



UNIVERSIDAD PARTICULAR DE CHICLAYO



FACULTAD DE ARQUITECTURA E URBANISMO, INGENIERIAS Y ARTE & DISEÑO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:
“EVALUACIÓN DE RESISTENCIA DEL NIVEL DE SUBRASANTE
MEDIANTE EL USO DE POLIMEROS RECICLADOS EN EL
DISTRITO DE LA VICTORIA - 2019”

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
INGENIERIA CIVIL

AUTOR:
Guzmán Montenegro Martín Jhair

CHICLAYO – PERÚ
2019

INDICE

INDICE	2
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	5
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.3. OBJETIVOS DEL PROBLEMA	8
1.3.1. OBJETIVO GENERAL:	8
1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO:.....	8
1.4. FINALIDAD E IMPORTANCIA	8
CAPITULO II: FUNCIONAMIENTO TEORICOS DE LA INVESTIGACION	9
2.1 MARCO HISTÓRICO (OPCIONAL)	9
2.2 BASES TEÓRICAS	13
2.2.1. SUBRASANTE	13
2.2.2. ESTABILIZACION DE SUELOS:.....	17
2.2.3. POLIMEROS RECICLADOS.....	31
2.3. ESTUDIOS PREVIOS (ANTECEDENTES TEÓRICOS)	35
2.3.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL:.....	35
2.3.2. ANTECEDENTE NACIONAL:	37
2.4 MARCO CONCEPTUAL.....	40
CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES	42
3.1 FORMULACION DE HIPOTESIS.....	42
3.1.1 HIPOTESIS GENERAL	42

3.1.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS.....	42
3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	42
3.2.1 CLASIFICACION DE VARIABLES	42
3.2.2 DIFINICION CONSTITUTIVA DE VARIABLES	43
3.2.3 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES	44
CAPITULO IV: METODOLOGIA	46
4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO Y DISEÑO	46
4.2 TIPO Y NIVEL INVESTIGACION.....	46
4.3 POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO	46
4.3.1. POBLACIÓN:	46
4.3.2. MUESTRA:.....	46
4.4 CONSIDERACIONES ETICAS	47
CAPITULO V: TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS .	47
5.1 TECNICAS E INSTRUMENTOS.....	47
5.2 PLAN DE RECOLECCION, PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	51

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es “Evaluar la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria 2019”, se tomó como muestra las carreteras del distrito de La Victoria 2019.

Los ensayos se realizarán en el laboratorio de suelos y materiales de la escuela de Ingeniería Civil, la subrasante evaluada se dividirá en dos tramos según sus características físicas.

Se elegirá el tipo de estabilizador según el MTC de los ocho tipos de estabilizadores que recomienda solo se escogerá uno que se adapte a las características del suelo a mejorar para después compararlo con los resultados obtenidos del mejoramiento con los polímeros reciclados.

La investigación consta de cinco capítulos, en el capítulo I se realiza el planteamiento del problema donde se contempla la problemática, objetivos, justificación, delimitación de la investigación; los que se corroboran luego de realizar la presente investigación.

Para el capítulo II se describe los fundamentos teóricos de la investigación, los antecedentes internacionales y nacionales con respecto a algunos métodos similares que son utilizados para estabilizar suelos de subrasante con baja capacidad portante y algunos de ellos están normados por el ministerio de transporte y comunicaciones; en las bases teóricas se tocan puntos fundamentales para la investigación como: la subrasante, subrasantes de suelos arcillosos, estabilizaciones de suelos y los polímeros reciclados PET.

En el capítulo III se describe la hipótesis y variables.

En el capítulo IV denominado metodología, se detalla la metodología que se va a seguir en el proyecto y se describe los pasos que se seguirán para alcanzar los objetivos que se plantean en el capítulo uno.

En el capítulo V se describen las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleados para obtener información de los registros del subrasante.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La construcción de calles es una de las actividades de mayor incidencia e impacto en la realización de obras de infraestructura y ciertamente es uno de los rubros que contribuye de manera más eficaz y eficiente en el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades.

D

Para el desarrollo de toda población se viene construyendo carreteras de pavimentos y a nivel de afirmado, en muchas de estas obras se encuentran terrenos de fundación de baja capacidad portante, el cual necesita ser mejorado o cambiado por otro material que cumpla los parámetros exigidos por el MTC, actualmente para el mejoramiento de subrasante se adicionan cal, cementos, escoria, cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, productos asfálticos y también se puede estabilizar con geo sintéticos, según el tipo de suelo y la importancia de la vía.

En algunas carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, el suelo de fundación es limo-arcilloso y por lo general su capacidad portante es baja y la subrasante está categorizada como un So o S 1 con un CBR menor al 6% y que requiere ser mejorada o cambiada. Es el caso de la carretera no pavimentada Paucará- Paccho Molinos que en ciertos tramos presenta subrasantes limo arcilloso y que requieren ser mejoradas con cualquier método sugerido por el MTC, o por el método que se plantea en la presente investigación, que es el mejoramiento de la capacidad portante con la adición de polímeros reciclados.

Los polímeros reciclados se obtienen de un proceso de reciclaje de las botellas descartables PET (recipientes de agua y gaseosas) para luego ser cortados en formas rectangulares de diferentes dimensiones y con una dosificación adecuada se logra un incremento de la capacidad portante expresado en términos de CBR. (Silvestre, 2017)

La necesidad de interconectar íntegramente al país para desarrollar el mercado interno y mercado externo hace que las carreteras sean infraestructuras muy importantes las cuales ayudan al país en su desarrollo económico, cultural y tecnológico.

En el Perú las vías se encuentran deterioradas o en algunos casos sin asfaltar y sin mantenimiento en un estado de olvido. De acuerdo con un informe de Provías Nacional, “las carreteras departamentales asfaltadas poseen los 2.340 km, de un total de 24.235 km. Esto equivale a solo 9,7% de avance. Los otros más de 20.000 km son trochas en pésimo estado o caminos nivelados”

El Pavimento de una carretera está sujeto a la acción continua del tráfico y de la meteorología. Estos dos factores junto con la inadecuada pavimentación y el envejecimiento natural de los materiales hacen que el pavimento sufra progresivamente deterioros lo cual conlleva a un menor periodo de vida útil. (Silvestre, 2017)

Por medio de las carreteras se han permitido el desplazamiento de personas, materiales (distribución de mercancías) u otros, es una de las vías más principales de comunicación, ya que conecta a los pueblos y comunidades (zonas rurales) con las grandes ciudades (zonas urbanas), y ayuda al fortalecimiento e integración de los países, “las carreteras son importantes e indispensables para el desarrollo de diversas actividades en las regiones y en todo el mundo. Actualmente, ante un mundo cada vez más integrado, que intercambia más bienes y servicios”.

Si hablamos de la red vial nacional en el Perú existen constantes problemas en el estado actual de las carreteras no pavimentadas y en el mantenimiento de las pavimentadas, debido a las limitaciones técnicas constructivas de los sistemas convencionales que permanecen en el mercado y así como la carencia de materiales adecuados para la construcción de la carpeta asfáltica; así mismo sabemos que en el sector construcción de nuestro país, es requerido e indispensable contar con una metodología (de diseño y construcción) que sea duradera y al mismo tiempo económica para reducir costos y ampliar el tiempo de vida útil del pavimento, en tal sentido se comienza con la búsqueda e investigación de técnicas que consignan la estabilización o mejora de la mezcla asfáltica (agregados, asfalto, filler, etc). (Chávez, 2017)

El incremento del volumen de transporte por carretera unido al crecimiento de la economía y a las necesidades de los usuarios en el ámbito de la movilidad es la causa principal de la creciente congestión de las infraestructuras viales y del aumento del consumo de energía; así como una fuente de problemas medioambientales y sociales. Además de los problemas de congestionamiento y de inseguridad asociados al transporte, existen otros problemas de menor importancia que reflejan las carencias por el uso ineficiente de la infraestructura, provocando así pérdidas de productividad. Estos problemas están relacionados con la búsqueda de un lugar para estacionar, detenerse a pagar en una caseta de peaje o detenerse a verificar el peso de un vehículo o mercancía transportada, etc. De este modo, la mejora de la movilidad y el transporte afecta directamente el desarrollo de la economía y la mejora de la competitividad de una nación.

Si bien el Perú, en términos globales, ha experimentado una importante mejora en la competitividad, el desarrollo y mejora de las infraestructuras supone una importante línea de trabajo.

En general, las condiciones presentadas. Prácticamente, la totalidad de las fallas ocurridas en las últimas décadas en los pavimentos del departamento de Lambayeque se ha producido por problemas de agrietamiento. Es, pues, indispensable mirar el problema desde esta perspectiva y hacer algunas reflexiones sobre el comportamiento de los pavimentos y su interacción con las vías de Chiclayo.

Los pavimentos en la ciudad de Chiclayo son diversas, y van desde procesos constructivos o estudios técnicos deficientes. Estamos convencidos que no; como sabemos el asfalto por su propia naturaleza son difíciles de reciclar, por lo que cada vez que se realiza un parchado del pavimento, el material extraído es desechado lo que significa una pérdida económica para la ciudad.

Se desconocen las cifras actuales de la cantidad de dinero invertida en el parchado de calles dentro de la ciudad; sin embargo, y por lo que se observa a diario, la mayoría de calles son parchadas o necesitan una rehabilitación antes que cumplan un año después de su inauguración. (Infante & Vásquez, 2016)

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

¿Se podrá evaluar la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria 2019?

1.3. OBJETIVOS DEL PROBLEMA

1.3.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria 2019.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO:

- Establecer las propiedades mecánicas y físicas que influyen en la baja capacidad portante de resistencia del nivel de subrasante en las carreteras del distrito de la victoria.
- Determinar la clasificación y empleo adecuado de los polímeros reciclados para el mejoramiento de la capacidad portante en la subrasante en las carreteras del distrito la victoria.
- Evaluar la diferencia entre el empleo de polímeros reciclados y el recomendado por el ministerio de transporte y comunicaciones.

1.4. FINALIDAD E IMPORTANCIA

En la presente investigación se busca dar un valor agregado al plástico reciclado (Polímero - Botellas descartables PET), haciendo que este pueda ser utilizado en cantidades proporcionadas como un agente estabilizador en subrasantes de baja capacidad portante.

Debido a su bajo costo y múltiples aplicaciones que se le puede dar a las botellas descartables PET, se puede aplicar mediante el "reciclaje", de tal forma que disminuya su efecto contaminante visual y que por el contrario se le pueda dar una utilidad que beneficie a la geotecnia vial, evitando así grandes movimientos de tierra. Cuando se presenta subrasantes de baja capacidad portante en carreteras, se recomienda tomar dos alternativas de solución, la primera es mejorar el suelo existente y la segunda es sustituir el suelo existente por otro que cumpla las características deseadas. Actualmente, en la construcción de obras lineales es fundamental minimizar y compensar al máximo posible el movimiento de tierras debido a consideraciones económicas, ambientales y técnicas, es por eso que antes de cambiar la subrasante de baja capacidad portante se recomienda realizar estudios y optar por el mejor método para poder mejorar y evitar movimientos de tierra.

CAPITULO II: FUNCIONAMIENTO TEORICOS DE LA INVESTIGACION

2.1 MARCO HISTÓRICO (OPCIONAL)

En la medida en que se trata de la parte auténtica del cambio de ligantes, la posibilidad de modificar el asfalto se remonta a 1960 en Italia, Francia y Alemania, donde se completaron las tareas de prueba primarias. En este tiempo en los Estados Unidos también surgió la ansiedad completando las principales empresas de desarrollo en 1960.

En Italia se construyeron más de 1.000 km de calles con este tipo de asfalto, poniendo capas de rodamiento con asfaltos alteradas como base seca o látex. Teniendo en cuenta el objetivo final de hacer la alteración de asfalto, es importante conocer la similitud de esto con el modificador para que existan juntos como sistema, es decir, debe ser miscible, mostrando una mezcla monofásica.

La invisibilidad provoca la presencia de una etapa momentánea. Un polímero es bueno con asfalto cuando la heterogeneidad de la mezcla no puede ser valorada por un examen visual. Pavimentos más ricos en partes de olor y alquitranes serán más buenos, ya que estas porciones son las que permiten que el polímero se desintegre. Los pavimentos más ligeros son los más

ricos en asfáltenos y sumergidos. La conducta de asfalto depende esencialmente de tres componentes:

- Temperatura
- Tiempo de carga
- Envejecimiento

A altas temperaturas y bajo cargas gestionadas, el asfalto continúa como un fluido pegajoso, es una mezcla de plástico que hace el que se produzca ahuellamiento. A bajas temperaturas y bajo cargas rápidas, se desarrolla claramente débil, trayendo divisiones transversales y división cálida.

El objetivo buscado con la expansión de los polímeros a la parte del asfalto es mejorar su reología, buscando:

- Reducir la indefensión cálida
- Reducir la debilidad en las atmósferas frías y aumentar el apego en el clima caliente.
- Reduzca la indefensión al cargar los tiempos de aplicación.
- Aumentar la impermeabilidad a la distorsión y ruptura perpetuas en un ámbito más amplio de temperaturas, tensiones y tiempo de carga.
- Mejorar el cumplimiento de los totales. (Silvestre, 2017)

Las carreteras han sido durante mucho tiempo el principal medio de desplazamiento de personas y mercancías. Han posibilitado la integración y la globalización actual entre los países del mundo. Dada la importancia de las carreteras para el desarrollo de un país es fundamental que estas permitan una circulación segura, cómoda y fluida del tráfico a un costo razonable. De lo contrario, las deficiencias que presenta una carretera se traducen en retrasos en el tráfico, deterioro de los vehículos y costos que son asumidos por los usuarios de la carretera. Esto, a su vez, se traduce en una disminución en el cumplimiento del objetivo de servicio de la carretera que afecta el desarrollo y progreso de las regiones que comunica.

El desempeño de las carreteras durante su vida de servicio depende de la realización de un adecuado diseño de su estructura de pavimento que considere factores básicos como el tráfico, las características de los suelos de la subrasante, la calidad de los materiales de las capas y el clima de la zona. Siendo uno de los factores importantes la calidad de las capas de pavimentos entre las que se encuentra las capas granulares que aportan en gran medida al comportamiento estructural del pavimento.

Estas capas granulares pueden ser tratadas o sin tratar. Las capas granulares tratadas son capas mejoradas que presentan un mejor comportamiento y respuesta a la aplicación de cargas, pues han sido estabilizadas mediante la adición o incorporación de un elemento adicional. Existen hoy diversos métodos para la estabilización de capas granulares como estabilización de suelos con cal, con cal y ceniza volante, con cemento, con asfalto, con emulsión asfáltica, con asfalto espumado y combinación de estabilizantes, entre otros.

Sin embargo, existen pocas investigaciones sobre el uso de materiales reciclables que además de aportar en la estabilidad pueden contribuir a la protección del medioambiente. (Vargas, 2017)

Desde la antigüedad, con el propósito de aumentar la capacidad de soporte de los suelos, se utilizaban diversos estabilizadores que se encontraban en la naturaleza: Cal y puzolanas.

A medida del paso del tiempo, con el crecimiento de las ciudades y la necesidad de transporte, fue que se desarrolló y se investigó sobre los pavimentos y su método de construcción, dejando de lado los estudios sobre estabilización.

Sin embargo, a inicios del siglo pasado y frente a los terribles acontecimientos que sucedieron (Primera y Segunda guerra mundial), la construcción de vías y carreteras fue muy requerida y ante la carencia de los agregados óptimos en el lugar de construcción del pavimento, es que la estabilización de suelos vuelve a tener relevancia.

Además, por el avance de la ciencia, diversos productos químicos han sido desarrollados por lo que la estabilización de suelos es una buena alternativa. Dentro de los diversos tipos de estabilizadores químicos encontramos a los polímeros. Estos productos químicos han sido utilizados principalmente en la carpeta asfáltica formando así lo que se denomina un “asfalto

modificado”; sin embargo, en los últimos tiempos se ha aplicado para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas.

Los polímeros también han tenido como objeto formar una estructura impermeable al agua además de aumentar la cohesión entre las partículas, siendo esta característica muy importante en suelos gravosos y/o arcillosos. (Calle & Arce, 2018)

Los polímeros convencionales se pueden mezclar con betún a un porcentaje del 7 u 8 %, ahora bien, el asunto de la compatibilidad plantea un problema en todos los betunes, salvo en los más blandos, y es posible que el grado de viscosidad sea excesivo como para que la mezcla se pueda trabajar a temperaturas normales. El polímero D0243 Kraton ofrece una compatibilidad excepcional y un grado de viscosidad bajo, lo que ayuda a erradicar este problema.

HiMA es una herramienta que se puede emplear para solucionar algunos de los problemas que aparecen en los pavimentos de asfalto. Proporciona una combinación entre la reducción de la deformación permanente y una resistencia al agrietamiento por fatiga que se puede aplicar a pavimentos estructurales más delgados, capas superpuestas más delgadas y duraderas, productos de emulsiones más fuertes y resistentes a las grietas, y en aplicaciones sujetas a grandes tensiones, como las plataformas de los puentes. Los cálculos que se realizan en el diseño del pavimento utilizando software, que incluye tanto los valores de rigidez como los resultados a la fatiga de una mezcla determinada, demuestran que lo hallado en la Universidad Técnica de Delft y en el NCAT se puede predecir con los parámetros de los materiales de una mezcla de asfalto muy modificada.

Kraton Performance Polymers, ha dado una solución para reducir los costos y recursos a la hora de construir carreteras, además de poder extender el tiempo de vida útil. Mediante ensayos de laboratorio y modelaje de elementos finitos en la Universidad Técnica de Delft, Holanda. En 2011, los estados de Minnesota, New Hampshire y Vermont llevaron a cabo proyectos de demostración, como parte del programa de pavimentado de superficies delgadas HiMA TSP2 de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (American Association of State Highway and Transport, AASHTO) patrocinado por el Centro Nacional para la Conservación de Pavimentos (Center for Pavement Preservation) de la Universidad de

Michigan. Se tomaron muestras de las mezclas producidas en fábrica durante la instalación en campo y se probaron en el Centro de Investigación para la Sostenibilidad de Autopistas (Highway Sustainability Research Center, HSRC), sito en la Universidad de Massachusetts Dartmouth. Todas las mezclas utilizaron un aglutinante asfáltico muy modificado con polímeros, que consistió en un aglutinante (PG -34acredito que este valor esta errado) blando con un 7,5 % de polímero HiMA. (Infante & Vásquez, 2016)

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. SUBRASANTE

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento.

La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento.

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportara la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactadas por capas para constituir un cuerpo estable en optimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. (Chapoñán & Quispe, 2017)

La subrasante es un componente fundamental en la estructura del pavimento ya que le da soporte a las tres capas que se asientan sobre él. Una subrasante sin una adecuada compactación puede originar problemas como, por ejemplo, la deflexión de la superficie del pavimento, que no será notada precisamente hasta que se termine de construir. Es por ello que hay que tomar especial cuidado en cumplir los requisitos de calidad de la subrasante para evitar futuros problemas.

La subrasante debe tener las siguientes propiedades de:

- Resistencia
- Drenaje
- Fácil compactación
- Estabilidad volumétrica (Calle & Arce, 2018)

La preparación del suelo que hará la función de la sub rasante, consiste en una serie de operaciones previas, cuya ejecución es necesaria y muy importante para cimentar la colocación de la capa de sub-base sobre la subrasante.

De los factores mencionados a considerar en el diseño del pavimento, la problemática planteada en la presente investigación radica en la subrasante debido a que presenta un suelo arcilloso y con ello conlleva a una serie de problemas como la expansión y la baja capacidad portante que presenta.

(Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016) afirman que:

Con frecuencia el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar una de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material como se encontrará, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar. las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o cuando menos que la calidad obtenida sea la deseada.

Las propiedades importantes para analizar en la subrasante son las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades de rigidez (módulo resiliente, módulo de elasticidad, CBR), propiedades hidráulicas (coeficiente de

drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Según el CBR se identificarán seis categorías de subrasante (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

- SO: Subrasante Inadecuada CBR < 3%
- S1: Subrasante pobre CBR = 3%-5%
- S2: Subrasante regular CBR = 6 - 10%
- S3: Subrasante buena CBR = 11 - 19%
- S4: Subrasante muy buena CBR = 20 - 29%
- S5: Subrasante Excelente CBR > 30%

Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%.

2.2.1.1. ESCARIFICACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

El procedimiento consiste en disgregar la superficie del suelo a lo largo y ancho de lo que será la calzada en una profundidad especificada, permitiendo que adquiera una condición suelta. Este procedimiento se realiza con tractor de orugas, o bien mediante escarificadores de gradas o discos. Para la eliminación de los elementos gruesos se emplean rastrillos extractores de piedras compuestos por varios dientes curvos insertados en un bastidor horizontal arrastrado por una motoniveladora. Generalmente la extracción se realiza en dos pasadas, en la primera con 7 a 9 dientes, se extraen los elementos más gruesos de 100 mm. a 250 mm y en la segunda con 15 a 18 dientes, se extraen las gravas medias mayores a 50 mm.

2.2.1.2. HUMECTACIÓN DEL SUELO DE SUB RASANTE

Después de la escarificación y la homogeneización del material, si el suelo estuviese muy seco de acuerdo a la humedad especificada del material ha compactar, éste puede humedecerse mediante los sistemas de riego tradicionales hasta llevarlo a una condición de ± 2 % con respecto a la humedad óptima de compactación, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo proctor. (Auccahuaqui & Corahua, 2016)

2.2.1.3. AIREACIÓN DEL SUELO DE SUBRASANTE

Si la humedad natural es mayor que la óptima, se deberá airear el suelo removiéndolo de un lado a otro por medio de una motoniveladora o compactar y escarificar el suelo en varias pasadas, hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ de la humedad óptima de compactación, según las especificaciones del ensayo proctor.

2.2.1.4. COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE

Al efectuarse la operación de compactación, después de realizar la nivelación con motoniveladora hasta la altura requerida de la capa de sub rasante, mediante las técnicas convencionales en el movimiento de tierras, se realiza una compactación con un rodillo compactador pata de cabra, y/o rodillo vibratorio dependiendo del tipo de material, con lo que se busca una densidad que cumpla con la del proctor. Para dar por finalizada esta operación, se debe cumplir con la verificación de la calidad del material que se ha controlado por el laboratorio y los niveles que deben ser controlados por la topografía. La superficie terminada del tramo de sub rasante no deberá mostrar a simple vista deformaciones o altibajos, que en caso de existir deberán ser corregidos para que el tramo compactado pueda ser recibido como terminado.

2.2.1.5. RECEPCIÓN DE LA CAPA DE SUBRASANTE

Los parámetros a tomar en cuenta para la recepción del tramo de sub rasante terminada, se hará conforme a lo dispuesto en las reglas establecidas por las especificaciones técnicas de construcción de carreteras o de acuerdo a lo establecido en el proyecto, que serán:

- El grado de compactación de la capa sub rasante.
- El espesor de la capa sub rasante compactada.
- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.
- Verificación de niveles de la superficie de sub rasante. (Auccahuaqui & Corahua, 2016)

2.2.1.6. ESCARIFICACIÓN DEL MATERIAL DE PROTECCIÓN DE LA SUBRASANTE

Se procederá a escarificar el material de protección colocado sobre la superficie de la sub rasante, para ser mezclado y homogenizado con el nuevo material que se colocará para conformar la capa de sub-base. La operación de escarificar se efectuará con motoniveladora o con cualquier otro equipo aprobado por la supervisión o el ingeniero residente. El escarificador deberá ser un modelo de dientes fijos, completos, de espesor y de largo suficiente para efectuar una escarificación total y uniforme. (Auccahuaqui & Corahua, 2016)

2.2.2. ESTABILIZACION DE SUELOS:

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tal es estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

A continuación, se describen algunos criterios que recomienda el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) para establecer la estabilización de suelos:

- Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR $\geq 6\%$. En caso de ser menor, será materia de un estudio para la estabilización, mejoramiento o reemplazo.
- Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10cm. de espesor como mínimo o un geotextil.
- Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

A continuación, se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo. En la tabla 1 nos recomiendan seleccionar un tipo de estabilizador a partir del tipo de suelo, en la primera columna de la tabla 1 nos muestra la clasificación por área, esto se obtiene del triángulo de gradación obtenido de las intersecciones del porcentaje fino que pasa la malla N°200 y el porcentaje de arena (pasante malla N°4 y retenido, en la N°200) así como se muestra en la figura 1, una vez obtenido el área y con el dato del tipo de suelo elegimos la fila adecuada para determinar el tipo de estabilizador recomendado y también gracias a las propiedades plásticas del suelo podemos descartar algunos estabilizadores y quedarnos con solo algunos de los que se nos recomienda.

Una vez seleccionado el tipo de estabilizador en la Tabla 2 nos resumen algunas sugerencias para poder aplicar el tipo de estabilizador seleccionado. (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

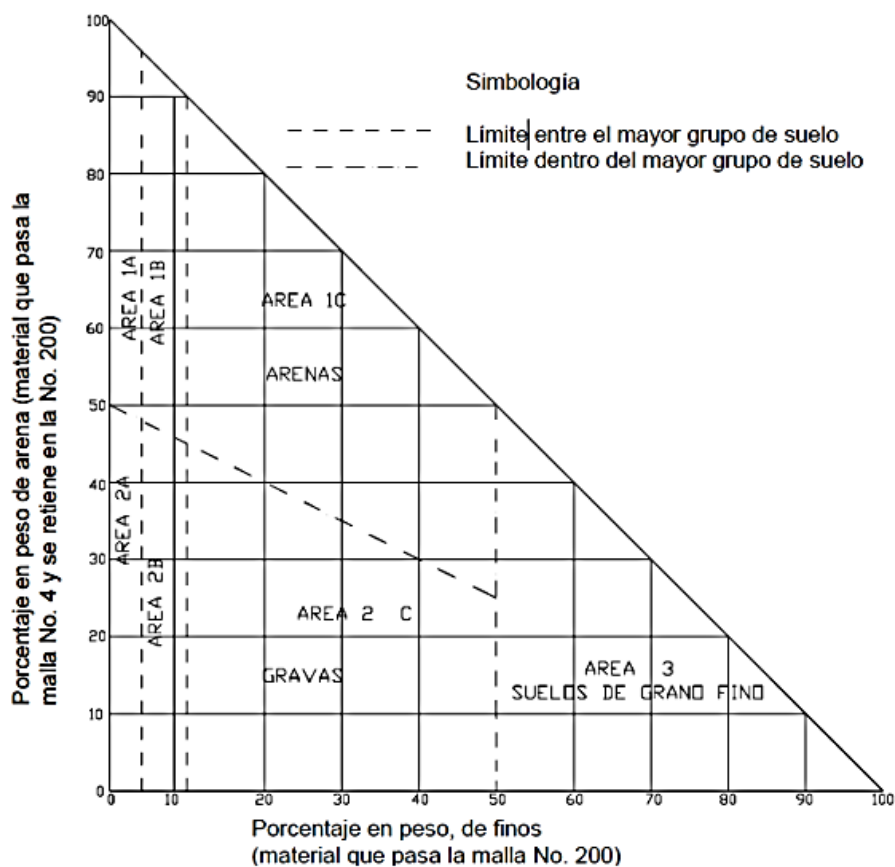


Figura 1: Triángulo de graduación.

Fuente: Citado por el (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

Tabla 1: Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 1)

Área	Clase de suelo	Tipo de estabilizador recomendado	Restricción en II y ip del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento Portland			
		(3) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Portland	(b)		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1) Asfalto			Solo material bien graduado.
		(2) Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
		(3) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW - GM o	(1) Asfalto	IP no excede de 10		Solo material bien graduado.
	GP - GM o	(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla n° 4.
	GW - GC o	(3) Cal	IP no menor de 12		
	GP-GC	(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM o	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solo material bien graduado.
	GC o	(2) Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
	GM - GC	(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1) Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios.
		(2) Cal	IP no menor de 12		
IP = Índice plástico (b) IP 20 + (50 – porcentaje que pasa la malla 200) / 4				Sin restricción u observación. No es necesario aditivo estabilizador	Fuente: US Army Corps of Engineers.

Fuente: US Army Corps of Engineers, citado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Tabla 2: Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 2)

TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	NORMAS TÉCNICAS	SUELO (1)	DOSIFICACIÓN (3)	CURADO (APERTURA AL TRÁNSITO) (5)	OBSERVACIONES
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3058 ASTM C150 AASHTO M85	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL<40% IP<= 18% CMO (2) < 1.0% Sulfatos(SO4 2)<0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO4Ca (4) - AF <= 10% -AG <= 12% Durabilidad SO4 Mg - AF <= 15% - AG <= 18%	2 -12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la FC A (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N5 200<= 10% IP <= 8% Equiv. Arena >40% CMO (2) <1.0% Sulfatos (SO4 2) <0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO-4Ca (4) - AF <= 10% -AG <= 12% Durabilidad SO4 Mg - AF <= 15% - AG <= 18%	4-8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% <= IP <= 50% CMO (2)< 3.0% Sulfatos (SO4 2) <0.2% Abrasión < 50%	2-8%	Mínimo 72 horas	Para IP >50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276

Cloruro de Calcio	ASTM D688 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, A-3 IP $\leq$ 15% CMO (2) $<$ 3.0% Sulfatos (SO ₄ 2) $<$ 0.2% Abrasión $<$ 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% $\leq$ IP $\leq$ 15% CMO (2) $<$ 3.0% Abrasión $<$ 50%	50-80 kg/m ³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP $\leq$ 15% CMO (2) $<$ 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión $<$ 50%	50-80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 0% $\leq$ IP $\leq$ 15% 4.5 $<$ pH $<$ 8.5 CMO (2) No debe contener Abrasión $<$ 50% % $<$ N°200: 10-35%	1L/30-33 m ³	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO (2) $<$ 1.0% Abrasión $<$ 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: US Army Corps of Engineers, citado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.2.2.1. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN SEGÚN EL MTC

A continuación, se describen diferentes tipos de estabilizaciones recomendados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Cada tipo de estabilización se describe de forma resumida y se profundiza más en la estabilización suelo cal por adaptarse más al tipo de suelo estudiado para poder comparar con la estabilización de la presente investigación.

a) ESTABILIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS

Con la Estabilización Mecánica de Suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo. Al compactar un suelo se obtiene: una mayor densidad, por lo que tendremos una mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo; una mayor estabilidad, pues al no compactar un suelo se tendrán asentamientos desiguales por lo tanto inestabilidad de la estructura; una disminución de la contracción del suelo, al existir espacios vacíos, provocando en suelos arcillosos la contracción y dilatación del suelo y por último ocasionará una disminución de los asentamientos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

b) ESTABILIZACIÓN POR COMBINACIÓN DE SUELOS

La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo, con el objetivo de suplir las carencias de gravas o arenas. Los suelos de subrasante analizados en la presente investigación presentan gran presencia de partículas finas y poco de gravas, razón por la cual se adiciona el PET para que pueda cumplir similar función que la grava. El suelo existente se disgregará o escarificará, en una profundidad de quince centímetros (15 cm) y luego se colocará el material de préstamo o de aporte. Los materiales disgregados y los de aporte se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y previa eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), sí las hubiere. Luego se procederá a un mezclado de ambos suelos,

se conformará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de subrasante fijado en el proyecto. (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

c) ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS:

Cuando se prevea la construcción de la subrasante mejorada solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición. En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). Una vez se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado.

Dichos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación. En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo.

El (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016) nos muestra un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasante pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$.

d) SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO:

La combinación suelo cemento produce la reacción del calcio con la sílice y alúmina produciendo compuestos silicatos y aluminatos que aumentan lentamente la resistencia de la mezcla, conocido como la acción puzolánica.

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo Proctor como en la compactación de suelos. Las propiedades del suelo-cemento dependen del tipo y cantidad de suelo, cemento y agua; ejecución; edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media ($LL < 40$, $IP < 18$). La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

La dosificación de cemento para Suelo Cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, así como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO	RANGO USUAL DE CEMENTO REQUERIDO PORCENTAJE DEL PESO DE LOS SUELOS
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	8-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

Fuente: Federal highway administration(FHWA), Citado por el (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

e) ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO

La desventaja de este método es que puede ser lavada por el agua, por lo cual presenta poca durabilidad en la capa estabilizada.

El principal uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación. La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el Sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante. (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

f) ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO:

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino. Se puede utilizar de dos formas, en granos regulares o Tipo 1 y en hojuelas o pelotillas o Tipo 11. La dosificación es de 1% - 2% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

g) ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE MAGNESIO:

El cloruro de magnesio ($MgCl$) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles:

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ugante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: $-32.8^{\circ}C$.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.

La dosis de cloruro de magnesio se aplica, en una proporción de entre 3 y 5% en peso del suelo seco, depende del grado de plasticidad en el material a tratar (a mayor IP, menor cantidad requerida de MgCl). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

h) ESTABILIZACIÓN CON PRODUCTOS ASFÁLTICOS

La mezcla de un suelo con un producto. asfáltico puede tener como finalidad:

1. Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo.
2. Una impermeabilización del suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas. La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, $LL < 30$ e $IP < 10$.

El material asfáltico usualmente empleado son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. En el caso de las estabilizaciones con emulsiones asfálticas se emplea un emulsificante, tal como un agente químico utilizado como emulsificante y definido como tenso activo o surfactante aniónico o catiónico, que determinará la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no iónicas. (MTC 2008 a). Se recomienda que el material por mejorar presente un equivalente de arena mayor de 40% y el porcentaje de emulsión varíe en un porcentaje de 1. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

i) ESTABILIZACION DE SUELOS CON CAL:

El uso de la cal en la estabilización aumenta su capacidad para resistir los efectos inducidos por el tránsito y también mejora las características plásticas haciéndolos más friables y aumentando el valor de soporte.

Con el diseño y técnicas de construcción apropiados, el tratamiento con cal transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables. Adicionalmente, el soporte estructural de los suelos estabilizados con cal puede ser aprovechado en el diseño de pavimentos.

En general casi todos los tipos de suelos susceptibles de estabilizar con cal, pero es más práctico la cal cuando el índice de plasticidad es mayor de 15.

La cal produce una disminución de la densidad de los suelos, modifica la plasticidad aumenta la capacidad portante y resistencia al corte del material y reduce su hinchamiento.

La acción de la cal suele explicarse como efectuada por tres reacciones básicas:

- El primer proceso es la alteración de la película de agua que rodea los minerales de arcilla.
- El segundo proceso es de coagulación o floculación de las partículas de suelo, dado que la cantidad de cal ordinariamente empleada en las construcciones viales resulta de una concentración de ion de calcio mayor que la realmente necesaria.
- El tercer proceso a través del cual la cal afecta el suelo, es su reacción con los componentes del mismo para formar nuevos productos químicos. Los dos principales componentes que reaccionan con la cal son la alúmina y la sílice. Esta reacción es prolongada en la acción del tiempo y se manifiesta en una mayor resistencia si las mezclas de suelo-cal son curadas durante determinados lapsos de tiempo. Este es conocido como "acción puzolánica". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.2.2.2. OTROS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN:

A. ESTABILIZACIÓN POR MEDIOS ELÉCTRICOS

La más conocida es la electroósmosis, que es la aplicación de una diferencia de potencial eléctrico a una muestra de suelo fino con exceso de humedad, esto produce que el agua se traslade desde el ánodo (electrodo positivo) hasta el cátodo (electrodo negativo); el caudal que

fluye a través de la muestra de suelo en las condiciones anteriormente expuestas es proporcional al potencial eléctrico exterior que haya sido aplicado. Con este método se ha observado un aumento de resistencia al corte y a la compresión simple de los suelos finos (arcillosos).

B. ESTABILIZACION DE SUELOS CON CAL Y POLIMEROS:

En la tesis de Ramos, G. (2014). "Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014". Tesis de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Ramos, G. señala que las fibras usualmente se utilizan para mejorar la resistencia del suelo, y reducir la retracción. Se destaca como un método novedoso al mezclar fibras de polipropileno con cal, reduciendo así la cantidad de cal necesaria. Menciona también que las fibras incrementan la resistencia al corte del terreno natural sin tratamiento previo, por lo que la combinación cal y fibras permitirá la reducción de cal necesaria para estabilizar el terreno. Los materiales utilizados para la estabilización según la tesis planteada son la Cal y las Fibras fibriladas de polipropileno. Con la dosificación de fibras los niveles de cal se podrían reducir al 4%, así limitar la formación de etringita en los suelos con presencia de sulfatos.

Ramos, G. (2014) menciona que la etringita se produce cuando existe presencia de los sulfatos y la alúmina, el principal problema de esta patología es la expansión volumétrica hasta en un 250% en presencia de agua.

El incremento del pH producto de la adición de la cal al suelo, hace que el suelo libere sílice y alúmina que, al reaccionar con el azufre de los sulfatos, forman los cristales de etringita. Los prismas hexagonales de etringita, generalmente son muy alargados y tiene puntas piramidales hexagonales.

En la investigación de Valle, se obtiene aumento de la capacidad portante hasta en un 400% con una dosificación del 8% de cal y 0.15% de fibras. Los resultados de los ensayos de límites de atterberg muestran como el suelo del terreno cambia de plástico a no plástico, con valores

próximos a cero, el autor hace la aclaración que la reducción del índice de plasticidad no depende de las fibras sino únicamente de la cal. (Ramos, 2014)

2.2.3. POLIMEROS RECICLADOS

Son sustancias macromoleculares o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas más sencillas por reacciones poliméricas. Por consiguiente, un polímero es un compuesto con elevado peso molecular, cuya estructura se representa por la repetición de pequeñas unidades.

Los polímeros, una vez dispersos en el asfalto, llegan a formar verdaderas redes tridimensionales, creando un reticulado que confiere propiedades relevantes de elasticidad al asfalto modificado. (Infante & Vásquez, 2016)

2.2.3.1. TIPOS DE POLÍMEROS

Existen muchos tipos de polímeros, por lo que su dosificación y sistematización resultan muy complejas. Atendiendo a su estructura, se clasifican en:

2.2.3.1.1. POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS.

Son solubles que se reblandecen con el calor y, de acuerdo con su intensidad, pueden llegar a fluir. Una vez enfriados, es posible moldearlos en repetidas ocasiones sin que pierdan sus propiedades. Por lo general, son polímeros lineales o ligeramente ramificados. Los termoplásticos más comunes son el polietileno, el polipropileno, el policloruro de vinilo el poliestireno, los copolímeros de etileno-acetato de vinilo (EVA) y las poliamidas, entre otros.

- **EVA**

Los polímeros o resinas Etilo-vinil-acetato son relativamente nuevos en la modificación de asfaltos, son muy compatibles con estos. La relación acetato de vinilo etileno es muy

importante, pudiéndose variar el contenido de acetato de vinilo de algún % hasta 50% o incluso más. Cuando los contenidos de acetato de vinilo son bajos las propiedades se asemejan a las de los asfaltos mencionados anteriormente. Un polímero EVA con contenido del 18% de acetato de vinilo es el más adecuado para ser usado en la construcción de carreteras. Cuando se aumenta la concentración de acetato de vinilo en el polímero (15 a 30%), un excelente poder adherente.

Los asfaltos modificados con EVA poseen las siguientes características:

- Buena estabilidad térmica a un costo razonable.
- Las dosificaciones de polímero oscilan entre 2 hasta un 10% dependiendo de las propiedades que se pretende obtener.
- La temperatura de ablandamiento aumenta entre 6 y 12°C.
- Excelente resistencia al resquebrajamiento en flexión es decir a las fatigas provocadas por las flexiones o vibraciones repetidas. (Infante & Vásquez, 2016)
- Aumentan la cohesión de las mezclas a medida q se aumenta el contenido del polímero.

2.2.3.1.2. POLÍMEROS TERMO ENDURECIBLES.

Se forma por la reacción química de los componentes: la base y el endurecedor, y dan lugar a una estructura entrecruzada, por lo que no pueden recuperarse para volver a transformarse. Entre las más comunes se encuentran las resinas fenólicas, las resinas epoxi, las resinas de poliéster y las resinas de poliuretano.

2.2.3.1.3. ELASTÓMEROS O CAUCHOS.

Son polímeros lineales amorfos, por lo general insaturados. Sometidos a un proceso de vulcanización, adquieren una estructura parcialmente reticulada, la cual les confiere las propiedades elásticas. Los cauchos de uso más común son el caucho natural, los cauchos de butadieno-estireno (SBR), los cauchos de policloropreno y los elastómeros termoplásticos de estireno-butadieno-estireno (SBS).

Los polímeros más utilizados para modificar los cementos asfálticos son el caucho natural (NR), los copolímeros de etileno-acetato de vinilo (EVA) y los elastómeros termoplásticos de estireno-butadieno-estireno (SBS). (Infante & Vásquez, 2016)

2.2.3.2. PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS.

Los materiales poliméricos, en función de su composición química, estructura (lineal, ramificada, entrecruzada), configuración espacial, estado de agregación, peso molecular, aditivos, etc., presentan un abanico de propiedades que hace prácticamente imposible su sistematización. Sin embargo, los polímeros tienen una serie de 2propiedades generales, que puedan considerarse comunes a todos ellos:

2.2.3.2.1. BAJO PESO ESPECÍFICO.

No presentan un peso específico considerable, el peso por unidad es menor a 0.3 gr

2.2.3.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS.

El comportamiento mecánico de los polímeros a temperaturas ambiente puede variar desde las características de un vidrio rígido y quebradizo, hasta la flexibilidad y elasticidad de una goma. Las características mecánicas de los polímeros se miden generalmente con ensayos de tracción, compresión, flexión, dureza, impacto, desgarro, etc. La mayor parte de los polímeros tienen un comportamiento reológico tipo visco elástico, lo cual hace que sus propiedades mecánicas dependan en gran medida del tiempo de duración de la carga. Si se aplica un esfuerzo constante, habrá una deformación inicial instantánea y una deformación de fluencia (más lenta). Si se mantiene la deformación constante, el esfuerzo necesario para producir dicha deformación disminuirá paulatinamente (relajación de esfuerzos).

2.2.3.2.3. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.

La variación de la temperatura genera cambios en las propiedades de los polímeros, lo que limita su uso en cierto rango. La elevación de temperatura produce un rápido descenso de la resistencia mecánica en los materiales termoplásticos, que comienza antes de su punto de ablandamiento, mientras que las temperaturas bajas lo hacen más frágiles y quebradizos, con la consiguiente disminución de la resistencia a la tracción y al impacto. En los polímeros termoestables las propiedades mecánicas se mantienen en un mayor rango de temperatura, mientras que, en los elastómeros, cuando baja la temperatura, se produce primero un aumento de la rigidez y finalmente, por debajo de la temperatura de transición vítrea, pierden su capacidad de deformación y se tornan frágiles. Se envejecen a temperaturas elevadas y en presencia de oxígeno, con la consiguiente pérdida de propiedades. (Infante & Vásquez, 2016)

2.2.3.2.4. DURABILIDAD

Se define como la capacidad que tiene todo material para mantener sus propiedades originales a lo largo del tiempo. Las alteraciones de las propiedades de los polímeros se producen por fatiga (aplicación repetida de esfuerzos) o por envejecimiento (acción del medio ambiente), aunque normalmente ambos factores actúan en conjunto. Los agentes que pueden dar lugar a cambios apreciables en las propiedades de los polímeros son los agentes atmosféricos (agua, ozono, oxígeno y humedad), la radiación solar y el calor, los microorganismos, los agentes químicos y la acción del tránsito. Los cambios generados por esos agentes dependerán del tipo del polímero, su composición y estructura química. (Infante & Vásquez, 2016)

2.3. ESTUDIOS PREVIOS (ANTECEDENTES TEÓRICOS)

2.3.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL:

Gutiérrez, A. (2015), con su tesis titulada: **“Evaluación de estructuras de pavimento flexible usando técnicas no destructivas utilizando el Deflectometro de impacto ó FWD (FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER)”**, tesis para optar el Título de Ingeniería Civil, tesis que presento en la Universidad Nacional de Colombia, tipo de investigación cuantitativa. Tiene como problemática el uso de técnica no destructivas de pavimento flexible de los países seleccionados y cuan favorables son. Esta tesis tiene como objetivo comparar la norma española, la norma argelina, la norma costarricense y la norma peruana. en función a una estructura que se escogió, para así lograr tener un mayor entendimiento de un comportamiento de estructura de pavimento flexible.

Los resultados que se obtuvieron se determinó el comportamiento de las estructuras de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C. en términos de su capacidad estructural, conocido como número estructural según la metodología AASHTO-93 y compararlo con metodologías de análisis de diseño de pavimentos más recientes, así como también el comportamiento mecánico de cada una de las capas que conforman la estructura de pavimento flexible en condición nueva bajo la acción de cargas dinámicas.

Al finalizar se recomienda un estudio más a profundidad de la normativa costarricense y argelina, ya que son las que presentan mayores costos y la relación precio/calidad no es favorable. La relevancia de la investigación es netamente teórica, ya que se realizan estudios para verificar la efectividad de las normas al ser aplicadas a una misma estructura.

Laica, J. (2016), con su tesis titulada: **“Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base”**, tesis para optar el Título de Ingeniería Civil, tesis presentada en Universidad Técnica de Ambato- Ecuador, tipo de investigación cuantitativa. Tiene como problemática la importancia de diseño de pavimento flexible de los países seleccionados y cuan favorables son. Esta tesis tiene como objetivo

mejorar las propiedades mecánicas de una sub base (clase 3) mediante la inclusión de polímero reciclado (caucho).

Los resultados que se obtuvieron para la ejecución de la presente investigación se empezaron recolectando los materiales necesarios, como la Sub base y el polímero reciclado, primeramente se analizaron las propiedades Físico-Mecánicas de la Sub base para determinar si el material cumple con los parámetros establecidos por las normas AASHTO Y ASTM, el material se obtuvo de la Constructora Alvarado Ortiz, ubicada en Arq. Lecorbusier y Sócrates, también fue necesario la recolección de polímero reciclado caucho de Proneumacosa, ubicada en la Panamericana Norte Km 12 Sector “La Avelina”.

Al finalizar se compararon los resultados obtenidos tanto de la muestra en condición natural como de la muestra con adición de caucho en diferentes porcentajes y se estableció que a medida que vamos aumentando caucho a nuestra Sub base nuestra resistencia va disminuyendo considerablemente.

Genaro José Altamirano Navarro (2015). Con su tesis titulada: “**Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas**”, proyecto de investigación para obtener el grado de bachiller de Ingeniero Civil, proyecto que se presentó en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, tipo de investigación cuantitativa,

Los resultados que se realizó se estabilizó los suelos cohesivos de las vías en la comunidad San Isidro del Pegón, municipio de Potosí departamento Rivas, con una mezcla de cal hidratada, se obtuvo una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; se aumentó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica producida entre la cal y la arcilla, se aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo. Se sabe que la cal ayuda al suelo a disminuir la plasticidad, pudiendo decir que la propiedad mecánica para estabilizar el suelo es excelente.

Al finalizar se compararon los resultados obtenidos de suelo por medio cal en las calles de la comunidad de San Isidro y definieron los costos de ensayo de CBR de cal a nivel de suelo cohesivo.

2.3.2. ANTECEDENTE NACIONAL:

Auccahuaqui, I. & Corahua, R. (2016). Con su tesis titulada: **“Evaluación del Sistema de Pavimentos Flexibles en la Prolongación Av. La Cultura tramo (4to Paradero de San Sebastián – Grifo Mobil de San Jerónimo)”**, tesis para optar el título de Ingeniería Civil, que se presentó en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, tipo de investigación cuantitativa. Tiene como problemática, evaluar el estado actual del pavimento flexible, donde se ha observado un gran número de deformaciones (Ahuellamiento) de su carpeta de rodadura. Esta vía estructural es de suma importancia ya que es usada como entrada y salida de la ciudad, la cual ha sido repavimentada hace cuatro años y en este tiempo ha presentado diversas fallas, donde el ahuellamiento es el predominante, lo que nos ha llevado a evaluar mediante los ensayos: de CBR in situ (resistencia al corte), Marshall (fluidez y estabilidad), contenido de asfalto; y el re cálculo del ESAL, para determinar el motivo de sus deformaciones.

Los resultados obtenidos fue comparada para su validez con las normas nacionales vigentes, siendo que el paquete estructural: en cuanto al porcentaje de asfalto en la carpeta de rodadura está dentro de los parámetros establecidos, por otra parte la fluidez de las tres muestras analizadas solo una está dentro de los parámetros permitidos y en su estabilidad los ejemplares analizadas todos están por encima de lo permitido; sin embargo en cuanto a la resistencia al corte de la base y sub base los valores obtenidos mediante el CBR in Situ están por debajo de las condiciones estipuladas; en relación a los espesores.

Al final se concluye que el paquete estructural: en cuanto a la carpeta de rodadura tiene un contenido de asfalto en promedio del 7.14% y esto debería hacer que la vía funcione en óptimas condiciones, por otra parte, la estabilidad se encuentra por encima de 816 kg ya que contando con estos valores el pavimento debe ser rígido y durable; en cuanto a la resistencia al corte de

la base (promedio 30%) y sub base (promedio 7%) al no cumplir con el CBR in Situ siendo este el principal motivo que genera las deformaciones probablemente a una deficiente compactación y aspectos constructivos; en cuanto a los espesores, la carpeta de rodadura con ayuda del ESAL recalculado tiene un espesor de 4" que cumplen para el volumen vehicular actual. Por lo tanto, se sugiere realizar un control de calidad del proceso constructivo para este tipo de infraestructuras viales, así como también la incorporación del diseño de mezclas (ESAL mayor a 10^7) para obtener mezclas más durables puesto que el pavimento no ha cumplido con su vida útil.

Minaya, C. (2017). Con su tesis titulada: **“Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017”**, para optar el Título de Ingeniería Civil, que se presentó en la Universidad Nacional de Ingeniería Civil, tipo de investigación Cuantitativa.

Los resultados se analizó grupos de ensayo asfáltico como instrumento, por un lado, el grupo de control que una mezcla asfáltica convencional y como grupo experimental una mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado. Según los resultados obtenidos en la parte experimental, si la mezcla asfáltica experimental presenta una leve reducción en el flujo de con respecto a la mezcla de control, lo cual indica que además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes. Por otro lado, económicamente, Se puede observar que el porcentaje de incidencia del cemento asfáltico modificado con el PET es de. Se finalizó, el costo total de producción por m³ de mezcla asfáltica modificada es más económica, representando un menor costo en comparación al costo de la mezcla asfáltica tradicional.

Infante, C. & Vásquez, D. (2016) En su tesis titulada: **“Estudio comparativo del método convencional y uso de los Polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas”**. Para optar el Título de Ingeniería Civil, que se presentó en la Universidad Científica del Sur, tipo de Investigación Cuantitativa. Tiene como problemática analizar comparativamente las mezclas asfálticas convencionales y las modificadas con polímero EVA y SBS, en su

comportamiento mecánico; demostrar si los polímeros mejoran las propiedades mecánicas del asfalto modificado en relación con el asfalto convencional. Se especifican el uso del asfalto PEN 60-70 y agregados provenientes de la planta de asfalto “La Pluma” perteneciente al Gobierno Regional Lambayeque. Para el desarrollo de la investigación, se logró utilizar los polímeros EVA y SBS y elegir convenientemente la mezcla analizando aspectos técnicos y económicos.

El resultado se determinó que en el diseño de mezclas de asfalto convencional el porcentaje óptimo de asfalto es 5 % para Transito Liviano y 5.3 % para Tránsito Pesado.

Partiendo del porcentaje de asfalto óptimo convencional se realizaron combinaciones para determinar el porcentaje óptimo de polímero SBS teniendo como resultados un porcentaje para transito Liviano y Pesado de 5 % y 4% respectivamente y con polímero Eva 4% para Transito Liviano y 3% para Tránsito Pesado.

Se concluyó que los porcentajes de polímeros que se adiciono a la mezcla asfáltica en la investigación, son técnica y económicamente los óptimos y están demostrados mediante los ensayos que se realizó en laboratorio, siendo descritos en el capítulo IV Análisis e interpretación de Resultados

2.3.3. ANTECEDENTE LOCALES:

Ramos Hinojosa, Gabriel J. (2014) En su tesis titulada: “**Mejoramiento de Subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de Bolsas de Polietileno reciclados en carreteras de Pomalca**”. Para optar el Título de Ingeniería Civil, que se presentó en la Universidad Cesar Vallejo, tipo de Investigación Cuantitativa. Tiene como problemática la baja capacidad portante que están al menor al 6% su CBR de estudios de suelos que se encontraron en varios puntos críticos de la carretera de Pomalca.

Se obtuvieron los resultados un análisis de costos unitarios nos muestra que, en términos económicos, no hay un “ahorro” durante la ejecución de un proyecto de pavimentación, no obstante, se extiende la vida útil del pavimento, permitiendo economizar gastos en la etapa de Operación y Mantenimiento. Kraton Performance Polymers, empresa productora de polímeros;

ha dado una solución para extender la duración y reducir costos y recursos a la hora de construir y renovar las carreteras, agregando polímeros al pavimento. La Universidad Técnica de Delft, en Holanda, demostró mediante ensayos y modelamientos, mejoras en el comportamiento de los pavimentos modificados. En el 2011, los estados de Minnesota, New Hampshire y Vermont llevaron a cabo proyectos de demostración, como parte del programa de pavimentado de superficies delgadas, todas las mezclas utilizaron un aglutinante asfáltico con un 7.5 % de polímero HIMA.

Se concluyó que el porcentaje de CBR de un polímero mejora a nivel de subrasante en todos los puntos críticos de la carretera Pomalca.

2.4 MARCO CONCEPTUAL

- **Polímeros reciclados:**

- a) Definición:

Es un polímero no renovable, proveniente del petróleo y procesado con el antimonio para obtener el PET (Tereftalato de Polietileno) en pequeñas partículas.

- b) Tipos de botellas de plástico y su reciclaje:

1. PET o PETE (tereftalato de polietileno). Este es uno de los plásticos reciclados con más frecuencia por los consumidores. Incluyen algunas botellas de refrescos, botellas de agua de plástico, tarros de mantequilla, envolturas de plástico y botellas de aderezo para ensaladas.

2. HDPE (polietileno de alta densidad). Este tipo de plástico reciclable es también con frecuencia reciclado por los consumidores. Los plásticos incluidos en esta categoría incluyen algunos cartones de leche de plástico, botellas de jugo, botellas de champú y envases de detergente líquido. (Infante & Vásquez, 2016)

3. PVC (policloruro de vinilo). Este tipo de plástico reciclable es menos aceptado en los centros de reciclaje local. Se encuentra en una serie de paquetes de alimentos, envases de

detergente líquido, y muchas aplicaciones incluyendo la construcción de los conos de tráfico.

4. LDPE (Polietileno de baja densidad). Este tipo de plástico reciclable, se utiliza en algunos empaques de pan y bolsas de comida congelada, botes de basura y bolsas de basura.

5. PP (Polipropileno). Un plástico de uso común en la industria del automóvil y la construcción, son plásticos que también son reciclables e incluyen algunas cubiertas para baterías de automóvil, embudos de petróleo y pajitas de plástico para beber.

6. PS (Poliestireno). También un tipo poco común de plástico reciclable, este tipo de plástico incluye empaques de espumas, cubiertos de plástico, protección para el embalaje de productos electrónicos y juguetes.

7. Otros. Algunos tipos de plástico no se pueden reciclar, ya que comúnmente se hacen con una combinación de los últimos seis tipos de plástico, o con un tipo de plástico que no esté dentro de los seis anteriores. Aquí se incluye el plástico reciclable de las botellas reutilizables de galón de agua. (Infante & Vásquez, 2016)

- **Subrasante:**

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones la subrasante se define como la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se colocará la estructura del pavimento o afirmado.

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones indica que los suelos que se encuentren ubicados debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad menor de 0.60 m deberán ser suelos adecuado y estables con $CBR > 6$. Cuando el suelo presente $CBR < 6$, se tendrá que realizar una estabilización planteando alternativas de acuerdo a la naturaleza del suelo.

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, donde se asentará el pavimento, y debe estar conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Se identifican 6 categorías de subrasante de acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 FORMULACION DE HIPOTESIS

3.1.1 HIPOTESIS GENERAL

El uso de polímeros reciclados mejorará la resistencia del nivel de subrasante en el distrito La Victoria.

3.1.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS

- Las propiedades mecánicas y físicas influyen en la baja capacidad portante de resistencia del nivel de subrasante en las carreteras del distrito de la Victoria.
- Existe una clasificación y empleo adecuado de los polímeros reciclados para el mejoramiento de la capacidad portante en la subrasante en las carreteras del distrito la victoria.
- Existen algunas diferencias entre el empleo de polímeros reciclados y el recomendado por el ministerio de transporte y comunicaciones.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.2.1 CLASIFICACION DE VARIABLES

- VARIABLE INDEPENDIENTE:

El aumento de CBR empleando polímeros reciclados

- **VARIABLE DEPENDIENTE:**

La baja capacidad portante a nivel de subrasante en las calles del distrito de La Victoria

3.2.2 DIFINICION CONSTITUTIVA DE VARIABLES

SUBRASANTE

La subrasante es la capa superficial de terreno natural, es el soporte de la estructura del pavimento. Para el diseño del pavimento se tendrá que sectorizar desde el punto de vista del suelo de fundación y según ello evaluar las propiedades mecánicas, físicas y químicas, en campo y laboratorio. (Chapoñán & Quispe, 2017)

POLÍMERO RECICLADO

Es un polímero no renovable, proveniente del petróleo y procesado con el antimonio para obtener el PET (Tereftalato de Polietileno) en pequeñas partículas. El PET es un material duro de degradar, demora alrededor de 700 años en degradarse ya que los microorganismos no tienen mecanismos para atacarlas, no es sino hasta entonces que los enlaces químicos entre los átomos del plástico comienzan a descomponerse.

En el Perú según la organización de las Manos productivas- Villa el Salvador se produce como residuos aproximadamente 140,000 kilogramos de botellas de plástico por día, esta cantidad representa más de 4 millones de botellas que se votan a nivel nacional. (Infante & Vásquez, 2016)

3.2.3 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Dependiente: La baja capacidad portante a nivel de subrasante en las calles del distrito de La Victoria	- Capacidad Portante - CBR - Propiedades Físicas. - Propiedades Mecánicas.	- Espesor de la capa de afirmado - Numero de repeticiones de EE (ejes equivalentes). - Humedad - Análisis granulométrico - Gravedad especifica de los suelos - Limite liquido - Limite plástico - Resistencia - Plasticidad	- Intervalo

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: El aumento de CBR empleando polímeros reciclados	- Capacidad Portante - CBR - Expansión del suelo - Capacidad de filtración	- Índice medio diario - Espesor del pavimento	- Intervalo

CAPITULO IV: METODOLOGIA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO Y DISEÑO

En esta investigación el diseño de investigación es cuantitativo, que consiste en que no se manipularon en forma intencional las variables que se estuvieron estudiando si no que se observaron los elementos ya existentes en la problemática de la resistencia del nivel de subrasante en el distrito de La Victoria.

4.2 TIPO Y NIVEL INVESTIGACION

El tipo de investigación en este proyecto de tesis fue Aplicada y Descriptiva, porque esto se debe que se emplearon las teorías establecidas en el entendimiento de situaciones problemáticas de la resistencia del nivel de subrasante o planteamiento de soluciones en problemas específicos y también fue una investigación de tipo descriptivo ya que se describieron distintos elementos de la situación del problema de la resistencia del nivel de subrasante del distrito de La Victoria.

4.3 POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO

4.3.1. POBLACIÓN:

Calle no Pavimentadas del Distrito de la Victoria

4.3.2. MUESTRA:

La calle siguiente:

- La Calle Carabelas y Av. Atenor Orrego

4.4 CONSIDERACIONES ETICAS

CRITERIOS	CARACTERÍSTICAS ÉTICAS DEL CRITERIO
Confidencialidad	Se asegurará la protección de la identidad de la empresa y los empleados que participan como informantes de la investigación.
Objetividad	El análisis de la situación encontrada se basará en criterios técnicos e imparciales.
Originalidad	Se citarán las fuentes bibliográficas de la información mostrada, a fin de demostrar la inexistencia de plagio intelectual.
Veracidad	La información mostrada será verdadera, cuidando la confidencialidad de ésta.
Derechos laborales	La evaluación de solución propiciará el respeto a los derechos laborales en la empresa de estudio.

CAPITULO V: TECNICAS E MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

5.1 TECNICAS Y MÉTODOS

Las técnicas e Instrumentos de recolección de datos de este Proyecto de Tesis fueron las siguientes:

TÉCNICA	USO	MÉTODO DE ANALISIS DE DATOS
Análisis de Datos.	Se revisaron los registros de la calle del distrito de La Victoria.	Cuantitativa.
Experimento.	Se determinó el CBR a nivel de subrasante	Cuantitativa.

5.2 PLAN DE RECOLECCION, PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS

Plan de análisis estadístico de datos.

Se recolectará los datos y se analizará e interpretará los resultados, para lo cual se seguirá, los siguientes pasos: Revisión y codificación de la información, luego se realizará la verificación de los registros para detectar errores.

Se realizará la categorización y tabulación de la Información, tomando en cuenta la información obtenida en los registros y en la evaluación, se realizará el proceso de tabulación manual; esto permitirá verificar las respuestas e interpretar los resultados que la investigación proyecte.

Análisis de los datos

Posteriormente se evaluará los datos haciendo uso de la estadística descriptiva y aplicando los porcentajes; los datos fueron presentados en cuadros y gráficos estadísticos para lo cual se utilizó la hoja de cálculo Excel.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- a) La subrasante con presencia importante de arcilla presenta algunas características particulares que conllevan a tener una baja capacidad portante e inestabilidad volumétrica. Esto se debe a su composición física, mecánica y química. La problemática se debe a que la subrasante es un suelo plástico y de mala granulometría, conviene que sea bien graduada, con una granulometría continua y no uniforme, con presencia de gravas, arenas y material fino, cada uno cumple una función determinada.

- b) Con la adición de polímeros reciclados (PR), obtenidos de las botellas descartables PET, solo se mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante, el suelo estudiado presenta gran presencia de arcillas, siendo su granulometría muy fina y carente de partículas de mayor diámetro que son muy importantes para una buena capacidad portante, razón por la cual al adicionar los PR al 1.5% del peso seco del suelo, con dimensiones entre 5 y 10 mm de forma rectangular, se aprecia un incremento porcentual en promedio del CBR en 26% debido a que el PET es un material resistente y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia al corte.
- c) El suelo estudiado presenta dos tipos de problemas, la plasticidad y baja capacidad portante, con la adición de polímeros reciclados solo se mejoró el segundo componente, con la adición de la cal sólo modifica la textura y no hace efecto en el incremento de la resistencia. Para lo cual se puede adicionar los polímeros reciclados y así incrementar la capacidad portante, como se demostró en el ensayo suelo – cal – polímero además también se reduce la formación de etringita ocasionado por la cal y sulfatos de la arcilla, de esta forma se eliminaría o se reduciría a niveles no problemáticos la patología de ataques por sulfatos.

RECOMENDACIONES

- a) En suelos arcillosos con gran presencia de impurezas como la materia orgánica y sulfatos, mayores a los valores que determina la norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para una estabilicen de suelo cal, se recomienda que se use la cal solo para modificar la plasticidad y textura del suelo, y los polímeros reciclados para aumentar la resistencia. Así se puede evitar la formación de etringita como producto de la reacción de los sulfatos y la alúmina ocasionado por la presencia importante de cal, el principal problema de esta patología es la expansión volumétrica hasta en un 250% en presencia de agua.
- b) Debido a que las propiedades de los suelos que se encuentran a nivel de subrasante, son datos importantes en el diseño de un pavimento. Ya que definen el espesor y tipo de estructura de pavimento que se debe utilizar, se recomienda minimizar y compensar al máximo posible el movimiento de tierras debido a consideraciones económicas, ambientales y técnicas, es por eso que antes de cambiar la subrasante de baja capacidad portante se recomienda realizar estudios y optar por el mejor método para poder mejorar las características físicas mecánicas y evitar movimientos de tierra.
- c) Para determinar el porcentaje optimo suelo- polímero reciclado PET, se recomienda realizar ensayos CBR del suelo - polímero con 1.3%, 1.5% y 1.8% de PET reciclado con respecto al peso seco del suelo.
- d) Finalmente se recomienda que se realice más investigaciones con otros objetos reciclados de elementos descartables de PVC, HDPE, LDPE, etc. y también con fibras fibriladas de polipropileno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Auccahuaqui, I., & Corahua, R. (2016). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA PROLONGACIÓN DE LA AV. LA CULTURA TRAMO (4TO PARADERO DE SAN SEBASTIÁN – GRIFO MOBIL DE SAN JERÓNIMO)*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
2. Bañon Luis, Bevia José (2015) Manual de Carreteras Construcción y mantenimiento
3. Barrera, Guarnica(2017). Introducción a la mecánica de suelos no saturados en vías terrestres, Instituto M
4. Calle, S., & Arce, M. (2018). *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
5. Cortez Diaz, S. (2018). Desempeño de suelos estabilizados con polimeros reciclados en el Peru , Piura
6. Chapoñán, J., & Quispe, J. (2017). *Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H. Villamaria-Nuevo Chimbote*. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
7. Chávez, J. (2017). *Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín – Yauli*. 2017. Lima: Universidad César Vallejo.
8. Das, Patricio (2018). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (5° Edc)
9. Garnica Perez, F. (2017). Estabilización de suelos con cloruro de Sodio para su uso en las Vías Terrestre (Documentos 2017). Instituto Mexicano de transporte.
10. Genaro Jose Altamirano Navarro, A. E. (2015). *Estabilizacion de suelos cohesivos por a. medio de cal en las vias*. obtener grado de bachiller, Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Potosi.
11. Infante, C., & Vásquez, D. (2016). *ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO CONVENCIONAL Y USO DE LOS POLÍMEROS EVA Y SBS EN LA APLICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS*.

12. Lime Nacional (2014). *Manual de estabilización de suelo tratado con cal*
13. Lopez Hernandez (2016). Polimeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas , Revista Iberoamericana de Polímeros
14. Manrique, G. j., & Fernandez, G. G. (2018). *Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polimeros reciclados y cal en carreteras*. Chiclayo
15. Mamani Díaz,H. (2017). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN , MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS*. Manuscrito no publicado, Universidad Peruana Unión, Juliaca , Perú
16. Menéndez Acurio (2013) Ingeniería de pavimentos utilizando polimeros reciclados :
 - a. Diseño y gestión de pavimentos flexible (1°RA edc.)
17. Ministerio de Tansportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Dirección general de caminos y ferrocarriles, MTC. pág. 1269
18. Ministerio de Tansportes y Comunicaciones. (2016).Manual de Especificaciones técnicas generales para construcción de carretera no pavimentadas de bajo volumen de transito.
19. Ministerio de Tansportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y ferrocarriles(2015) Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos.
20. Montejo Fonseca(2015) Ingeniería de pavimentos para carreteras (2° edc) , Universidad de Colombia
21. Montero, I. C. (2014). *Estabilizacion de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del canton tosagua provincia de manabi*. Ecuador.
22. Moposita, J. G. (2016). *Influencia de la inclusion de polimero reciclado (caucho) en las propiedades mecanicas de la sub base*. Ecuador.
23. Palomino, R. M. (2016).*Estabilizacion de suelos y su aplicacion en el mejoramiento de subrasante*. lima.
24. Ramos hinojosa, G. P. (2016). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polimeros reciclados en carreteras*. huancavelica.
25. Ramos, G. (2014). *"Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras"*. Paucará - Huancavelica: Universidad Nacional del Centro del Perú.

26. Ravines Merino (2015). Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Piura, Perú
27. Rico del Castillo (2016). La Ingenieria de Suelos en las vías Terrestres, Carreteras, ferrocarriles y Aeropistas(Vol. 01)
28. Silvestre, D. (2017). *Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017*. Lima: Universidad César Vallejo.
29. Vargas, N. (2017). *Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos*. Huancayo: Universidad Continental.
30. Valle Areas, W. A. (2010). *Estabilizacion de suelos arcillosos plasticos reciclados con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesiferos*.