producto para el tratamiento de la última etapa de la superficie”.

“En seguida de dar nivelación terminante, aplique Sika Dust Seal PE envolviendo el integral de superficie mostrada. Aplique una cantidad definida de producto si el suelo está húmedo, evitando la demasía de plasticidad de la superficie”.

“El paso concluyente es la compactación. Resultados recomendables se han logrado empleando rodillos de neumáticos múltiples, empero, resultados satisfactorios se logran con la compactación incitada por el tráfico. La compactación debe hacerse antes que Sika Dust Seal PE seque, es decir, cuando el material del camino tiene aún muestras de plasticidad”. (Sika Perú S.A., 2014).

### **2.2.5 Componentes Peligrosos**

No contiene ingredientes los cuales, dentro del actual conocimiento y concentración presente, puedan ser clasificados como riesgosos para la salud o el medioambiente, y que requieran identificarse.

### **2.2.6 Propiedades físicas químicas**

- Se presenta en estado líquido.
- Tiene un color pardo oscuro.
- Con un punto de ebullición de 100° C.
- Punto de inflamación: No aplicable, Producto base acuosa
- Temperatura auto inflamación: No aplicable, Producto base acuosa
- La densidad varia de 1.17 – 1.19 g/cm<sup>3</sup> a una temeperatura de 20° C.
- Es soluble en el agua.
- El PH varía de 4 a 6 e a una temperatura de 20° C.

### **2.2.7 Proyectos realizados con aditivo polimérico**

Corpi seal es un aditivo polimérico estabilizador de todo tipo de terrenos además de ayudar a controlar el polvo y la erosión, con características similares al aditivo Sika dust seal PE, el aditivo Corpi seal fue utilizado en diferentes proyectos a nivel mundial los cuales mencionamos a continuación:

En junio del 2012 en la ciudad de Gerona – España se estabilizo una losa de 20cm de espesor de acceso de zahorra a una cantera privada.



**Imagen 02:** Estabilización de accesos a cantera privada

En setiembre del 2012 en Alicante – España se estabilizo para una losa de 15 cm de grosor de una finca, tanto en la entrada con en el interior a fin de eliminar el polvo y el barro en las distintas épocas del año.



**Imagen 03:** Estabilización de finca privada

En noviembre del 2012 en Huesca – España se estabilizo una losa de 20 cm de espesor para el paso continuo de camiones a la entrada y salida de la finca.



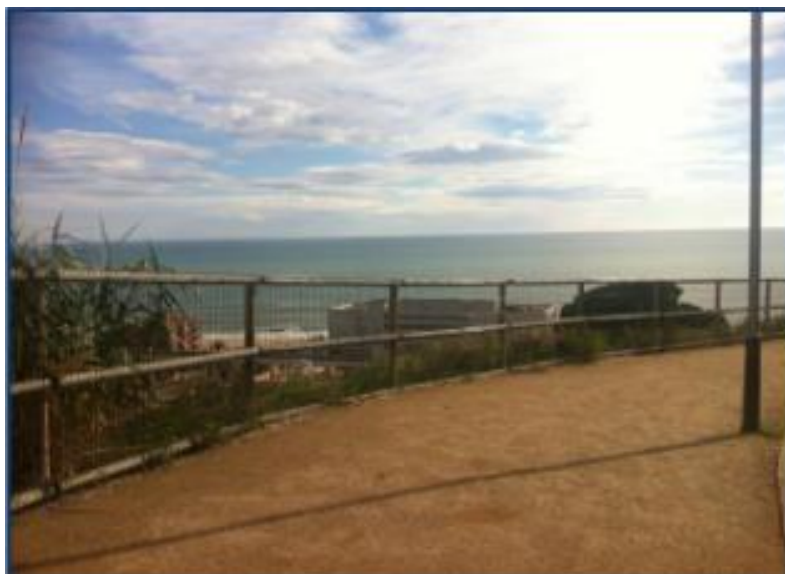
**Imagen 04:** Estabilización de accesos a finca privada

En enero del 2013 en Chia – Colombia se estabilizó las calles del municipio de que sufría los problemas habituales de polvo y barro.



**Imagen 05:** Estabilización calles del municipio de Chia

En junio del 2013 en Barcelona – España se estabilizó el paseo peatonal de una losa de 15 cm de grosor con el fin de mantener el entorno visual natural.



**Imagen 06:** Estabilización paso peatonal Caldes D'estrac

En mayo del 2014 en Lima – Perú se estabilizo una losa de 20cm de arena de playa en la Playa Magdalena del Mar.



**Imagen 07:** Estabilización de Playa en Magdalena del Mar

En junio del 2014 en Pedro Santana – Republica Dominicana se estabilizo una losa de 20cm de espesor en el Km 14 de camino en Rio Limpio.



**Imagen 08:** Estabilización camino Republica Dominicana

En junio del 2014 en Perú se estabilizo una losa de 25cm de espesor en camino de entrada de camiones de gran tonelaje.



**Imagen 09:** Estabilización entrada de camiones de gran tonelaje

En agosto del 2014 en Yaguachi – Guayas – Ecuador se estabilizo una losa de 20cm de espesor en camino de tránsito.



**Imagen 10:** Estabilización camino en Yaguachi

En febrero del 2015 en las Palmas de la Gran Canaria – España – Ecuador se estabilizo una losa de 20cm de espesor en la entrada de una finca platanera para la recogida de la fruta.



**Imagen 11:** Estabilización de finca platanera

En octubre del 2015 en Barcelona – España – Ecuador se estabilizo el camino en el Parque Natural de Collserola, Papiol con el fin de mejorar la resistencia, y eliminar el polvo y barro.





**Imagen 12:** Estabilización Parque Natural de Collserola

### **2.2.8 Caminos no pavimentados**

“Es una Franja longitudinal del terreno dispuesta para su uso por vehículos, donde la superficie de rodadura es el terreno natural, nivelado y compactado mediante el uso de herramientas o maquinarias simples, destinado para la comunicación entre poblaciones o chacras” (Manual de Caminos no Pavimentados, 2005).

### **2.2.9 Estabilización del suelo**

La estabilización es el proceso de combinar o mezclar materiales con el suelo para mejorar sus propiedades.

El principal objetivo de la estabilización es acrecentar la resistencia mecánica, formando un suelo que presente mayor unión entre partículas y certificando que los entornos de humedad del suelo se alteren dentro de los rangos apropiados. Con esto se consiguen tres objetivos significativos: apropiada estabilidad ante las cargas, durabilidad de la capa y una diversificación volumétrica pequeña.

### **2.2.10 Propiedades físico mecánicas del suelo**

“Las propiedades físico mecánicas de los suelos, establecen en gran medida la capacidad de varios de los usos a los que la persona los sujeta. La circunstancia

de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sustento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de acumulación de agua, la plasticidad, y la conservación de nutrientes. Se considera preciso para el hombre involucrados en el uso de la tierra, saber las propiedades del suelo, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a cambiarlas, y comprender la necesidad de mantener las excelentes situaciones físico mecánicas del suelo posibles”. Rucks et al. (2004)

### 2.2.11 Ensayos realizados para determinar las propiedades físico mecánicas del suelo

#### a) Análisis granulométrico MTC E 107

“El ensayo reside en establecer cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo, así como los porcentajes de suelo que pasan por los diferentes mallas de la sucesión utilizada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200)”.

“Preliminarmente se entabló con el cuarteo de la muestra, para luego transportar al horno y secarla, después se lava la muestra en el tamiz Nº 200 para tornar a secarla”.

“Se esparce la muestra en los tamices, para zarandearlo teniendo atención de que no se hallen partículas aferradas en el tamiz que no le pertenezca, luego se pesa la muestra retenida en cada tamiz, para posteriormente conjeturar el porcentaje retenido y porcentaje que pasa por cada malla”. (MTC, 2000).

**Tabla 02**  
“Tamices de malla cuadrada”

Tamices	Abertura (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 ½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.000
⅜"	9.500
Nº 4	4.760
Nº 10	2.000

N° 20	0.840
N° 40	0.425
N° 60	0.260
N° 140	0.106
N° 200	0.075

Fuente: MTC 2014

En la tabla 03 se muestra la clasificación de suelos según el tamaño de las partículas.

**Tabla 03**

*Clasificación de suelos según Tamaño de partículas*

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

Fuente: MTC 2014



**Imagen 13:** Tamizado del material

### **b) Contenido de humedad de un suelo MTC E 108**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las

partículas sólidas.

Con este modo operativo se determinó el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

La fórmula utilizada para calcular este porcentaje es la siguiente:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Donde

$W_w$ : es el peso de agua presente en la masa de suelos y

$W_s$ : es el peso de los sólidos en el suelo

El contenido de humedad nos da una referencia para saber si es mayor o menor del contenido óptimo para poder compactar.

### **c) Determinación de límite líquido, límite plástico e índice MTC E 110 / MTC E 111**

“Límite líquido es el contenido de humedad, señalado en porcentaje, para el cual el suelo se encuentra en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se destina como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una masa de suelo se cierra a lo largo de su base en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo”.

“Se designa límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que se logran constituir barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, girando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se destruyan. El índice plástico se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y plástico, mostrando la diferenciación de la plasticidad del suelo. Los límites de Atterberg nos admiten clasificar e identificar los suelos”. (MTC, 2000).

**Tabla 04**  
*Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad*

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

Fuente: MTC 2014

Los suelos serán definidos y catalogados de acuerdo a la metodología para construcción de vías, la clasificación se confeccionará necesariamente por AASHTO y SUCS.

En seguida, se muestra una afinidad de los dos sistemas de clasificación más divulgados, AASHTO y ASTM (SUCS).

**Tabla 05**  
*Clasificación de suelos según Índice de Grupo*

“Clasificación de Suelos AASHTO” AASHTO M-145	“Clasificación de Suelos SUCS” ASTM –D-2487
“A-1-a”	“GW, GP, GM, SW, SP, SM”
“A-1-b”	“GM, GP, SM, SP”
“A – 2”	“GM, GC, SM, SC”
“A – 3”	“SP”
“A – 4”	“CL, ML”
“A – 5”	“ML, MH, CH”
“A – 6”	“CL, CH”
“A – 7”	“OH, MH, CH”

Fuente: US Army Corps of Engineers, Citado por el MTC 2014

**Índice de Grupo:** “Es un índice regulado por AASHTO de uso normal para clasificar suelos, está fundado en gran parte en los límites de Atterberg” (MTC, 2000). El índice de grupo de un suelo se precisa mediante la fórmula:

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

“a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Indicado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40”.

“b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Indicado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40”.

“c = LL – 40 (LL = límite líquido). Indicado por un número entero comprendido entre 0 y 20”.

“d = IP-10 (IP = índice plástico). Indicado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más”.

“El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero figura un suelo muy bueno y un índice  $\geq$  a 20, un suelo no servible para caminos” (MTC, 2000).

**Tabla 06**

*Clasificación de suelos según Índice de Grupo*

<b>Índice de Grupo</b>	<b>Suelo</b>
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

Fuente: MTC 2014



**Imagen 14:** ensayo para el límite líquido

**d) Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada MTC E 115 (Proctor modificado)**

“El fin del ensayo es establecer el contenido de humedad para el cual el suelo logra su máxima densidad seca”.

“Se debe desarrollar un procedimiento de ensayo para establecer la correlación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado con una energía de compactación definida”. (MTC, 2000).

Según la gradación de las partículas se usa uno de los métodos que se especifican a continuación.

**Método "A"**

- “Molde de 4 pulg. de diámetro (101,6mm)”.
- “El material que se utiliza es el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm)”.
- “5 capas”.
- “25 golpes por capa”.
- “Se emplea cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm)”.

**Método "B"**

- “Molde de 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro”.
- “Se utiliza el material que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm)”.
- “5 capas”.
- “25 golpes por capa”.
- “Se utiliza cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm)”.

**Método "C"**

- “Molde de 6 pulg. (152,4mm) de diámetro”.
- “Se utiliza el material que pasa por el tamiz  $\frac{3}{4}$  pulg (19,0 mm)”.
- “5 capas”.
- “25 golpes por Capa”.
- “Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz  $\frac{3}{4}$  pulg (19,0 mm)”.

**Muestra**

“La masa requerida para el Método A y B es cerca de 16 kg (35 lbm) y para el Método C es alrededor de 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe poseer un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente”. (MTC, 2000).

**Procedimiento**

“Método de Preparación Húmeda (Preferido): Sin secado primero de la muestra, pásela a través del tamiz N° 4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó  $\frac{3}{4}$  pulg (19,0 mm), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Establezca el contenido de agua del suelo procesado”.

“Disponga mínimo cuatro (preferiblemente cinco) muestras con contenidos de agua de modo que éstos posean un contenido de agua lo más próximo al óptimo querido. Un espécimen que posee un contenido de humedad próximo al óptimo habrá que ser dispuesto primero, por adiciones de agua y mezcla. Elegir los contenidos de agua para el saldo de los especímenes de tal forma que reflejen por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al comprendido



óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es forzoso dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para precisar puntualmente la curva de compactación. Unos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana solicitan grandes aumentos de contenido de agua para lograr un Peso Unitario Seco Máximo bien determinado. Los aumentos de contenido de agua no excederán de 4%”.

“Emplear cerca de 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta usando el Métodos A ó B; ó 13 lbm (5,9 kg) cuando se utilice el Método C. Para lograr los contenidos de agua del espécimen, aumente o agite las cantidades pretendidas de agua de la siguiente forma: Aumente poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para extraer el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Combinar el suelo progresivamente durante el proceso de secado para conservar la repartición del agua en todas partes y en seguida instálelo separadamente en un contenedor con tapa. Para elegir un período de espera, el suelo debe ser clasificado ó elegido mediante la técnica de ensayo ASTM D-2488 o mediante datos de otras muestras de igual material de origen”.

“Determine el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado. Plotee los valores y grafique la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos. Plotee el Peso Unitario Seco con acercamiento 0,1 lbf /pie<sup>3</sup> (0,2 kN/m<sup>3</sup>) y contenido de agua cercano a 0,1%. En referencia a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado fue extraído de la muestra, determinar el máximo Peso Específico y óptimo contenido de Humedad mejorado del material total utilizando la Norma ASTM D4718”. (MTC, 2000).

**Peso Unitario Seco.** - Determinar la densidad húmeda (Ec 1), la densidad seca (Ec 2) y luego el Peso Unitario Seco (Ec 3) como sigue:

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000 * V} \quad (1)$$

donde:

$\rho_m$  = "Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)".

$M_t$  = "Masa del espécimen húmedo y molde (kg)".

$M_{md}$  = "Masa del molde de compactación (kg)".

$V$  = "Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>)".

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}} \quad (2)$$

donde:

$\rho_d$  = "Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)".

$w$  = "Contenido de agua (%)".

$$\gamma_d = 62,43 \text{ pd en lbf/ft}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 9,807 \text{ pd en kN/m}^3$$

donde:

$\gamma_d$  = "Peso unitario seco del espécimen compactado".

En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, elija los valores convenientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

donde:

$W_{sat}$  = "Contenido de agua para una saturación completa (%)".

$\gamma_w$  = "Peso unitario del agua 62,43 lbf/ pie<sup>3</sup> ó (9,807kN/m<sup>3</sup>)".

$\gamma_d$  = "Peso unitario seco del suelo".

$G_s$  = "Gravedad específica del suelo".



**Imagen 15:** compactación de material de calicata



**Imagen 16:** compactación de material préstamo

### **e) Ensayo CBR MTC E 132**

“El propósito es establecer de un índice de resistencia de los suelos designado valor de la relación de soporte, que es muy llamado, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se efectúa regularmente sobre suelo dispuesto en el laboratorio en situaciones explícitas de humedad y densidad; pero igualmente puede maniobrarse en forma similar sobre muestras inalteradas tomadas del terreno”. (MTC, 2000).

#### **Procedimientos**

##### **Fase de la compactación**

“Se requiere 5 kg de suelo por cada molde CBR. Se establece la humedad óptima y la densidad máxima por intermedio del ensayo de Proctor”.

“Se establece la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108. Destacada la humedad natural del suelo, se le aumenta la cantidad de agua que le falte para lograr la humedad fijada para el ensayo”.

“Se pesa el molde con su base, se instala el collar y el disco espaciador y, sobre éste un disco de papel de filtro grueso de igual diámetro”.

“Una vez dispuesto el molde, se compacta el espécimen empleando en cada molde la proporción de agua y la energía necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad ansiadas”.

“El ensayo se efectúa dando 56, 25 y 10 golpes por capa y con contenido de agua adecuado a la óptima”.

“Para suelos cohesivos importa revelar su conducta sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se realizan para 56, 25 y 10 golpes por capa, con distintas humedades, con el fin de conseguir una familia de curvas que exponen la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte. Si el espécimen se va a sumergir, se adquiere una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se combinan y se establece la humedad del Suelo. Si la muestra no va a ser sumergida, la fracción de material para fijar la humedad se adquiere del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, posteriormente del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se extrae del molde y se quiebra por la mitad”.

“Acabada la compactación, se saca el collar y se nivela el espécimen por medio de un enrasador. Se desmantela el molde y se vuelve a acoplar inverso, sin disco espaciador, instalando un papel filtro entre el molde y la base”. (MTC, 2000).

### **Inmersión**

“En el molde inverso se instala la placa perforada con vástago y encima de ésta, los anillos obligatorios para cumplir una sobrecarga. En ningún caso, la sobrecarga total será menos de 4,54 kg (10 lb)”.

“Se adquiere la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los orillas del molde. Seguidamente, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga instalada dejando libre paso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se conserva la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días)”.

“Al final de la etapa de inmersión, se retorna a leer el deformímetro para medir el hinchamiento”. (MTC, 2000).

### **Penetración**

“Se emplea una sobrecarga que sea bastante, para producir una intensidad de carga similar al peso del pavimento (con± 2.27 kg de acercamiento) pero no menor de 4.54 kg (10 lb)”.

“Se instala el dial medidor de modo que se logre medir la penetración del pistón y se emplea una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente”.

“Consecutivamente se ubican en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de inspección de la penetración”.

“Se emplea la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración continua de 1.27 mm (0.05") por minuto” (MTC, 2000). Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

**Tabla 07***Penetraciones a considerar en el ensayo*

<b>Penetración</b>	
<b>Milímetros</b>	<b>Pulgadas</b>
0.63	0.025
1.27	0.05
1.9	0.075
2.54	0.1
3.17	0.125
3.81	0.15
5.08	0.2
7.62	0.3
10.16	0.4
12.7	0.5

Fuente: MTC E132

“Estas lecturas se realizan si se desea concretar la forma de la curva, pero no son precisos. Últimamente, se desmantela el molde y se toma de su parte superior, en la zona cercana a donde se hizo la penetración, una muestra para establecer su humedad”. (MTC, 2000).

### **Expansión**

“La expansión se determina por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se referencia en tanto por ciento con relación a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm”.

### **Cálculo del índice CBR**

“Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se denomina valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejecutada por el pistón sobre el suelo, para una penetración definida, en relación con la presión oportuna a la misma penetración en una muestra patrón”.

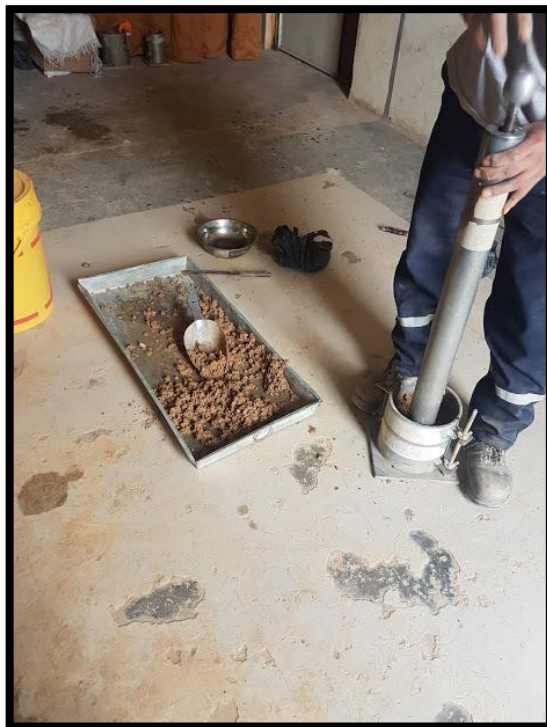
**Tabla 08***Presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón*

<b>Penetración</b>		<b>Presión</b>		
<b>Mm</b>	<b>Pulgadas</b>	<b>MN/m<sup>2</sup></b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>lb/plg<sup>2</sup></b>
<b>2,54</b>	0,1	6,90	70,31	1,000
<b>5,08</b>	0,2	10,35	105,46	1,500

Fuente: MTC E132



**Imagen 17: CBR sin aditivo**



**Imagen 18: CBR con aditivo**



**Imagen 19:** Penetración de la muestra

### **2.3 Bases legales**

“La superficie de los caminos afirmados, para retrasar su desperfecto por razones de erosión y pérdidas de material, debido al tránsito, y/o para impedir la presencia de polvo levantado por el tránsito que crea peligros y daña el ambiente agrícola, podrá instalarse una capa preservadora, que podría ser una imprimación reforzada bituminosa, o una capa superficial de afirmado con mayor índice de plasticidad que sustituiría un espesor análogo del afirmado diseñado, o una estabilización con cloruros de sodio, de magnesio, u otros estabilizadores químicos”. (Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de bajo Volumen de Tránsito, 2005)

### **2.4 Definición de términos básicos**

- **La Plasticidad**

Das (2001) la plasticidad se obtiene como un índice de la diferencia porcentual entre el límite líquido y el plástico. El Índice plástico representa el rango de humedad en el cual una fracción fina se encuentra en estado plástico.



- **La Capacidad de soporte**

“En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo”. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad\\_portante](https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_portante)

- **Densidad Seca Máxima**

Se define como "densidad seca máxima Proctor Modificado" del suelo la que se obtiene para la "humedad óptima", con la energía de compactación.

- **Afirmado**

“Capa de material natural selecto procesado o semi procesado de acuerdo a proyecto, que se ubica sobre la subrasante de una carretera. Marcha como capa de rodadura y de soporte al tráfico en carreteras no pavimentadas. Estas capas logran tener procedimiento para su estabilidad”. (Manual de Caminos no Pavimentados, 2005)

## **2.5 Hipótesis**

### **2.5.1 Hipótesis general**

La aplicación del polímero Sika Dust Seal PE tiene relación directa con el nivel de conservación en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.

### **2.5.2 Hipótesis específicas**

- a) El polímero Sika Dust Seal PE influye positivamente en la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.
- b) La dosificación óptima de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017, influye directamente en el grado de conservación.

- c) La incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE tiene relación directa en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.

## 2.6 Variables

**Variable Independiente:** Polímero Sika Dust Seal PE

“Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros”.

**Variable dependiente:** Caminos no pavimentados

“Camino en que la superficie de rodadura es el terreno natural, nivelado y compactado mediante el uso de herramientas o maquinarias”. (Manual de caminos no Pavimentados, 2005)

### 2.6.1 Operacionalización de las Variables

**Tabla 09**

*Operacionalización de variables*

VARIABLE	INDICADOR	INSTRUMENTO	UNIDAD	FUENTE
Variable Independiente: Polímero Sika Dust Seal PE	Capacidad de soporte.	Equipo para ensayo C.B.R.	%	SIKA Peru S.A.C.
	Dosificación	Equipos de Laboratorio	Lt/m3	
	Costos	Software	soles	
Variable dependiente: Caminos no pavimentados	Grado de conservación Polución Seguridad Confort de los conductores	de Observación en campo.	en -	Suelo de camino no pavimentado

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Método de la Investigación**

Se utilizó el Método Científico por que utilizamos un conjunto de pasos ordenados como son la observación, medición, experimentación, la formulación, análisis y modificación de las hipótesis, para el hallazgo de nuevos conocimientos en las ciencias.

#### **3.2 Tipo de investigación**

El tipo de estudio de la presente investigación es aplicada, porque se aplica conocimientos adquiridos para resolver problemas que aquejan a la sociedad.

#### **3.3 Nivel de la investigación**

El nivel utilizado es el explicativo y correlacional, porque la tesis mediante el análisis busca explicar las causas que originaron la situación del problema, correlaciona la influencia de la variable independiente en la variable dependiente a través del experimento.

#### **3.4 Diseño de la investigación**

La investigación es experimental, ya que manipula variables independientes para ver sus efectos sobre variables dependientes ante una situación de control.

##### **a) Población**

La población está conformada por los caminos no pavimentados de la Urbanización Magisterial Sol de los Andes, Anexo de Palian, distrito y provincia de Huancayo.

##### **a) Muestra**

La muestra fue no probabilística o intencionada, ya que se tomó de acuerdo a los intereses del investigador está conformada el camino no pavimentado en la intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Anexo de Palian, distrito y provincia de Huancayo y material de préstamo de la cantera de Chaclas – Sapallanga.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **a) Técnicas**

Mediante visitas a campo y la observación se sectorizo los puntos, para la evaluación y análisis de las muestras. El segundo paso fue la extracción de muestras para el traslado al laboratorio para las pruebas primordiales y específicos que auxiliaran para la elaboración de conclusiones y recomendaciones de la investigación.

#### **b) Instrumentos y herramientas**

Se emplearon para la investigación lo siguiente: herramientas de laboratorio para las pruebas de la muestra, software para el procesamiento de datos, libros, internet, computadora, cámaras fotográficas, entre otros.

### **3.6 Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información después de realizar los ensayos de granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, proctor y CBR se pasó a gabinete y procesarlo en el programa Excel a partir de los cuales se realizó el análisis de los resultados según los objetivos de hipótesis de la investigación realizada.

### **3.7 Técnicas y análisis de datos**

Para el análisis cuantitativo se determinó en el laboratorio de mecánica y suelos la cantidad de las propiedades físico mecánicas presentes en la muestra de la población, como es el contenido de humedad, porcentajes de grava, arena y materiales finos, porcentaje de CBR; el análisis de datos se realizó con tablas comparativas con y sin adición del polímero en el material de préstamo y así llegar a las conclusiones.

La investigación cuantitativa es la que analiza diversos elementos que pueden ser medidos y cuantificados. Toda la información se obtiene a base de muestras de la población, y sus resultados son extrapolables a toda la población, con un determinado nivel de error y nivel de confianza.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Estudio del suelo del terreno en estudio

#### 4.1.1 Registro de excavación

Se realizaron dos (02) excavaciones o calicatas las cuales se muestran en las figuras 1 y 2, las mismas que fueron ubicadas convenientemente en la Av. San Luis y en la Cuadra 1 respectivamente, con profundidades de 1.50 metros, con la finalidad definir las características de la subrasante y obtener el registro de excavación del perfil estratigráfico del suelo.



**Imagen 20:** Ubicación del proyecto

En la tabla 10 se muestra la ubicación de las calicatas de donde se sacaron las muestras.

**Tabla 10:**  
*Coordenadas geográficas de las calicatas*

Calicata	Prof. (m)	Coordenadas		Lado
		Norte	Este	
C-1	1.5	8669108	478894	Izquierdo
C-2	1.5	8669067	478800	Izquierdo




DATOS					REGISTRO DE EXCAVACION	
EXPEDIENTE N°:	147 - 2018-AS				EXCAVACIÓN :	C - 1
PETICIONARIO :	DENIS CHRISTIAN SULLA DE LA CRUZ				NIVEL FREÁTICO :	NO PRESENTA
ATENCION :	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES				TAMAÑO EXCAV. :	H = 1.50 m
PROYECTO :	"EVALUACION DE LA APLICACIÓN DEL POLÍMERO SIKA DUST SEAL PE EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS INTERSECCION AV. SAN LUIS Y CALLES 1 - PALIAN - HYO - 2017"				INICIO :	9/02/2018
UBICACIÓN :	AV. SAN LUIS Y CALLES 1 - PALIAN - HYO				TERMINO :	9/02/2018
METODO DE EXCAV:	MAQUINARIA				REGISTRADO POR :	A.A.B.G
					REVISADO POR :	J.Y.A.A
REPRESENTACION	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PESO VOLUMETRICO (g/cm <sup>3</sup> )	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTACION, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
		SIMBOLOS	GRAFICO			
	0.50	ML		2.47%	1673	Limo arenoso, de color marrón oscuro, cohesivo, sin plasticidad, de consistencia compacta.
	0.20	ML		6.57%	1.684	Limo con grava, de color marrón oscuro, cohesivo, sin plasticidad, de consistencia semi compacta, presencia de grava de 1/4" a 1 1/2" en 30%.
	0.80	CL		8.33%	1.724	Arcilla ligera, de color marrón claro, cohesivo, medianamente plástico, de consistencia semi compacta.
	1.50					
IDENTIFICACION DE MUESTRAS						
Pt:	Turba				Calicata :	C - 1
S/M:	Sin muestra				Ubicación :	AV. SAN LUIS Y CALLES 1 - PALIAN - HYO
RE	Material de Relleno					
M-1:	Muestra alterada N°1					
NF:	NIVEL FREATICO					

Figura 1: Registro de excavación de la calicata C-1



Imagen 21: Vista de la calicata C-1

DATOS					REGISTRO DE EXCAVACION	
EXPEDIENTE N°: 151 - 2018-AS					EXCAVACIÓN : C - 2 / N: 8669067, E: 478800	
PETICIONARIO : DENIS CHRISTIAN SULLA DE LA CRUZ					NIVEL FREÁTICO : NO PRESENTA	
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES					TAMAÑO EXCAV. : H = 1.50 m	
PROYECTO : "EVALUACION DE LA APLICACIÓN DEL POLÍMERO SIKA DUST SEAL PE EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS INTERSECCION AV. SAN LUIS Y CALLES 1 - PALIAN - HYO - 2017"					INICIO : 9/02/2018	
UBICACIÓN : AV. SAN LUIS Y CALLES 1 - PALIAN - HYO					TERMINO : 9/02/2018	
METODO DE EXCAV: MAQUINARIA					REGISTRADO POR : A.A.B.G	
					REVISADO POR : J.Y.A.A	
REPRESENTACION	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PESO VOLUMETRICO (g/cm <sup>3</sup> )	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
		SIMBOLOS	GRAFICO			
[Checkered pattern]	0.70	ML	[Vertical lines]	2.74%	1.683	Limo arenoso, de color marrón oscuro, cohesivo, de baja plasticidad, de consistencia compacta, presencia de grava de 1/4" a 1 1/2" en 9%.
	0.50	ML	[Vertical lines]	5.84%	1.698	Limo arenoso, de color marrón claro, cohesivo, sin plasticidad, de consistencia compacta, presencia de raíces.
	0.30	CL	[Diagonal lines]	7.46%	1.759	Arcilla ligera con arena, de color marrón claro, cohesivo, medianamente plástico, de consistencia compacta.
1.50						
IDENTIFICACION DE MUESTRAS					Calicata : C - 2 / N: 8669067, E: 478800	
Pt: Turba					Ubicación : AV. SAN LUIS Y CALLES 1 - PALIAN - HYO	
S/M: Sin muestra						
RE: Material de Relleno						
M-1: Muestra alterada N°1						
NF: NIVEL FREATICO						

**Figura 2:** Registro de excavación de la calicata C-2



**Imagen 22:** Vista de la calicata C-2

### 4.1.2 Análisis granulométrico

Este ensayo nos sirve para poder clasificar los suelos, y poder apreciar las distribuciones granulométricas del suelo. En la tabla 10 se muestra el resumen de los ensayos para las dos calicatas.

**Tabla 11**

*Resultado de Granulometría*

Malla		% Pasante	
Tamiz	mm	C1	C2
3"	76.200	100.00	100.00
2 1/2"	60.350	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	100.00	100.00
1"	25.400	100.00	100.00
3/4"	19.000	100.00	100.00
1/2"	12.500	100.00	100.00
3/8"	9.500	100.00	99.75
1/4"	6.300	100.00	99.75
Nº 4	4.750	99.86	99.31
Nº 10	2.000	99.52	98.69
Nº 20	0.840	98.94	97.72
Nº 40	0.425	97.68	95.65
Nº 60	0.250	95.82	92.79
Nº 140	0.106	95.82	92.79
Nº 200	0.075	89.27	81.43

Se puede apreciar de los resultados, que las muestras en promedio de las calicatas 1 y 2 es 85.35% pasa la malla N°200, mostrando una alta cantidad de material de limo arcilla, en la tabla 12 se expone las proporciones de material de grava, arena y material fino.

**Tabla 12**

*Contenido de porcentaje por material*

Material	C1	C2
Grava 3" - Nº 4	0.14 %	0.69 %
Arena Nº4 - Nº 200	10.59 %	17.88 %
Material Finos < Nº 200	89.27 %	81.43 %



### 4.1.3 Contenido de humedad

A continuación se muestra el contenido de humedad de las muestras de ambas calicatas, el cual nos servirá para comparar con el contenido de humedad óptimo.

**Tabla 13**  
*Contenido de humedad*

<b>Calicata</b>	<b>W%</b>
C1	8.33
C2	7.46

### 4.1.4 Límites de consistencia y clasificación sucs y aashto

En la tabla 14 se muestra los límites de consistencia de ambas calicatas, así como también la clasificación del suelo por el método SUCS Y AASHTO, también el índice de grupo de cada muestra. En la tabla 14 se muestra el IG entre paréntesis igual a 7 por lo que lo consideramos pobre para el suelo de la subrasante.

**Tabla 14**  
*Clasificación de suelos*

<b>Descripción</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
"Límite Líquido (LL)"	29.21	28.30
"Límite Plástico (LP)"	20.15	18.09
"Índice Plástico (IP)"	9.06	10.21
"Clasificación (SUCS)"	CL	CL
"Clasificación (AASHTO)"	A-4	A-4
"Índice de Grupo"	(7)	(7)
"Descripción (SUCS)"	Arcilla ligera	Arcilla ligera con arena

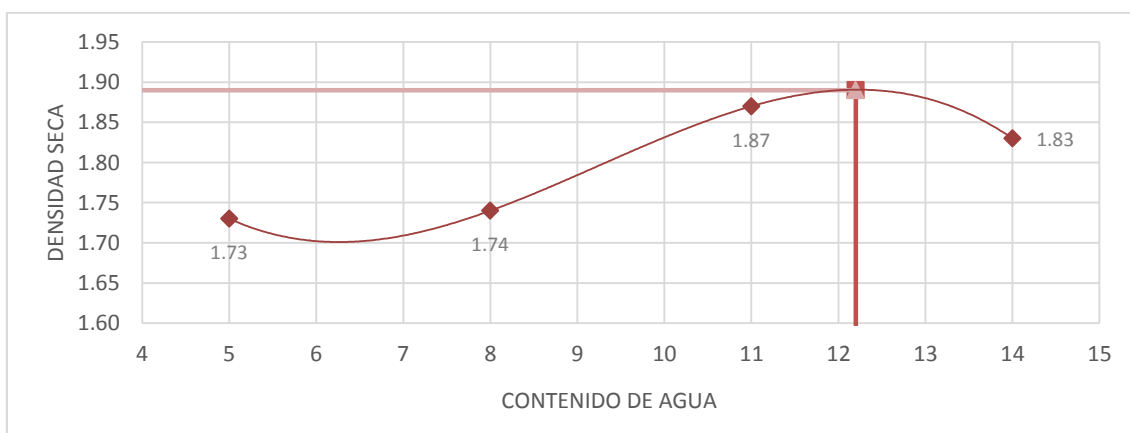
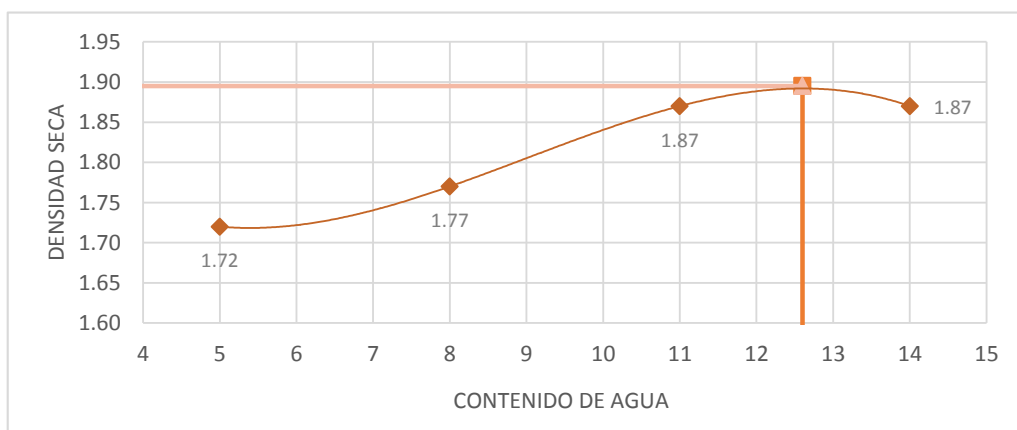
### 4.1.5 Ensayo proctor

Con este ensayo se determinó la densidad seca para una humedad óptima para ambas muestras de las calicatas. A continuación en la tabla 15 se resume los resultados para ambas calicatas.

**Tabla 15***Resultados del ensayo proctor*

Calicata	Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)
C1	1.880	12.20
C2	1.895	12.60

En la figura 3 y 4 se detalla la humedad para una densidad seca que muestra una relación de esta, con el cual se calculara la humedad óptima y densidad seca máxima.

**Figura 3:** Curva de compactación C1**Figura 4:** Curva de compactación C2

#### 4.1.6 Ensayo CBR

En suelo de estudio se realizaron 02 calicatas, para poder determinar la

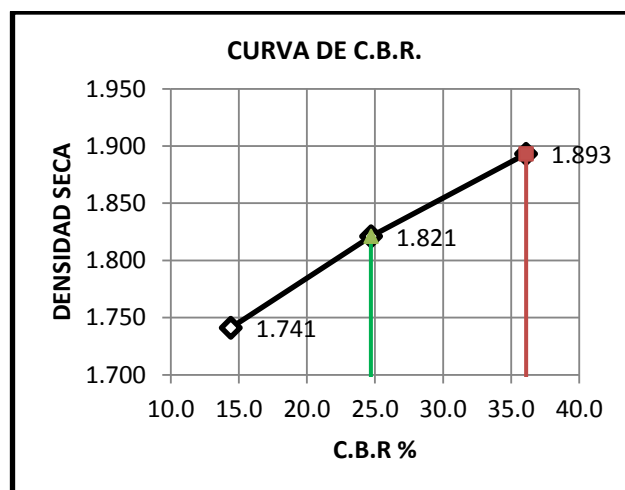
capacidad portante del suelo en estudio se realizó ensayos de CBR.

A continuación en la tabla 16 se muestra los CBR para ambas calicatas para una penetración de 0.1" al 100% y 95% de la máxima densidad seca, puesto que para los caminos no pavimentados se requiere CBR mínimo de 40% en la capa de afirmador, entonces sería necesario la mejora de este suelo.

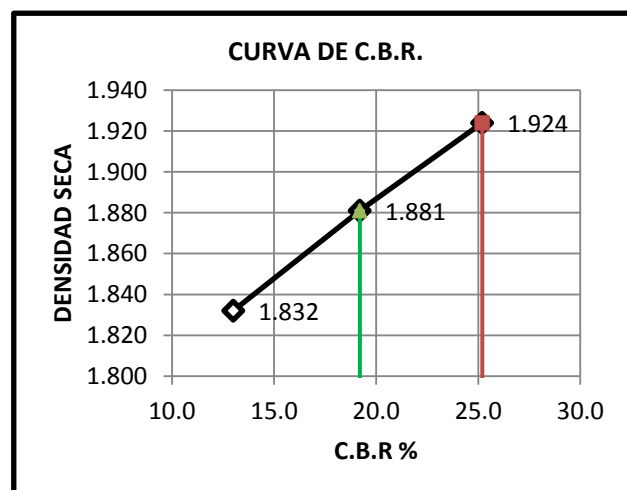
**Tabla 16**  
*Resultados de CBR*

Descripción	C1	C2
	0.1"	0.1"
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	36.10	25.20
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	24.70	19.20

A continuación en la figura 5 se observa las gráficas de relación de la máxima densidad seca y CBR.



a)

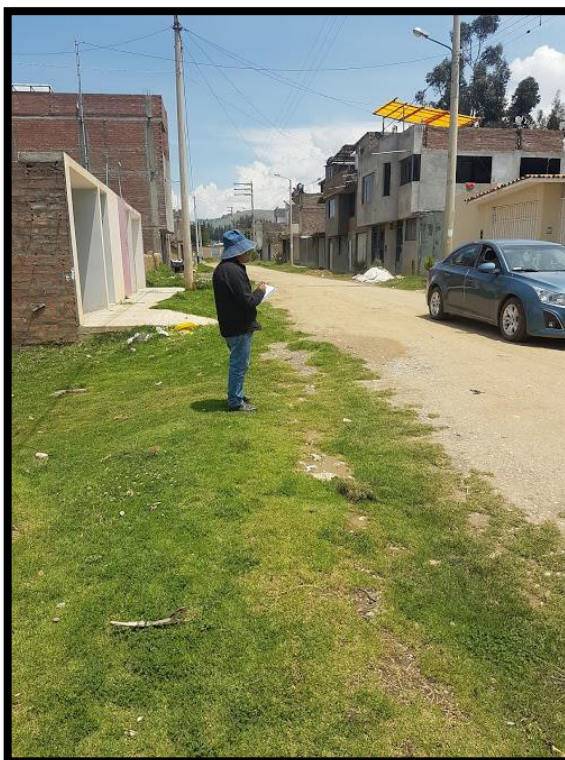


b)

**Figura 5:** (a) y (b) determinación del CBR al 100% y 95% de la DMS.

## 4.2 Estudio de Trafico

El presente estudio se realiza como parte de la presente investigación a fin de calcular la carga vehicular, así como el periodo de diseño.



**Imagen 23:** Conteo vehicular

### 4.2.1 Tránsito actual

**Tabla 17**

*“Conteo de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo”*

“Tipo de Vehículo”	“Lunes”	“Martes”	“Miércoles”	“Jueves”	“Viernes”	“Sábado”	“Domingo”
“Automóvil”	50	48	58	64	63	52	37
“Camioneta”	11	8	18	14	21	21	9
“Camión 2E”	4	5	5	4	4	5	3
“Camión 3E”	3	2	2	4	4	4	0
<b>TOTAL</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	<b>83</b>	<b>86</b>	<b>92</b>	<b>82</b>	<b>49</b>

Para el cálculo del “Factor de corrección estacional de una estación de peaje próximo al camino”, manejaremos el peaje de Huacrapuquio para el mes de

febrero.

**FC = 1.11550299** (Fuente: Unidades Peaje PVN\_OGPP)

Manejaremos la siguiente fórmula para el cálculo de índice medio diario anual.

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Donde:

IMDs = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada

IMDa = Índice Medio Anual

Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

FC = Factores de Corrección Estacional

**Tabla 18**

*Índice medio anual vehicular*

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Automóvil	50	48	58	64	63	52	37	372	53	1.11550299	59
Camioneta	11	8	18	14	21	21	9	102	15	1.11550299	16
Camión 2E	4	5	5	4	4	5	3	30	4	1.11550299	5
Camión 3E	3	2	2	4	4	4	0	19	3	1.11550299	3
<b>TOTAL</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	<b>83</b>	<b>86</b>	<b>92</b>	<b>82</b>	<b>49</b>	<b>523</b>	<b>75</b>		<b>83</b>

## 4.2.2 Análisis de la demanda

**Tabla 19**

*Tráfico actual por tipo de vehículo*

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	59	71.08
Camioneta	16	19.28
Camión 2E	5	6.02
Camión 3E	3	3.61
<b>IMD</b>	<b>83</b>	<b>100.00</b>

Par la demanda proyectada manejaremos la formula subsiguiente:

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

“Tn = Tránsito proyectado al año en vehículo por día”.

“T0 = Tránsito actual en vehículo por día”.

“n = año futuro de proyección”.

“r = tasa anual de crecimiento de tránsito”.

Para la tasa de crecimiento de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI utilizaremos los siguientes datos.

- “**r<sub>vp</sub> = 0.90** Tasa de Crecimiento Anual de la Población” (para vehículos de pasajeros)
- “**r<sub>vc</sub> = 0.06** Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional” (para vehículos de carga)

A continuación, se proyecta para un periodo de 10 años. (sin proyecto)

**Tabla 20**

*Proyección del tráfico sin proyecto*

Tipo de Vehículo	“Año 0”	“Año 1”	“Año 2”	“Año 3”	“Año 4”	“Año 5”	“Año 6”	“Año 7”	“Año 8”	“Año 9”	“Año 10”
<b>Tráfico Normal</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>89</b>
“Automóvil”	59.00	59.00	60.00	60.00	61.00	61.00	62.00	62.00	63.00	63.00	64.00
“Camioneta”	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
“Camión 2E”	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
“Camión 3E”	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

De acuerdo a la Guía Metodológica Simplificada del MEF, “Los costos de gestión y administración del camino, llevado a cabo por la Municipalidad. Por lo general, se asume como un porcentaje (10%) de los costos anuales de mantenimiento rutinario del camino”. Considerando ese porcentaje a continuación presentamos la proyección del tráfico con proyecto.

**Tabla 21**

*Proyección del tráfico con proyecto*

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Tráfico Normal</b>	<b>83.00</b>	<b>83.00</b>	<b>84.00</b>	<b>84.00</b>	<b>85.00</b>	<b>86.00</b>	<b>87.00</b>	<b>87.00</b>	<b>88.00</b>	<b>88.00</b>	<b>89.00</b>
Automóvil	59.00	59.00	60.00	60.00	61.00	61.00	62.00	62.00	63.00	63.00	64.00
Camioneta	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Camión 2E	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Camión 3E	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
<b>Tráfico Generado</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>
Automóvil	0.00	0.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Camioneta	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Camión 2E	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Camión 3E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>IMD TOTAL</b>	<b>83.00</b>	<b>83.00</b>	<b>93.00</b>	<b>93.00</b>	<b>94.00</b>	<b>95.00</b>	<b>96.00</b>	<b>96.00</b>	<b>97.00</b>	<b>97.00</b>	<b>98.00</b>

### 4.2.3 Calculo del número de repeticiones de ejes equivalentes

Para calcular los EE utilizaremos la siguiente tabla del manual de carreteras del MTC.

**Tabla 22**

*Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes*

TIPO DE EJE	EQUIVALENTE (EE <sub>8.2 TN</sub> )
Eje simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4$
Eje simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4$
Eje tándem (1 eje de ruedas dobles + 1 eje de ruedas simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = \left(\frac{P}{14.8}\right)^4$
Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = \left(\frac{P}{15.1}\right)^4$
Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = \left(\frac{P}{21.7}\right)^{3.9}$
Eje tándem (3 eje de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = \left(\frac{P}{22.9}\right)^{3.9}$

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: Manual de carretas MTC 2014

- Para auto P = 1.2 Tn

$$EE_{S1} + EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{P}{6.6}\right)^4 = \left(\frac{1.2}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{1.2}{6.6}\right)^4 = 0.002185643$$

- Para camioneta P = 2 Tn

$$EE_{S1} + EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{P}{6.6}\right)^4 = \left(\frac{2}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{2}{6.6}\right)^4 = 0.01686453$$

- Para Camion C2 P = 7 Tn (eje delantero) y P = 11 Tn (eje posterior)

$$EE_{S1} + EE_{S2} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^{3.9} + \left(\frac{P}{8.2}\right)^{3.9} = \left(\frac{7}{6.6}\right)^{3.9} + \left(\frac{11}{8.2}\right)^{3.9} = 4.402485477$$

- Para Camion C3 P = 7 Tn (eje delantero) y P = 18 Tn (eje posterior)

$$EE_{S1} + EE_{TA2} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^{3.9} + \left(\frac{P}{15.1}\right)^{3.9} = \left(\frac{7}{6.6}\right)^{3.9} + \left(\frac{18}{15.1}\right)^{3.9} = 3.403510124$$

Utilizaremos la siguiente expresión para determinar el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en un periodo de diseño de 10 años.

$$ESAL_{8.2} = \sum IMD \times 365 \times EE \times FP \times FC$$

Donde:

IMD = “Índice medio diario”.

EE = “Ejes equivalentes”.

FP = “Factor presión”.

Tn = “Tránsito proyectado al año en vehículo por día”.

De acuerdo al manual de carreteras del MTC, “utilizaremos un factor de ajuste por presión de neumáticos igual uno”

**Tabla 23**

*Calculo del ESAL total*

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO		IMD	VEHÍCULO/AÑO	EE	FP	t	FC	ESAL
	NORMAL	GENERADO							
Auto	59.00	6.00	65.00	23725	0.0021856	1	8.47%	14.49	751.37
Camioneta	16.00	2.00	18.00	6570	0.0168645	1	6.25%	13.18	1,460.34
C2	5.00	1.00	6.00	2190	4.4024855	1	0.00%	10.00	96,414.43
C3	3.00	0.00	3.00	1095	3.4035101	1	0.00%	10.00	37,268.44
<b>ESAL TOTAL</b>									<b>135,894.58</b>

### 4.3 Dimensionamiento del espesor de la capa de afirmado

Para el cálculo del espesor de la capa de afirmado se utilizó el método “NAASRA, (“National Association of Australian State Road Authorities”) (hoy AUSTRROADS).

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10}(Nrep/120)$$



Donde:

$e$  = “espesor de la capa de afirmado en mm”.

CBR = “valor del CBR de la subrasante”.

$N_{rep}$  = “número de repeticiones de EE para el carril de diseño”.

Se trabajó con el C.B.R. mas critico el cual es de la calicata 2 con un valor de 19.20%.

Aplicando la ecuación nos resulta  $e = 12.22 \text{ cm}$ , sin embargo, el manual de caminos no pavimentados recomienda trabajar con un espesor mínimo de 15 cm.

#### 4.4 Ensayos realizados al material de préstamo

Se utilizó material de préstamo proveniente de cantera para ser utilizado en la capa de afirmado, la cual evaluaremos sin adicionar el aditivo si como también con el aditivo.

##### 4.4.1 Análisis granulométrico

A continuación se resume la clasificación de suelos para el material de préstamo.

**Tabla 24**

*Resultado de Granulometría*

Tamiz	Malla	% Pasante
	mm	Préstamo
3"	76.200	100.00
2 1/2"	60.350	100.00
2"	50.800	92.16
1 1/2"	38.100	92.16
1"	25.400	82.34
3/4"	19.000	77.29
1/2"	12.500	77.29
3/8"	9.500	61.85
1/4"	6.300	61.85
Nº 4	4.750	49.87

Nº 10	2.000	44.32
Nº 20	0.840	44.32
Nº 40	0.425	37.08
Nº 60	0.250	31.75
Nº 140	0.106	31.75
Nº 200	0.075	26.72

Se puede apreciar de los resultados, que el porcentaje pasante por la malla N° 200 es 26.72% indicando la presencia de material limo arcilloso el cual es necesario para que actúe como ligante de la capa de afirmado, en la tabla 25 podemos observar las proporciones de grava arena y material fino.

**Tabla 25**

*Contenido de porcentaje por material*

<b>Material</b>	<b>C1</b>
Grava 3" - N° 4	50.13 %
Arena N°4 - N° 200	23.16 %
Material Finos < N° 200	26.72 %

#### 4.4.2 Límites de consistencia y clasificación sucs y aashto

En la tabla 26 se expone el resumen de los límites de consistencia y la clasificación por el método sucs y aashto.

**Tabla 26**

*Clasificación de suelos*

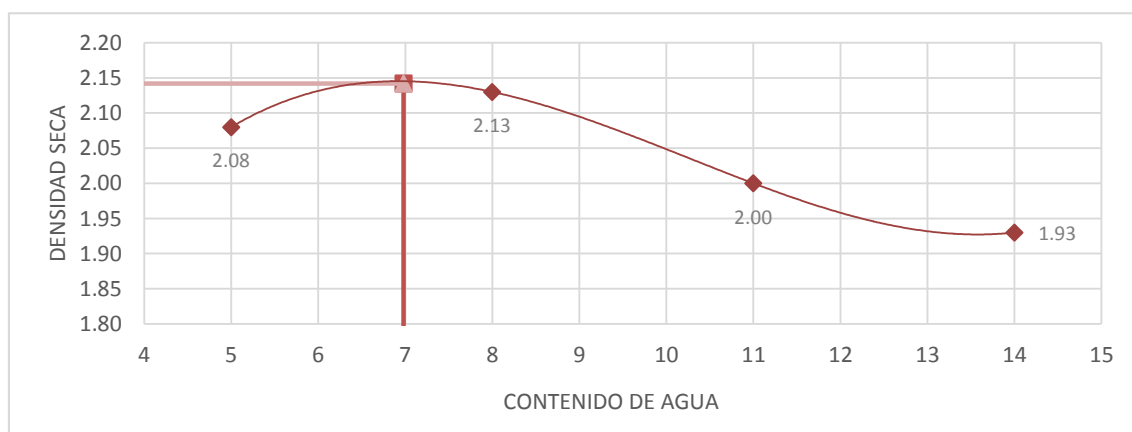
<b>Descripción</b>	<b>Préstamo</b>
"Límite Líquido" (LL)	22.10
"Límite Plástico" (LP)	17.86
"Índice Plástico" (IP)	4.24
"Clasificación" (SUCS)	GC-GM
"Clasificación" (AASHTO)	A-2-4
"Índice de Grupo"	(0)
"Descripción" (SUCS)	Grava limosa arcillosa con arena

### 4.4.3 Ensayo proctor

En la tabla 27 se expone el resumen de la densidad máxima seca para una humedad óptima.

**Tabla 27**  
*Resultados del ensayo proctor*

Material	Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)
Préstamo	2.142	6.98



**Figura 6:** Curva de compactación material de préstamo

### 4.4.4 Ensayo CBR

Exponemos en la tabla 28 resultados del ensayo de CBR.

**Tabla 28**  
*Resultados de CBR sin aditivo*

Descripción	Préstamo 0.1"
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	30.92
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	25.84

En la figura 7 podemos observar la relación de CBR con la densidad máxima seca.

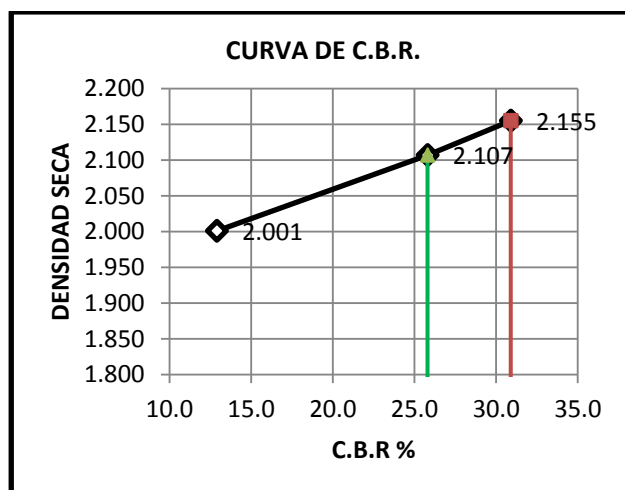


Figura 7: determinación del CBR al 100% y 95% de la DMS.

#### 4.5 Dosificación óptima aplicando el polímero sika dust seal PE

Se realizó la dosificación tomando 5 tipos de combinaciones tomando como referencia el dato patrón que va de 10 a 20 Litros por metro cúbico, para el experimento se hizo la siguientes dosificaciones (5L/m<sup>3</sup>, 10L/m<sup>3</sup>, 15L/m<sup>3</sup>, 20L/m<sup>3</sup> y 25L/m<sup>3</sup>)

##### 4.5.1 Densidad seca máxima y contenido de humedad optimo aplicando el polímero sika dust seal PE

En la tabla 29 se puede exponer el resumen de lo obtenido del nsayo de proctor modificado de las 05 dosificaciones con el aditivo para poder calcular la dosificación óptima para el cálculo del C.B.R.

Tabla 29  
Resultados del ensayo proctor

Ítem	Dosificación	Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)
1	5L/m <sup>3</sup>	2.162	6.60
2	10L/m <sup>3</sup>	2.197	6.20
3	15L/m <sup>3</sup>	2.192	6.30
4	20L/m <sup>3</sup>	2.193	6.35
5	25L/m <sup>3</sup>	2.217	6.58

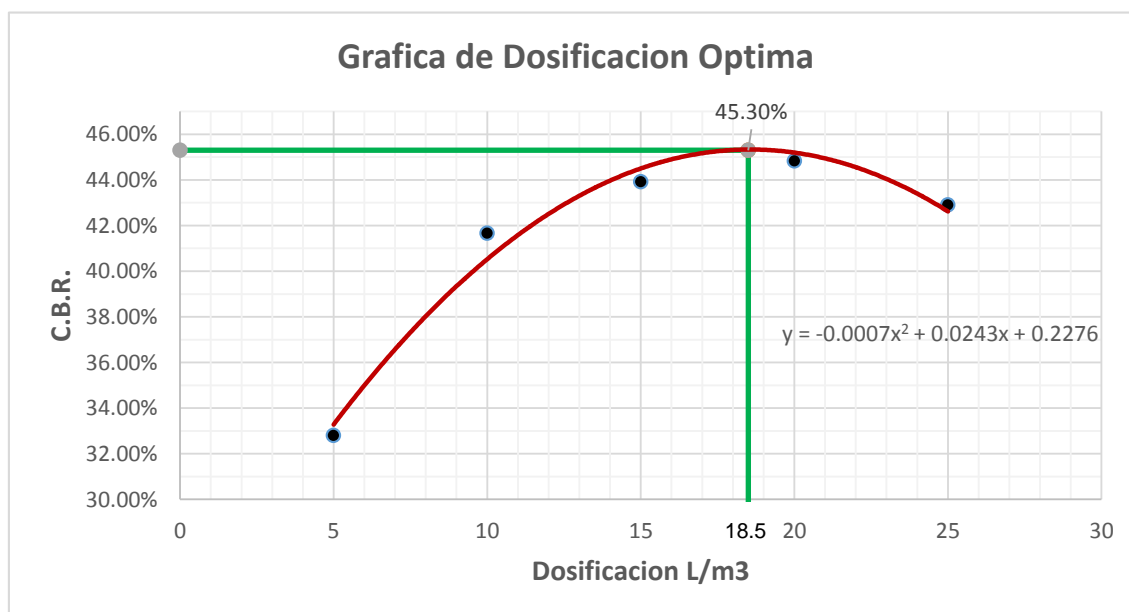
#### 4.5.2 C.B.R. aplicando el polímero sika dust seal PE

Podemos ver en la tabla 30 el resumen de lo conseguido de la del ensayo de C.B.R. de las 05 combinaciones con el aditivo para poder calcular la dosificación óptima.

**Tabla 30**  
*Resultados de CBR con aditivo*

Ítem	Dosificación	Descripción	Penetración
			0.1"
1	5L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	32.81
2	10L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	41.67
3	15L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	43.92
4	20L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	44.83
5	25L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	42.90

Se puede observar que la dosificación óptima es de 20L/m<sup>3</sup>, el cual nos da el valor más alto de C.B.R. con un valor de 44.83 %, entonces de acuerdo al Manual de caminos no pavimentados indica un CBR mínimo de 40% para la capa de afirmado, el cual quiere decir que con las dosificaciones de 10L/m<sup>3</sup>, 15L/m<sup>3</sup>, 20L/m<sup>3</sup> y 25L/m<sup>3</sup> cumplimos con esta condición.



**Figura 8:** Dosificación óptima.

En la figura se observa que con la línea de tendencia polinómica la dosificación óptima para un C.B.R. de 45.30% es de 18.5 L/m<sup>3</sup>.

### 4.5.3 Muestra de la aplicación del polímero INSITU

En las imágenes se puede observar cómo se comporta el suelo después de la aplicación del polímero Sika dust seal PE en 10 m<sup>2</sup> del camino para una dosificación de 10 L/m<sup>3</sup>.



**Imagen 24:** 02 hora después de aplicado el polímero

En la imagen 24 se puede observar que después de 02 horas de aplicado el polímero, en un día soleado el suelo mantiene una superficie compacta y a la vez aglomera las partículas eliminando las nubes de polvo.



**Imagen 25:** 06 días después de aplicado el polímero

En la imagen 25 se puede observar que después de 06 días de aplicado el polímero, independientemente del clima (soleado o lluvioso), el suelo sigue manteniendo una superficie compacta la cual no ha sufrido erosión alguna y así mismo se reduce las emisiones de nubes de polvo.

#### 4.6 Análisis económico

En las tablas 31 y 32 se evaluó el presupuesto de con la aplicación de aditivo y sin la aplicación de aditivo para un tramo de 163 metros con un ancho de calzada de 7 metros y un espesor de 0.15 metros.

**Tabla 31**

*Presupuesto sin la aplicación de aditivo*

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>DESBROCE Y LIMPIEZA</b>				<b>1,290.47</b>
01.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO NORMAL CON ELIMINACIÓN	m3	171.15	7.54	1,290.47
<b>02</b>	<b>CAPA DE AFIRMADO</b>				<b>8,689.29</b>
02.01	MATERIAL PARA AFIRMADO PUESTO EN OBRA	m3	171.15	35.00	5,997.10
02.02	CONFORMACIÓN DE CAPA DE AFIRMADO	m3	171.15	13.48	2,692.19
	<b>Costo Directo</b>				<b>9,979.76</b>
<b>SON :</b>					<b>NUEVE MIL NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVE Y 76/100 NUEVOS SOLES</b>

**Tabla 32**  
*Presupuesto con la aplicación de aditivo*

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>DESBROCE Y LIMPIEZA</b>				<b>1,290.47</b>
<b>01.01</b>	EXCAVACIÓN EN TERRENO NORMAL CON ELIMINACIÓN	m3	171.15	7.54	1,290.47
<b>02</b>	<b>CAPA DE AFIRMADO</b>				<b>15,535.29</b>
02.01	MATERIAL PARA AFIRMADO PUESTO EN OBRA	m3	171.15	35.00	5,997.10
02.02	CONFORMACIÓN DE CAPA DE AFIRMADO	m3	171.15	13.48	9,538.19
	<b>Costo Directo</b>				<b>16,825.76</b>
	<b>SON : DIECISÉIS MIL OCHOCIENTOS VEINTICINCO Y 76/100 NUEVOS SOLES</b>				

El tiempo de mantenimiento con la aplicación del aditivo es de una vez cada dos años, en cambio el tiempo de mantenimiento sin la aplicación del aditivo es de dos veces al año por lo menos, esto de acuerdo al Manual de Carreteras Conservación Vial 2013.

De lo mencionado se tendría que hacer 06 mantenimientos durante los dos años en comparación de 01 mantenimiento con la aplicación del aditivo en el mismo tiempo, ahora estimamos costo de mantenimiento de 50% del presupuesto inicial sin la aplicación del aditivo y un 35% del presupuesto inicial con la aplicación del aditivo puesto que se tiene mejor resistencia, permeabilidad y adherencia del suelo.

**Tabla 33**  
*Presupuesto de mantenimiento a mediano plazo*

	Años	Mantenimiento	Presupuesto de mantenimiento	Total
<b>Sin aditivo</b>	2	4	S/. 4,989.88	S/. 19,959.52
<b>Con Sika Dust Seal PE</b>	2	1	S/. 5,889.02	S/. 5,889.02



## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

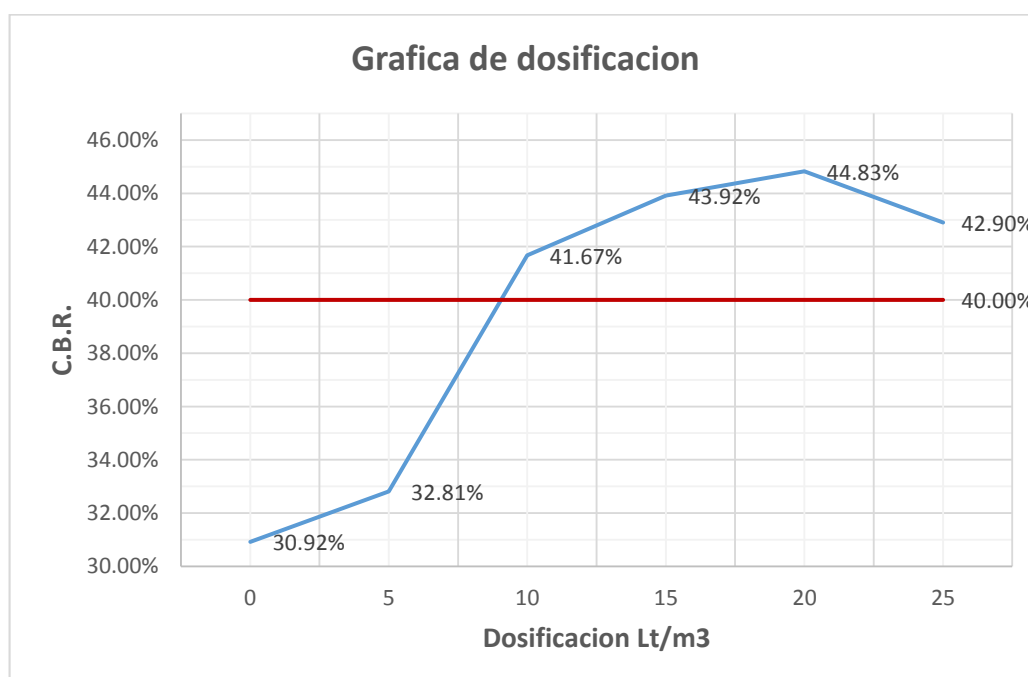
### 5.1 De la capacidad de soporte

A continuación, se detalla en la tabla de los valores de los C.B.R. con la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE para las 05 dosificaciones y sin la aplicación de esta.

**Tabla 34**

*Comparativo de Resultados de CBR*

Ítem	Dosificación	Descripción	Penetración 0.1"
1	5L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	32.81
2	10L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	41.67
3	15L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	43.92
4	20L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	44.83
5	25L/m <sup>3</sup>	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	42.90
6	Sin Aditivo	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	30.92



**Figura 9:** Dosificación.

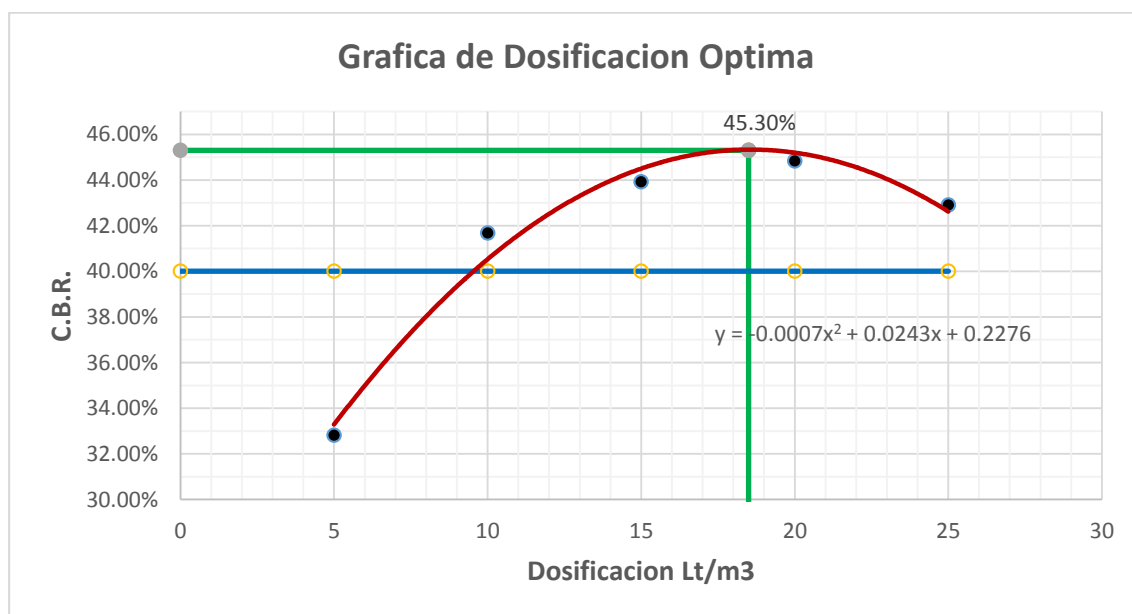
De la figura podemos apreciar que el material de préstamo sin la aplicación del aditivo tiene un CBR de 30.92%, sin embargo, se puede observar que el CBR máximo de 44.83% se obtiene con la dosificación de 20L/m<sup>3</sup> el cual cumple con

ser mayor al 40% para la capa de afirmado indicado en el Manual de Caminos no Pavimentados, es decir aumentamos el CBR de la capa de rodadura en un 13.9% en comparación del valor de CBR sin aditivo.

Sin embargo, con la dosificación 10 L/m<sup>3</sup> aumentamos el CBR de la capa de rodadura a 41.67% con el que superamos el 40% que indica la norma, con esta dosificación se aumenta el CBR en un 10.75% en comparación del valor de CBR sin aditivo.

## 5.2 De la dosificación óptima del polímero sika dust seal PE.

Con la aplicación del polímero sika dust seal PE para las 05 dosificaciones se obtuvo los siguientes resultados.



**Figura 10:** Dosificación óptima.

De la figura podemos observar que para un CBR máximo de 45.30% al 100% de MDS se tiene que utilizar una dosificación de 18.5 L/m<sup>3</sup>, sin embargo, analizando económicamente la dosificación óptima sería 10 L/m<sup>3</sup> ya que con ello logramos superar el 40% que es necesario para la capa de afirmado en conformidad al Manual de Caminos no Pavimentados y así podemos reducir el costo.

### **5.3 De la incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE**

Sin la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE se tiene un presupuesto inicial de S/. 9,979.76 y con la aplicación del aditivo se tiene un presupuesto inicial de S/. 16,825.76, es decir se tiene un incremento de 68.60%, sin embargo, para un periodo de 02 años sin la aplicación del aditivo se tiene un costo de mantenimiento de S/. 19,959.52 y con la aplicación del aditivo se tiene un costo de mantenimiento de S/. 5,889.02, es decir al cabo de 02 años el costo de mantenimiento con la aplicación del aditivo se habrá reducido en 70.50%.

Ahora haciendo el cálculo del gasto total con el presupuesto inicial y del mantenimiento tenemos:

- Gasto total sin aditivo en un periodo de 02 años : S/. 29,939.28.
- Gasto total con aditivo en un periodo de 02 años : S/. 22,714.78.

Durante el periodo de 02 años se habrá reducido el gasto total en un 24.13%.

## CONCLUSIONES

1. La aplicación del polímero Sika Dust Seal PE tiene relación directa con el nivel de conservación en caminos no pavimentados, puesto que al aumentar la capacidad de soporte y la densidad máxima seca, aumenta la durabilidad y cohesión, disminuye el desgaste por erosión a causa de las lluvias, proporcionando confort al conductor.
2. El polímero Sika Dust Seal PE influye positivamente en la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017, puesto que con la aplicación de este se incrementó la capacidad de soporte en un 13.9% más para una dosificación de 20L/m<sup>3</sup>, en comparación del material sin aditivo.
3. La dosificación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, influye de forma positiva, dado que para lograr resultados recomendables de acuerdo a la dosificación óptima (figura 10), la dosificación para un CBR máximo se obtiene con una dosificación de 18.5 L/m<sup>3</sup>, con el que llegamos a un CBR de 45.30%, sin embargo analizando económicamente con la dosificación 10 L/m<sup>3</sup> aumentamos el CBR de la capa de rodadura a 41.67%, con el que superamos el 40% que indica la norma, aumentando el CBR en un 10.75%.
4. La incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, en un inicio aumenta en 68.60%, sin embargo, en un periodo de 02 años el gasto total se reduce en 24.13%, por lo que el costo de incidencia a mediano plazo es positivo.

## RECOMENDACIONES

1. Aplicar el polímero Sika Dust Seal PE para la conservación en caminos no pavimentados, ya que proporcionan un mejor confort al conductor.
2. Utilizar el polímero Sika Dust Seal PE para aumentar la capacidad de soporte en caminos no pavimentados.
3. Usar el polímero Sika Dust Seal PE con una dosificación 10 L/m<sup>3</sup> en caminos no pavimentados con un CBR mínimo de 30% para el material de préstamo.
4. Aplicar el polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, para reducir el costo de mantenimiento a mediano y largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernández, Sampieri Roberto (2014). Metodología de la Investigación. México: Interamericana Editores, S.A. de C.V.
2. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2005). Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito. Lima, Perú.
3. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2014). Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Perú.
4. MTC E 107. (2000). Análisis Granulométrico de Suelos Por Tamizado (Laboratorio). Lima: ICG.
5. MTC E 108. (2000). Método de Ensayo Para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo (Laboratorio). Lima: ICG.
6. MTC E 110. (2000). Determinación del Limite Liquido de Suelos (Laboratorio). Lima: ICG.
7. MTC E 111. (2000). Determinación del Limite plástico e Índice de Plasticidad (Laboratorio). Lima: ICG.
8. MTC E 115. (2000). Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energia Modificada (Laboratorio). Lima: ICG.
9. MTC E 132. (2000). CBR de Suelo (Laboratorio). Lima: ICG.
10. AGUILAR, C. (2015). Revisión del Estado del Arte del Uso de Polímeros en la Estabilización de Suelos (Tesis de Pregrado). Universidad Santo Tomás Facultad de Ingeniería Civil Bogotá.
11. RAMOS, G. (2014). Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante Mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras,

Paucará Huancavelica 2014 Tema: Geotecniavial (Tesis de Pregrado).  
Universidad nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú.

12. Ministerio de Economía y Finanzas, (2011). Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de Caminos Vecinales. Lima, Perú.
13. López, T. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. Recuperado de <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAY10/lopez.pdf>
14. PRADENA, M; MERY, J.P y NOVOA, E. (2010). Estabilización y mantenimiento de caminos no pavimentados sometidos a condiciones de hielo-nieve en zona de montaña de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2010000200010&script=sci\\_arttext&lng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2010000200010&script=sci_arttext&lng=en)
15. Hunicorp nanopolimeros S.L. (2017). Hunicorp Nanopolímeros. Recuperado de <http://www.hunicorp.com/obras-realizadas/>
16. Gómez C. (2015, agosto 03). Aplicación Sika Dust Seal. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=zBQrkExSkY0&feature=share>

## Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS Y VARIABLE
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cuál es el resultado de la evaluación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) ¿Cuánto influye el polímero Sika Dust Seal PE en la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?</p> <p>b) ¿Cómo influye la dosificación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?</p> <p>c) ¿Cuál es la incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar el resultado de la evaluación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) Evaluar cuanto influye el polímero Sika Dust Seal PE en la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.</p> <p>b) Determinar cómo influye la dosificación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.</p> <p>c) Evaluar la incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.</p>	<p>1. ANTECEDENTES</p> <p>A NIVEL INTERNACIONAL:</p> <p>Aguilar et. al (2015) en su investigación titulada “Revisión del Estado del Arte del uso de Polímeros en la Estabilización de Suelos de la Universidad Santo Tomás de Bogotá” llegan a las siguientes conclusiones:</p> <p>“El mayor porcentaje de suelos en Bogotá está variado por arcillas, se puede aumentar el uso de SS299 (polímero líquido investigado en Malasia usado en suelos arcillosos) para la estabilización de las carreteras, puesto que muestra grandes mejorías tales como: aumento en la resistencia, permeabilidad, evita asentamientos y erosión”.</p> <p>“Para acentuar, el empleo de Base Seal en una vía secundaria de Bogotá Colombia, ubicada en la Calle 106 entre Carreteras 15 y 7, pavimentada en el 2007 se vio que en año 2015 presentó desperfecto con fallas reducidas referidas a la capa de rodadura, lo que nos comprueba que después de siete años, la estabilización con el polímero resultó ser eficaz y viable”.</p> <p>A NIVEL NACIONAL:</p> <p>Ramos (2014) en su investigación titulada “Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante Mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014 de la Universidad Nacional del centro del Perú” llega a la siguiente conclusión:</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La aplicación del polímero Sika Seal PE tiene relación con el nivel de conservación en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>a) El polímero Sika Dust Seal PE influye positivamente en la capacidad de soporte en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.</p> <p>b) La dosificación óptima de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017, influye directamente en el grado de conservación.</p> <p>c) La incidencia del costo de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE tiene relación directa en caminos no pavimentados, intersección Av. San Luis y Cuadra 1 – Palian – Huancayo 2017.</p>



promedio del CBR en 26% debido a que las botellas descartables es un material tenaz y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia”.

Caminos no pavimentados

Indicadores:

- Grado de conservación
- Polución
- Seguridad
- Confort de los conductores

## **ANEXOS**

### **ANEXO A – ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS CALICATAS**

#### **CALICATA - 01**

1. A.C-01 Registro de excavación
2. A.C-01 Análisis granulométrico y límites de consistencia
3. A.C-01 Ensayo próctor modificado
4. A.C-01 Ensayo de CBR

#### **CALICATA 02**

1. A.C-02 Registro de excavación
2. A.C-02 Análisis granulométrico y límites de consistencia
3. A.C-02 Ensayo próctor modificado
4. A.C-02 Ensayo de CBR

### **ANEXO B – ENSAYOS DE LABORATORIO DEL MATERIAL SIN ADITIVO**

1. B.M-01 Análisis granulométrico y límites de consistencia
2. B.M-01 Ensayo próctor modificado
3. B.M-01 Ensayo de CBR

### **ANEXO C – ENSAYOS DE LABORATORIO CON ADITIVO DOSIFICACIÓN 01**

1. D.M-01 Ensayo próctor modificado
2. D.M-01 Ensayo de CBR

#### **DOSIFICACIÓN 02**

1. D.M-02 Ensayo próctor modificado
2. D.M-02 Ensayo de CBR

#### **DOSIFICACIÓN 03**

1. D.M-03 Ensayo próctor modificado
2. D.M-03 Ensayo de CBR

#### **DOSIFICACIÓN 04**

1. D.M-04 Ensayo próctor modificado
2. D.M-04 Ensayo de CBR

#### **DOSIFICACIÓN 05**

1. D.M-05 Ensayo próctor modificado

2. D.M-05 Ensayo de CBR

**ANEXO D – ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO**

**ANEXO E – PLANO**

**ANEXO F – PANEL FOTOGRÁFICO**

## **ANEXO A – ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS CALICATAS**

## **ANEXO B – ENSAYOS DE LABORATORIO DEL MATERIAL SIN ADITIVO**

## **ANEXO C – ENSAYOS DE LABORATORIO CON ADITIVO**

## **ANEXO D – ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO**

## **ANEXO E – PLANO**



**ANEXO F – PANEL FOTOGRÁFICO**