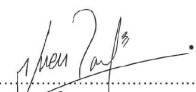


Diseño de base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica en la carretera Talara – Tumbes KM 128+000 – 132+250

por Zarate Saavedra, Carlos David & Ripalda Jibaja, Jorge Segundo



Asesor
MS. JUAN PAUL E. HENRÍQUEZ ULLOA
CIP:118101

Fecha de entrega: 19-jul-2023 12:49p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2133649603

Nombre del archivo: O_CIVIL_-_RIPALDA_JIABJA,_CARLOS_ZARATE_SIN_INDICE_NI_ANEXO.docx (4.19M)

Total de palabras: 13218

Total de caracteres: 69839

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

**Diseño de base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica
en la carretera Talara – Tumbes KM 128+000 – 132+250**

Línea De Investigación: Ingeniería de Transportes

Sub línea: Transportes

Autores:

Ripalda Jibaja, Jorge Segundo

Zarate Saavedra, Carlos David

Jurado Evaluador:

Presidente: Velásquez Diaz, Anaximandro Gilberto

Secretario: Vargas López, Segundo Alfredo

Vocal: Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

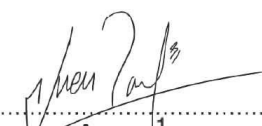
Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3357-2315>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023/09/20


Asesor¹
MS. JUAN PAUL E. HENRÍQUEZ ULLOA
CIP:118101

**DISEÑO DE BASE RECICLADA A PROFUNDIDAD ESTABILIZADA CON
EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA CARRETERA TALARA - TUMBES KM 128+000
- 132+250**

Por:

Br. Ripalda Jibaja, Jorge Segundo

Br. Zarate Saavedra, Carlos David

Jurado Evaluador:

Ing. Velásquez Diaz, Anaximandro

Presidente

Ing. Vargas López, Segundo

secretario

Ing. Merino Martinez, Marcelo

Vocal

Asesor:

Ms.Ing. Henriquez Ulloa Juan Paul Edward.
PRESENTACIÓN

Señores Miembros Del

Jurado:

De conformidad y en cumplimiento con los requisitos brindados por el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Antenor Orrego, ponemos a vuestra disposición la presente tesis titulada: DISEÑO DE BASE RECICLADA A PROFUNDIDAD ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA CARRETERA TALARA – TUMBES KM 128+000 – 132+250 , para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El presente trabajo ha sido desarrollado aplicando los conocimientos adquiridos en la etapa universitaria, revisando constantemente Fuentes bibliográficas y con el asesoramiento del Ing. Henriquez Ulloa Juan Paul Edwar.

Los Autores

DEDICATORIA

Dedicarte todo mi esfuerzo y perseverancia a las personas que depositaron su confianza en mí, a mi Padre por siempre ser un ejemplo para mí, a mi madre por el esfuerzo inmenso y apoyo incondicional que siempre me dio, a mi hermano, tíos y abuelas por su comprensión y confianza.

Br. Ripalda Jibaja, Jorge Segundo

Dedicar el presente trabajo de investigación a Dios, agradeciéndole por guiarme por el buen camino y no dejarme solo, por regalarme sus bendiciones y el conocimiento para culminar mis estudios con la entrega de este trabajo, cumpliendo así uno de mis más grandes sueños y metas; por la fortaleza que siempre nos brinda para poder continuar el arduo trabajo que implica todo. Agradecer también a mis familiares por el aliento constante para poder lograr esto, con mención especial hacia mi padre, quien es la persona más dedicada y llena de energía para estar presente el día a día; y a mi madre por ser tan amigable y confiable, siempre apoyándome en los nuevos retos que se nos presentan en la vida y siempre confiando en mí, y finalmente a mi abuelito Héctor que desde el cielo me guía y me protege.

Br. Carlos David Zarate Saavedra

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, a mi familia por su ejemplo de superación y guía para alcanzar mis metas, al Ing. Pedro Palacios Almendro por ser mi mentor y brindarme la oportunidad de desarrollarme laboralmente en el campo de la ingeniería. Muchas gracias.

Br. Ripalda Jibaja, Jorge Segundo

Agradezco a Dios por siempre cuidarnos y guiarnos por el buen camino y dándonos la oportunidad en seguir alcanzando nuestras metas proyectadas, también a nuestros padres por ese apoyo mental y económico para nuestra superación, a nuestra familia que siempre estuvieron en las buenas y mala, a pesar de los obstáculos presentados

Br. Carlos David Zarate Saavedra

RESUMEN

En la presente investigación tiene como objetivo establecer el diseño de pavimento para el reciclado y recapeo de la carretera Talara – Tumbes en los kilómetros 128+000 – 132+250.

Se tiene la finalidad de lograr un diseño de pavimento eficaz, eficiente y ecológico, ya que se reciclará la carpeta asfáltica existente para mejorar la base, de esta manera se minimiza el uso de materiales bituminosos y se disminuyen los costos.

Durante este estudio pudimos constatar que la vía presenta una superficie de rodadura deteriorada, con presencia de fisuras y zonas de parchado. La capa de rodadura fluctúa entre los 4 y 14 cm. Se han evidenciado deformaciones en la rodadura atribuibles a las deficiencias estructurales tanto del pavimento como de la sub rasante. En las bermas predomina un tratamiento superficial de rodadura en regular estado de conservación, la misma que no se encuentra a nivel con la calzada.

Este proyecto tiene la finalidad de solucionar la problemática de esta vía nacional, problemática que impide el libre flujo de los vehículos y a su vez es un riesgo potencial para los mismos y sus ocupantes.

Para el diseño del pavimento flexible propuesto se ha llevado a cabo un estudio de tráfico durante una semana, para el cálculo del espesor del pavimento se utilizará la metodología AASHTO93, además de que se realizarán los ensayos de mecánica de suelos pertinentes a todos los materiales que conformarán el pavimento, incluyendo la base reciclada con la carpeta asfáltica existente y emulsión asfáltica.

Finalmente se llegará a una propuesta para el diseño del pavimento, así como diseño de sus componentes: Carpeta asfáltica y base. Dando solución a la problemática de esta vía nacional.

Palabra clave: Diseño de pavimento, mecánica de suelos, base reciclada, carpeta asfáltica, emulsión asfáltica.

ABSTRACT

The objective of this research is to establish the pavement design for the recycling and resurfacing of the Talara - Tumbes highway at kilometers 128+000 - 132+250.

The purpose is to achieve an effective, efficient and ecological pavement design, since the existing asphalt layer will be recycled to improve the base, thus minimizing the use of bituminous materials and reducing costs.

During this study, we found that the road has a deteriorated wearing surface, with cracks and patched areas. The wearing course fluctuates between 4 and 14 cm. There is evidence of deformations in the wearing course attributable to structural deficiencies in both the pavement and the subgrade. On the berms there is a predominant surface treatment of the pavement in a regular state of preservation, which is not level with the roadway.

The purpose of this project is to solve the problem of this national road, a problem that impedes the free flow of vehicles and at the same time is a potential risk for them and their occupants.

For the design of the proposed flexible pavement, a traffic study was carried out during one week, for the calculation of the pavement thickness the AASHTO93 methodology will be used, in addition to the relevant soil mechanics tests for all the materials that will make up the pavement, including the recycled base with the existing asphalt layer and asphalt emulsion.

Finally, a proposal for the design of the pavement, as well as the design of its components, will be prepared: Asphalt binder and base. Giving solution to the problem of this national road.

Keywords: Pavement design, soil mechanics, recycled base, asphalt layer, asphalt emulsion.

I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es de suma importancia a nivel mundial para el desarrollo económico de un país, permite el transporte de mercancías y personas, lo cual activa la economía de una nación. La vía en cuestión “CARRETERA TALARA – TUMBES” además de ser una carretera nacional pertenece a la panamericana, que es un sistema de carreteras que vincula casi todos los países del continente americano, el tramo en estudio es la principal vía terrestre de conexión con el país vecino de Ecuador, debido a esto es de suma importancia que se encuentre en buen estado, para asegurar el comercio, la seguridad de los conductores y la imagen de nuestra nación “Perú”

La presente tesis para optar nuestro título profesional tiene como objetivo el diseño de pavimento para los sectores deteriorados de la CARRETERA TALARA – TUMBES utilizando el reciclado de la carpeta asfáltica y base existentes para preparar una base estabilizada con emulsión asfáltica

Se realizó un recorrido vehicular y posteriormente una caminata para evaluar la vía e identificar los sectores que requieren intervención, posterior a ello se llevó a cabo un estudio de tráfico y suelos, estudios fundamentales para el diseño de un pavimento mediante la metodología AASHTO93, además se llevó a cabo el diseño de la carpeta asfáltica y la base estabilizada.

1.1. Realidad Problemática:

A nivel global existen muchas carreteras sumamente deterioradas a causa de deficiencias en diseño, construcción o falta de mantenimiento, debido esto nosotros no vimos motivados a realizar este proyecto. El pavimento flexible destaca sobre las otras alternativas debido a su menor costo, excelente resiliencia, buena serviciabilidad, flexibilidad, reutilización y rápida puesta en servicio.

A nivel macro, en Perú el pavimento flexible es utilizado en la mayoría de vías debido a las ventajas mencionadas anteriormente, sin embargo el pavimento flexible requiere de ciertos cuidados, mantenimientos rutinarios, periódicos y recapeos una vez cumplido su periodo de diseño, los cuales no se llevan a cabo cuando deberían o incluso no se realizan. Esto desencadena que se reduzca la calidad de la transitabilidad de nuestras vías y finalmente estos mantenimientos no realizados se conviertan en reconstrucciones, incrementando los costos.

A nivel micro, las condiciones climatológicas de las regiones de Piura y Tumbes se ven alteradas cada cierto tiempo; especialmente durante la presencia del fenómeno de El Niño, durante eventos débiles y moderados la lluvia total puede aumentar entre 40% y 100% respecto al valor normal; ello implica que durante enero a marzo se pueden esperar bajo estas condiciones 400 a 550 mm de lluvia, lo cual puede ser sumamente desfavorable para un pavimento flexible con deficiencias de diseño, construcción y drenaje.

A nivel nano, la carretera Talara – Tumbes es una vía de gran importancia ya que une el circuito de playas del norte del país, una vía vital para el turismo, además es la vía que da acceso al puerto de Paita a Tumbes y sus provincias, fundamental para las exportaciones. Su deteriorado estado presenta un peligro para quienes transitan por ella.

1.2. Descripción del Problema:

Desde tiempo antiguo la infraestructura vial es de vital importancia para el desarrollo de una civilización o nación, está directamente relacionada con la economía y turismo, pues permite la comunicación entre las diferentes ciudades y el intercambio de bienes y servicios. De esta manera es que el pavimento, como la parte principal de la infraestructura vial cumple un rol fundamental en las actividades antes mencionadas.

En el Perú, la carretera Talara - Tumbes debido a la falta de mantenimiento y fallas estructurales empezó a mostrar una superficie de rodadura deteriorada, con presencia de fisuras y zonas de parchado, dejando la base del pavimento expuesta a la carga vehicular y las condiciones climáticas, lo que genera su abrasión y destrucción. Además, se han evidenciado deformaciones en la carpeta de rodadura que se atribuyen a fallas estructurales de la base y subrasante.

Ante eso se propone el reciclado de la base y carpeta asfáltica existentes con emulsión asfáltica (base estabilizada) y la colocación de una nueva carpeta asfáltica en caliente con cemento asfáltico modificado. No será necesario la colocación de nuevos agregados para la base, teniendo como resultado un ahorro económico y un pavimento de una capacidad superior.

Esta investigación propondrá no solo un diseño estructural del pavimento, sino también el diseño de la carpeta asfáltica y la base estabilizada con sus respectivos ensayos de laboratorio.

3

1.3. Formulación del Problema

¿Cuál es el diseño de base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica que permita la rehabilitación de las condiciones de servicio de la carretera Talara – Tumbes km 128+000 – 132+250?

1.4. Objetivo General

Realizar un diseño de base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica en la carretera talara – tumbes km 128+000 – 132+250.

1.5. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio topográfico para determinar el trazo de la vía.
- Determinar la carga proyectada de diseño mediante el método de los aforos vehiculares.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación para determinar los parámetros mecánicos, físicos y químicos de los materiales a utilizar en el diseño de la base del pavimento.
- Diseñar la base reciclada del pavimento flexible mediante el método “Illinois”.

1.6. Justificación del Estudio

La investigación se justifica académica y técnicamente ya que los resultados ayudaran a estandarizar las proporciones de emulsión a usar en bases estabilizadas, determinar aporte de asfalto de la carpeta existente y como utilizar el ensayo Marshall en bases estabilizadas. Además, se definirá el número estructural necesario para que el pavimento soporte las cargas que fueron obtenidas mediante el estudio de tráfico.

Socialmente ayudara a que se haga una intervención adecuada y eficaz, una vez realizado el reciclado y recapeado de la carretera se recuperara el libre flujo de los vehículos, así como se le dará seguridad para quienes transitan por esta vía.

La investigación se justifica económicamente ya que se reutilizarán la base y carpeta asfálticas del pavimento existentes, por loque ya no será necesario la adquisición o producción de material granular para base, lo cual genera una disminución muy significativa en los costos de pavimentación, además de optimizará el diseño teniendo en cuenta los CBR´s de la subrasante en distintos tramos para así no utilizar más espesor de carpeta asfáltica del que sea necesario.

La investigación se justifica ambientalmente ya que con el reciclado de la carpeta asfáltica se evita el encapsulamiento de esta gran cantidad de desechos, además al combinar en el reciclado la base con la carpeta se aumenta la resistencia potencial de la base estabilizada, lo que te permite usar menores espesores en la nueva carpeta asfáltica y por ende disminuir la cantidad de materiales bituminosos que son altamente contaminantes.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes a nivel nacional

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

- TESIS: Sánchez, M. (2017) Lima, en su investigación llamada **“Diseño y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje en la carretera Lima-Canta (km 78+000 al km 79+000)”**. explicaran el objetivo, de emplear el reciclaje asfáltico e incorporarlo en diseño para un nuevo pavimento, fue con la finalidad de determinar los beneficios que el reciclado puede ofrecer. Como se tiene conocimiento la finalidad del investigador es poder obtener un diseño optimizado y mejorado, un diseño con mayor flexibilidad, durabilidad y mucho más económico. Hay que mencionar que al usar asfalto reciclado se obtuvo un 14.34% más de resistencia en comparación con los diseños convencionales, obteniendo un diseño con mayor resistencia a las cargas generadas por los vehículos.

Aporte: Esta tesis tiene la finalidad de evaluar y estudiar las características del pavimento reciclado, además de que tanto se podría reducir los costos y el tiempo de producción.

- TESIS: (Fano y Chávez, 2017) Lima, en su investigación titulada **“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO BÁSICO RECICLADO Y MEJORADO CON CEMENTO PORTLAND PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES EN EL PROYECTO DE CONSERVACIÓN VIAL DE HUANCAVELICA”**. El objetivo principal es plantear la estructura de un pavimento mejorado con cemento portland, que cumpla con las exigencias técnicas, determinando las características y propiedades de los materiales a utilizar y suelo existente del corredor vial que será mejorado con el uso de cemento portland, y a su vez será sometido a un reciclaje para la construcción de una vía de bajo volumen de tránsito.

Aporte: La investigación puso en evidencia la utilización de diseños que influyen directamente en el comportamiento del pavimento flexible y permite plantear diseños, de tal manera que se pueda maximizar su período en su vida útil, minimizando los gastos de mantenimiento.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacionales

- TESIS: (Dávila, 2012) Ecuador, la investigación llamada “**Diseño de la Rehabilitación del pavimento flexible en el tramo "Guayllabamba - El Pisque"**”. Tuvo como objetivo llevar a cabo un diseño de pavimento flexible para la rehabilitación en el tramo "Guayllabamba - El Pisque", con el uso de reconocimiento visual y estudios pertinentes para la determinación de la condición actual del pavimento que permitan plantear las medidas para la recuperación de la estructura del pavimento existente.

Aporte: La tesis descrita anteriormente espera lograr un diseño de pavimento adecuado sin llegar a una rehabilitación total de la zona en estudio, esta metodología ayuda a determinar las mejores medidas para la recuperación del pavimento.

- Para Aguiar, y Miranda, de LANAMMEUCR (2019): La principal finalidad de la implementación del uso del RAP como un componente del pavimento apunta a la sostenibilidad, como una medida de mitigación para el impacto ambiental generado por la no utilización de un material con alto potencial mecánico y reducción en la extracción de fuentes de agregados. En cuanto al ámbito económico, el reemplazo de un porcentaje de material utilizado en el pavimento por uno reutilizado representa un gran ahorro en los agregados necesarios para la producción de la mezcla.
- Para Marantzidis y Giraldo, Bocaya, Reyes & Camacho (2015). Dice que, para sacar el máximo provecho a los pavimentos dañados y envejecidos, se recomienda usar un proceso de fresado, para así poder recuperarlos y reutilizarlos en el reciclado del mismo o un nuevo pavimento, minimizando el impacto al medioambiente, y generando mayor rentabilidad, debido a que este proceso se lleva a cabo a partir de un producto que en otras condiciones sería desechado, minimizando la explotación de canteras. En Estados Unidos y Europa el uso del reciclado de pavimentos (RAP) es muy común. Según la EAPA, al año se reciclan y reutilizan aproximadamente 50 millones de toneladas de pavimento.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Definición del Pavimento Flexible

El pavimento, es un elemento estructural conformado usualmente por sub rasante, sub base, base y carpeta asfáltica, estas son obtenidas a través de los movimientos de tierras y explotación de canteras, que luego de pasar por un proceso de diseño y construcción, tiene una capacidad de resistir los esfuerzos generados por los vehículos que circular en el.

La carpeta asfáltica tiene la función de brindar protección a las dos capas que están debajo; la base granular esta conforma de material granular con el fin de darle más resistencia a la carpeta asfáltica. “De acuerdo al manual de carreteras, suelos y pavimentos, el diseño se hace en etapas de 10 y 20 años, con un mantenimiento a corto o largo plazo dependiendo de las circunstancias climatológicas y geográficas a las que está expuesto el pavimento”. (Chirinos, Método de Diseño de Pavimentos, 2015).

2.2.2. Estructura del pavimento Flexible

2.2.2.1. Subrasante:

Conocida también como fundación, es el material existente que después del movimiento de tierras de corte y relleno recibe a las demás estructuras que conforman el pavimento.

2.2.2.2. Subbase:

En el (2005) Tafur define a la subbase como un relleno nivelado y compactado colocado sobre la subrasante. La principal función de esta es de drenar al pavimento para así controlar y eliminar cualquier cambio de volumen, así como las fallas de elasticidad y cualquier presencia de plasticidad que perjudican todo el sistema. Es importante mencionar que la subbase; protege al pavimento del ascenso de distintas capas freáticas cercanas, protegiendo el pavimento de ahuellamientos y ondulaciones que pueden generarse debido al aumento de humedad en lluvias o nevadas. (Chirinos, Método de Diseño de Pavimentos, 2015).

Nos indica que los materiales utilizados en la subbase deben cumplir con los requerimientos calidad necesarios para lograr tener la mayor

capacidad de resistencia, puede utilizarse materiales como arenas bien graduadas, gravas, e restos de materiales de cantera.

2.2.2.3. Base:

En el (2005) Tafur define a la base como la capa que tiene la finalidad de absorber todas las cargas vehiculares y peatonales, y a su vez que minimiza homogéneamente las cargas transmitidas a la subbase y subrasante (terreno natural). De acuerdo a Tafur las bases no necesariamente tienen que ser materiales granulares, si no también pueden contener mezclas bituminosas, pueden ser suelos estabilizados con cal, cloruro de sodio, emulsión o con un material ligante (Chirinos, Método de Diseño de Pavimentos, 2015).

La Sub base es la capa en la cual van a recaer la mayor parte de las cargas y esfuerzos producidos por el constante paso de los vehículos. la carpeta asfáltica es colocada sobre esta capa debido a la baja capacidad de la base para trabajar a fricción.

El pavimento consta de dos capas primordiales, la primera es la carpeta asfáltica y la segunda es la base granular. El espesor de la base granular puede variar entre 10cm a 30cm de acuerdo a las características de diseño del pavimento.

2.2.2.4. Carpeta Asfáltica

Se coloca sobre la base y proporciona una capa de rodadura para la vía. Esta carpeta es elaborada con una mezcla bituminosa proveniente de derivados del petróleo, el principal componente de esta mezcla es el alquitrán, un aglomerante para el asfalto. Es de suma importancia ya que ayuda a obtener un asfalto optimo, y así garantizar una mayor resistencia de la capa.

Según la tesis (BENITES y CASTILLO, 2019) la carpeta asfáltica evita la degradación de las capas inferiores y contribuye con el numero estructural para soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se diseña con espesores de a 2.5 cm a más).”

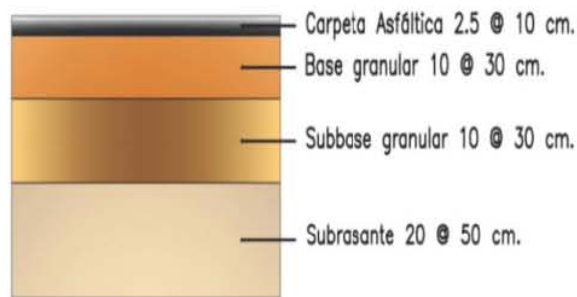


Figura 01: Perfil Estructural del Pavimento

Fuente: Instituto Mexicano de Transporte

2.2.3. Reciclado Asfáltico De Pavimento (RAP)

Para Copeland, citado en Aguiar & Miranda, LANAMMEUCR (2019) El RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado), es el material que procede de la recuperación de un pavimento flexible que ya cumplió con su tiempo de servicio para el cual fue diseñado, pero que, las características que tiene nos permiten reutilizarlo para formar parte de una nueva estructura o rehabilitar la existente. La adición de este material a las mezclas asfálticas disminuye considerablemente el uso de un nuevo material, lo que genera ahorros y contribuye al cuidado del medio ambiente (Chirinos, Método de Diseño de Pavimentos, 2015).

La norma del MTC-EG (2013) en el manual de carreteras, nos dice que el área y espesor del escarificado se llevara a cabo como lo indique el proyecto realizándose, el trabajo de la escarificación puede realizarse sin ningún inconveniente a temperatura ambiente, sin ser necesaria la adición de solventes ya que podrían afectarlas propiedades del contenido asfáltico existente y la gradación de los agregados.

2.2.4. Características del (RAP).

El RAP se obtiene al llevar a cabo trabajos rehabilitación de la de un pavimento, está conformado por materiales de alta calidad y cemento asfáltico que ya cumplió su tiempo de servicio y esta envejecido, a estos materiales se les realiza diferentes ensayos con la finalidad de determinar si sus propiedades físicas y mecánicas cumplen con los requisitos mínimos para poder darle un

nuevo al material reciclado, los ensayos realizados nos permiten analizar las características del reciclado, y establecer los parámetros iniciales para el diseño de la nueva base granular normados por la (ASTM) y (AASHTO).

2.2.5. Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta (CSS-1).

De acuerdo a el ASPHALT INSTITUTE, citado por Zambrano y Zavala en (2019). La emulsión asfáltica es una dispersión estabilizada que contiene minúsculas gotas de asfalto en agua y debido a la presencia de un emulsificante, que es una solución jabonosa, gracias a esto se logra la homogenización de estos componentes (Chirinos, Método de Diseño de Pavimentos, 2015, pág. 1).

Una emulsión está compuesta principalmente por: agua, asfalto, y solución emulsificante, existiendo distintas clases y tipos que pueden ser utilizadas para casos excepcionales. Dependiendo de los requerimientos la emulsión puede aditivos adicionales como: estabilizadores o mejoradores de adherencia que aumentan considerablemente el recubrimiento de los agregados, y el tiempo de rompimiento.



Figura 02: Composición de Emulsión Asfáltica

Fuente: Instituto Mexicano de Transporte

2.2.5.1. Clasificación Según Su Polaridad:

- **Emulsión Asfáltica Catiónica**

Son emulsiones que contienen partículas asfálticas de carga eléctrica positiva, estas partículas se mueven en dirección al cátodo, obteniendo como resultado una emulsión catiónica.

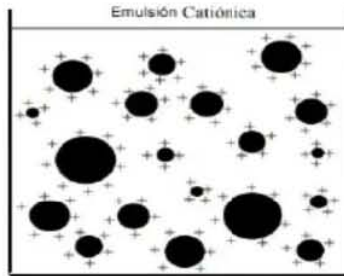


Figura 03: Carga Eléctrica de Emulsión Catiónica

Fuente: Instituto Mexicano de Transporte

- **Emulsión Asfáltica Aniónica**

Son emulsiones que contienen partículas asfálticas de carga eléctrica negativa, estas partículas se mueven en dirección al ánodo, obteniendo como resultado una emulsión catiónica. Para la corroboración de la carga eléctrica de una emulsión asfáltica se usa una corriente eléctrica que pasa a través de la emulsión asfáltica haciendo que las moléculas con cargas negativas se muevan hacia el ánodo, de esta reacción química deriva su nombre.

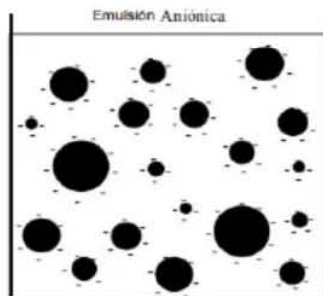


Figura 04: Carga Eléctrica de Emulsión Aniónica

Fuente: Instituto Mexicano de Transporte

- Emulsión Asfáltica No - Iónica (Chirinos, Método de Diseño de Pavimentos, 2015).

Son emulsiones asfálticas cuyas partículas no poseen carga eléctrica, poseen neutrones y debido a esto no son atraídos, y no migrarán a ningún alguno.

2.2.6. Adherencia de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS-1)

Se define a la rotura de una emulsión como reacción química que se genera cuando los agregados pétreos entran en contacto con las moléculas de asfalto dispersas en el agua, generando una ionización del agregado, esto permite que las partículas de asfalto en el agua se adhieran de manera rápida, recubriendo las partículas del agregado aun estando éste en condiciones de humedad. Posteriormente ocurre la coalescencia, que es el proceso de conversión de la emulsión asfáltica catiónica a en betún asfáltico, este tipo de rotura permite obtener una mezcla homogénea e insoluble en soluciones acuosas.



Figura 05: Adherencia de las partículas de Asfalto al agregado

Fuente: Instituto Mexicano de Transporte

2.2.7. Resistencia al esfuerzo cortante (CBR)

- Según el Manual de ensayo de materiales del MTC (2016)

El ensayo California Bearing Ratio (CBR) nos permite determinar el índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte. Este ensayo se realiza una muestra de suelo preparada en laboratorio bajo óptimas condiciones de humedad y densidad, también se puede realizar el CBR a muestras obtenidas de cualquier cantera o terreno. El CBR se emplea para obtener la resistencia potencial que puede tener un suelo, los resultados de este ensayo forman parte fundamental de varios métodos de ensayos realizados a los pavimentos.

2.2.8. Estabilidad de base granular

De acuerdo a (Minaya y Ordóñez, 2006, p. 7) para llevar a cabo una prueba de estabilidad se coloca el espécimen cilíndrico obtenido en campo o muestra

moldeada en laboratorio de forma horizontal en el cabezal Lottman, donde será sometido a una carga hasta que se produzca la falla por flujo o la rotura del espécimen. En el instante que se produce la falla se debe tomara lectura de la estabilidad que soporto la muestra. La estabilidad es la resistencia del espécimen contra la deformación y el desplazamiento.

Para (Minaya y Ordóñez, 2006, p. 7) El Angulo de fricción y la cohesión interna de los agregados son las dos características principales que influyen directamente en la estabilidad de una mezcla asfáltica; esto de debe a que la fricción interna y las partículas del agregado se relacionan con la textura y sus características geométricas. La estabilidad de un diseño va en aumento conforme se va agregando un mayor contenido asfáltico, es de suma importancia tener en cuenta que si se sobrepasa la cantidad requerida esta impedirá la fricción interna de las partículas, generando que la estabilidad se vea disminuida, de tal manera como se puede observar en la siguiente gráfica.

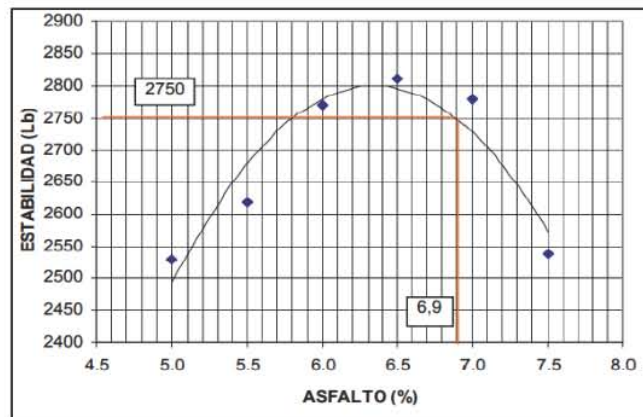


Figura 06: Estabilidad vs contenido de asfalto.

Fuente: Minaya y Ordóñez (2006)

2.3. Marco Conceptual

- **Sección Transversal:** Según el manual de carretera del MTC es la representación gráfica de una sección de la vía, transversal al eje.
- **Capa de refuerzo:** Consiste en la colocación de capas adicionales que aumentan la capacidad estructural o mejoran la serviciabilidad de la vía.
- **Compactación:** Para la presente investigación este término se refiere al

proceso en el cual se aplica una fuerza un material para densificarlo.

- **Elasticidad:** Para la presente investigación este término hace referencia a la capacidad de un material para recuperar su estado original después de haberse aplicado una fuerza.
- **Disgregación:** Proceso físico o químico por el cual se separan los agregados pétreos que componen una mezcla asfáltica.
- **Fallas estructurales:** Son fallas originadas por la degradación de una o más capas del pavimento, en tal magnitud que pierde sus condiciones de diseño.
- **Fallas funcionales:** Comúnmente fallas de la capa asfáltica superficial que afectan la serviciabilidad.
- **N:** Número acumulado de ejes equivalentes de 8.2 ton. Utilizado en el periodo de diseño.
- **Rap (Reclaimed Asphalt Pavement):** Según Aguiar & Miranda en LANAMMEUCR (2019) Son materiales procedentes del fresado o a demolición de mezclas asfáltica.
- **Reciclaje:** Consiste en la reutilización parcial o total de las capas de la estructura existente, con la finalidad de ser utilizado para rehabilitar la estructura existente o en un nuevo diseño.
- **Calzada:** Para la presente investigación este término hace referencia a la zona de estudio para la cual se diseñará el pavimento flexible.

2.4. Hipótesis:

Un diseño de base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica optimizara las condiciones de serviciabilidad en la carretera talara – tumbes tramo km 128+000 – 132+250 cumpliendo con las especificaciones normativas de (AASHTO T246 y T-247) y Marshall (AASHTO T-245), que recibe el nombre de “Marshall modificado Illinois”.

2.5. Variable

Variable Compleja: Diseño de base reciclada estabilizada.

Tabla 01

Cuadro de operacionalización de la variable

VARIABLE	DEF. DE VARIABLE	DIMENSION ES	INDICADORES	UN D	DEF. DEL INDICADOR	INSTRUMENTO
	Una base reciclada y estabilizada contempla generar cohesión entre las partículas de los componentes de la mezcla e impermeabilizar estas capas.	Topografía Propiedades Físicas y mecánicas.	Coordenadas Proctor	E-N Gr/ cm ³	Grupos de números que describen una posición El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación.	Estación Total Martillo y Molde Proctor
“DISEÑO DE BASE RECICLADA ESTABILIZADA”	Este objetivo se consigue cuando las partículas de suelo son cubiertas por asfalto generando cohesión entre ellas y previniendo o disminuyendo la penetración de agua, evitando la reducción de la resistencia del suelo.	Estudio de Tráfico Diseño de Base Estabiliza	CBR Ejes Equivalentes	% Tn	Es una prueba de resistencia simple que compara la capacidad de carga de un material con la de una piedra triturada bien graduada Cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado.	Prensa CBR Conteo vehicular
		Diseño de Base Estabiliza	Módulo de Rotura	KN	Es definida como la compresión máxima que un objeto de prueba puede soportar manteniendo su integridad.	Prensa Marshall
		Estabiliza	Contenido vacíos	de %	Es definida como un porcentaje del volumen de la mezcla asfáltica.	Picnómetro de vacío
			Contenido asfalto	de gr	Es definida como la determinación del contenido óptimo de asfalto para un determinado tipo de mezcla asfáltica.	Centrifuga

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

III. METODOLOGIA

3.1. Material

3.1.1. Población

Usuarios de la carretera Talara Tumbes.

3.1.2. Muestra

Tramo de la carretera que comprende del km 128+000 al km 132+250, siendo un total de 4250 metros de extensión.

3.2. Métodos

3.2.1. Diseño de Contrastación

El presente proyecto es descriptivo, técnico y constructivo, ya que se emplea el tramo de la carretera Talara Tumbes KM 128+000 – 132+250 con datos que se pueden observar y medir.



M: Muestra

O: Lo que observamos

3.2.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Tabla 02

Cuadro de Instrumento de Recolección de Datos

Técnicas	Instrumentos de recolección de datos
Cálculo de ejes equivalentes	Estudio de tráfico
Diseño de pavimento	Ensayos de laboratorio
Normativa de diseño vigente y herramientas de cálculo	Manual de carreteras MTC, Manual de ensayo de materiales MTC, Microsoft Excel

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

3.2.3. Procesamiento y análisis de datos

- Los datos obtenidos en el estudio de tráfico servirán para determinar la cantidad y clases de vehículos que circulan por la vía.
- Los ensayos de laboratorio junto con el estudio de tráfico servirán para llevar a

cabo el diseño del pavimento flexible.

- El software a emplear en el trabajo: Microsoft Excel: Programa de hojas de cálculo.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio Topográfico

El presente estudio se realizó en el tramo km 128+000 al km 132+250 de la carretera Talara - Tumbes con la finalidad de definir el eje de la carretera y por ende el área de influencia del estudio de mecánica de suelos para el diseño de la base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica de la carretera.

4.1.1. Ubicación Topográfica

El tramo en estudio se ubica en la carretera Talara – Tumbes, del km 128+000 al km 132+250 (ingreso a los órganos), forma parte del corredor vial PE-1N. Tiene una elevación promedio de 50 m.s.n.m.



Figura 07: Ubicación de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Ubicaciones coordenadas UTM

Mediante el uso de GPS navegador de determino las progresivas inicial y final del tramo de la carretera en estudio.

Tabla 03: Ubicación de la vía

Cuadro de Ubicación Coordenadas UTM

PUNTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
Inicial	482872.60	9534762.38	EJE
Final	485169.93	9537539.84	EJE

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate).

4.1.3. Levantamiento de la vía

Para el levantamiento de la vía se utilizó GPS navegador, se recorrió la vía para definir el eje y el área a estudiar. Ver anexo 02.

4.2. Carga proyectada de Diseño

Se busca caracterizar y estimar el tráfico proyectado a lo largo del período de diseño y determinar los factores destructivos que han podido afectar al corredor vial en estudio.

El tránsito vehicular es un elemento que interviene de manera directa en el diseño de una carretera, estimando en que tiempo será necesario llevar a cabo rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de la infraestructura vial de tal manera que esta mantenga su serviciabilidad y cumpla con su propósito de la integración territorial del país, los centros de consumo y/o de exportación.

4.2.1. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos del aforo vehicular se verificaron y procesaron en formato Excel, se corrobora el volumen de tránsito por clase de vehículo, sentido y ahora, con la finalidad de codificarlos posteriormente.

Obtenido el volumen de tránsito por tipo, hora y sentido se calculó en Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Índice Medio Diario Anual (IMDA), calculados con las siguientes formulas:

$$IMDA = FC \times IMDS$$

Donde:

$IMDS$ = Volumen clasificado promedio de la semana

FC = Factor de corrección estacional

$IMDA$ = Índice Medio Diario Anual

A continuación, se muestran un resumen del aforo vehicular realizado.

Tabla 04: Resumen aforo vehicular.

Cuadro de Procesamiento de datos de aforo vehicular

Tipo de Vehículo	Jueves (veh/día)	Martes (veh/día)	Miércoles (veh/día)	Jueves (veh/día)	Viernes (veh/día)	Sábado (veh/día)	Domingo (veh/día)
Automóvil + Sta. Wag.	1504	1167	1161	1401	1508	1918	961
Camioneta (Pickup/Panel)	513	493	503	465	560	604	331
C.Rural	256	192	198	192	211	272	140
Micro	5	6	11	82	45	30	68
Bus 2E	55	61	59	62	40	77	51
Bus 3E	63	76	72	68	67	93	51
Camión 2E	239	268	281	177	262	218	98
Camión 3E	66	71	86	60	63	121	39
Camión 4E	27	34	41	50	31	55	39
Semitrayler 2S1/2S2	13	15	7	12	14	10	2
Semitrayler 2S3	3	1	2	5	5	1	5
Semitrayler 3S1/3S2	35	26	41	25	25	27	15
Semitrayler >= 3S3	218	218	221	217	191	182	200
Trayler 2T2	3	0	1	3	2	0	0
Trayler 2T3	2	1	1	8	2	3	4
Trayler 3T2	4	17	8	8	9	8	5
Trayler >=3T3	4	6	10	8	5	9	4
TOTAL	3010	2652	2703	2843	3040	3628	2013

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

4.2.2. Procesamiento de datos

Son valores cuya finalidad es eliminar las variantes del comportamiento del tránsito durante un periodo de un año, incluye eventos como época escolar, fiestas y otros eventos realizados periódicamente a lo largo de todo un año.

Tabla 05: Factores de Corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje – Promedio (2010-2016)

Cuadro de Procesamiento de datos

N°	PEAJE	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
		Ligero FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC
1	AGUA CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.982	1.0329
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9833	1.0821
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.087	1.073	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242
6	CAMANA	0.5935	0.4932	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.213	0.9722	0.915	1.0516
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.055	1.0578	1.0471	0.99	0.8677	0.9953
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.924	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

Tabla 06: Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

Cuadro de Procesamiento de datos

N°	PEAJE	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
		Ligero FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC
1	AGUA CALIENTES	1.234	0.9771	1.054	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.994	0.9597	0.9819
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.789	1.0495	1.0086
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.03226	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335
6	CAMANA	0.937	0.8892	1.041	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099
7	CANCAS	1.049	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

Tabla 07: Factores de corrección estimados para el mes de mayo

Cuadro de procesamiento de datos

Unidad de estación de corrección	Factor de corrección	
	Ligeros	Pesados
Cancas	1.1631	1.0584

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

4.2.3. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

El cálculo del volumen vehicular actual (año 2022) es de 3238 veh/día.

A partir de la demanda vehicular calculada, el “Manual De Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones”, establece que las carreteras con IMDA mayores a 6,000 veh/día son autopistas de primera clase; carreteras con IMDA entre 6,000 y 4,001 veh/día son autopistas de segunda clase; carreteras con IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día son carreteras de primera clase; carreteras con IMDA entre 2,000 y 400 veh/día son carreteras de segunda clase; carreteras con IMDA menores que 400 veh/día, son carreteras de tercera clase.

Tabla 08: Calculo del Índice Medio Diario Anual.

Cuadro de Índice Medio Diario Anual (IMDA veh/día)

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total	IMDS (veh/día)	FC	IMDA (veh/día)
Automóvil + Sta. Wag.	1504	1167	1161	1401	1508	1918	961	9620	1374	1.1632	1599
Camioneta (Pikup/Panel)	513	493	503	465	560	604	331	3469	496	1.1631	577
C.Rural	256	192	198	192	211	272	140	1461	209	1.1631	243
Micro	5	6	11	82	45	30	68	247	35	1.1631	42
Bus 2E	55	61	59	62	40	77	51	405	58	1.0584	62
Bus 3E	63	76	72	68	67	93	51	490	70	1.0584	75
Camión 2E	239	268	281	177	262	218	98	1543	220	1.0584	234
Camión 3E	66	71	86	60	63	121	39	506	72	1.0584	77

Camión 4E	27	34	41	50	31	55	39	277	40	1.0584	42
Semitrayler 2S1/2S2	13	15	7	12	14	10	2	73	10	1.0584	12
Semitrayler 2S3	3	1	2	5	5	1	5	22	3	1.0584	4
Semitrayler 3S1/3S2	35	26	41	25	25	27	15	194	28	1.0584	30
Semitrayler >= 3S3	218	218	221	217	191	182	200	1447	207	1.0584	219
Trayler 2T2	3	0	1	3	2	0	0	9	1	1.0584	2
Trayler 2T3	2	1	1	8	2	3	4	21	3	1.0584	4
Trayler 3T2	4	17	8	8	9	8	5	59	8	1.0584	9
Trayler >=3T3	4	6	10	8	5	9	4	46	7	1.0584	7
TOTAL	3010	2652	2703	2843	3040	3628	2013	19889	2841	-	3238

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

4.2.4. Proyecciones de Trafico

Según el manual de carreteras: "Diseño Geométrico DG-2018", Las carreteras debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico proyectado a lo largo de la vida útil del proyecto.

El diseño de nuevas carreteras, rehabilitaciones o mejoras en las ya existentes, no debe hacerse en base a él volumen de tránsito actual, sino que debe tenerse en consideración, el volumen previsto de vehículos que va a utilizar esta instalación en el futuro.

Se deberán definir los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño (proyección de tránsito).

A continuación, se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito: $P_f = P_0(1 + T_c)^n$

Donde:

P_f = tránsito final al año "n" en veh/día

P_0 = tránsito inicial (año base) en veh/día

T_c = tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo (Poblacional para vehículos livianos y PBI para vehículos pesados).

n = año a estimarse

Tabla 09: Tasa de crecimiento.

Cuadro de proyección de tráfico

Tasa de Crecimiento (%)	
Población Promedio	1.10
PBI Promedio	2.45

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate).

Tabla 10: Proyección del crecimiento del tráfico.

Cuadro de proyección de tráfico.

Tipo de Vehículo	AÑO 0 (veh/día)	AÑO 1 (veh/día)	AÑO 2 (veh/día)	AÑO 3 (veh/día)	AÑO 4 (veh/día)	AÑO 5 (veh/día)
Automóvil + Sta. Wag.	1599	1617	1635	1653	1671	1689
Camioneta (Pickup/Panel)	577	584	590	597	603	610
C.Rural	243	246	249	252	254	257
Micro	42	43	43	44	44	45
Bus 2E	62	64	66	67	69	70
Bus 3E	75	77	79	81	83	85
Camión 2E	234	240	246	252	258	265
Camión 3E	77	79	81	83	85	87
Camión 4E	42	43	45	46	47	48
Semitrayler 2S1/2S2	12	12	13	13	14	14
Semitrayler 2S3	4	4	5	5	5	5
Semitrayler 3S1/3S2	30	31	32	33	34	34
Semitrayler >= 3S3	219	224	230	236	242	248
Trayler 2T2	2	2	3	3	3	3

Trayler 2T3	4	4	5	5	5	5
Trayler 3T2	9	9	10	10	10	11
Trayler >=3T3	7	7	8	8	8	8
TOTAL	3238	3286	3340	3388	3435	3484

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

4.2.5. Factores equivalentes de Carga



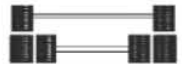
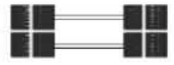
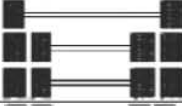

De acuerdo al manual de carreteras “Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, la información básica para los estudios del tráfico estará conformada por aforos vehiculares orientados al cálculo del IMDA del tramo, iniciando por la demanda actual de los flujos clasificados por tipos de vehículos. La demanda de Carga por Eje, y la presión que ejercen los neumáticos de los vehículos pesados (camiones y ómnibus) guardan relación directa con el deterioro del pavimento.

Por ende, para el diseño de pavimento, la demanda que correspondiente al tráfico pesado es predominante al momento de realizar los cálculos respectivos.

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en cuenta en el análisis. AASHTO definió como un Eje Equivalente (EE), al efecto de deterioro que causa sobre el pavimento un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos a la presión de 80 lb/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las cargas, por tipo de eje que conforman los diferentes tipos de vehículos pesados, sobre la estructura del pavimento.

La metodología utilizada para el cálculo de número de repeticiones de ejes equivalente será desarrollada de acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Capítulo VI, 6.4 Números de repeticiones de Ejes Equivalentes, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la cual se basa en la metodología AASHTO93, según la configuración de ejes mostrados en la.

Configuración de Ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota :

RS : Rueda Simple
RD: Rueda Doble

Figura 08: Configuración de Ejes.

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (RD N°10 – 2014-MTC/14)

EL Cálculo de ejes equivalentes se realiza con las siguientes formulas:

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vp_i} \times F_{p_i}$$

$$N_{\text{rep de EE}} = \sum [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{ca} \times 365]$$

Estas fórmulas fueron usadas para la tesis en cuestión, con la información obtenida del aforo vehicular.

4.2.6. Factor Direccional (Fd) y Factor Carril (Fc)

El factor direccional y factor carril, dependen del número de calzada, sentidos por calzada y número de carriles por sentido:

Tabla 11: Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito.
Cuadro del Manual de carreteras MTC-EG (2013).

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

De acuerdo a la figura 08 y la clasificación de por demanda de los tramos homogéneos, se asignan los factores para cada tramo homogéneo:

- Carretera de Segunda Clase
- Fd: 0.5
- Fc: 1

4.2.7. Factor Vehicular (Fvp)

El Factor Vehículo Pesado (Fvp), está definido por el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio es obtenido al dividir la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.

El factor vehículo, representa el daño ejercen los vehículos sobre el pavimento, esto se mide mediante del peso de los ejes del vehículo y depende de si el eje es simple, doble o tridem. El cálculo se hace a través de las siguientes formulas:

Tabla 12: Relación de Cargas para determinar Ejes Equivalentes.

Cuadro del Manual de carreteras MTC-EG (2013).

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8,2 ton})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

A continuación, en la Tabla 13, se detalla el Fator vehículo (Fvp), para cada tipo de vehículo encuestado.

Tabla 13: Resumen de factores vehículos pesados (fvp).

Cuadro de Factor Vehicular

Tipo de Vehículo	Fvp
Bus 2E	1.0830
Bus 3E	2.4972
Camión 2E	0.5978
Camión 3E	2.6977
Camión 4E	3.0782
Semitrayler 2S1/2S2	2.7569
Semitrayler 2S3	2.2259
Semitrayler 3S1/3S2	4.0502
Semitrayler >= 3S3	4.6944
Trayler 2T2	10.9802
Trayler 2T3	5.0488
Trayler 3T2	3.7643
Trayler >=3T3	6.4116

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

4.2.8. Factor Presión Neumático (Fp)

Para el factor presión neumático se han utilizado valores estándar en base a las recomendaciones de quienes realizan este tipo de estudios.

4.2.9. Factor de Crecimiento (Fca)

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: factor de crecimiento de tránsito:

3.80% vehículos Pesados

n: Años de proyección de tráfico (05 años)

4.2.10. Resultados de Ejes Equivalentes

Los Ejes Equivalentes (EE) finalmente adoptados para el tramo en estudio son los mostrados en la Tabla 12.

Tabla 14: EAL de diseño

Cuadro de resultados de Ejes equivalentes

RESUMEN EAL DISEÑO	
IMDA	EE 5 AÑOS
3238 veh/día	2.10E+06

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

4.3. Estudio de Mecánica de Suelos

La presente investigación tiene como objetivo dar a conocer las características y propiedades físicas, mecánicas y químicas de los diferentes estratos por los cuales está compuesto el suelo, esta investigación pretende establecer los diseños para nuestros proyectos, poniendo énfasis en:

- Definición y sectorización de la zona de intervención
- Ensayos de estabilización de agregados, del material existente y la mezcla asfáltica existente.
- La definición de un diseño de la mezcla asfáltica con asfalto modificado.

Para la ejecución del estudio de mecánica de suelos se llevaron a cabo 03 prospecciones a cielo abierto llamadas comúnmente calicatas. De esta manera se pudo determinar los diferentes espesores de los estratos y sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Además, se realizó un recorrido para el reconocimiento de la zona para obtener información adicional del estado de la vía.

Condiciones climatológicas del lugar:

El distrito de Máncora, provincia de Talara se encuentra ubicado a 3 m.s.n.m. Posee un clima cálido con un promedio de 29 °C. Los meses calurosos, que son de diciembre a mayo, se caracterizan por lluvias ligeras en la noche y una temperatura que puede llegar fácilmente

a los 35 °C. Con ocurrencia del fenómeno del Niño, puede llegar hasta 40 °C. En el resto de año, la temperatura de día rara vez baja de los 25 o 26 °C

4.3.1. Sectorización

De la información obtenida de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se obtuvo el perfil estratigráfico de la zona en estudio, los mismos resultados que se muestran en los anexos.

4.3.2. Materiales Inadecuados y Suelos Débiles

El presente análisis tiene por objetivo, identificar los sectores que requerirán de tratamiento a nivel del terreno de fundación, con el fin de dotar de condiciones de soporte y/o comportamiento modular adecuadas a las exigidas de la EG-2013. Con este propósito se evalúa alternativas de tratamiento por reemplazo con materiales granulares que cumplan los requisitos como material para terraplenes según lo señalado por las EG-2013.

De igual modo, en el presente ítem se analiza el potencial expansivo y/o deformación de los suelos identificados, para cuyo efecto se ha considerado conceptos ingenieriles como: características topográficas, tipos de suelos, nivel freático, drenaje, capacidad de soporte, condiciones ambientales y la condición actual de la carretera. Dichos conceptos se basan en los siguientes criterios.

Tabla 15: Criterios para determinar suelos inadecuados.

Cuadro Materiales Inadecuados y Suelos Débiles

CONCEPTOS	DESCRIPCIÓN
Capacidad de soporte de los suelos	El ensayo del CBR, señala la capacidad de soporte que tienen los suelos conformantes de la subrasante y este varía según el tipo y potencia de los suelos. Para las variantes y zonas de ensanche en terreno natural, se requerirá dotar de similares condiciones de soporte y/o comportamiento modular respecto a la plataforma existente con fundación granular mayoritaria. Se considera que los suelos con menor módulo resiliente al de diseño requerirán de reemplazo con materiales que cumplan los requisitos como material para terraplenes según lo señalado por las EG-2013.

Condición actual de la plataforma de la carretera La inspección visual directa de la plataforma de la carretera permite la identificación de zonas potencialmente críticas como por ejemplo la presentación de deformación que indique la presencia de suelos de mala calidad en las capas inferiores de la plataforma existente.

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

1.1.1. Humedad y Efectos en las Capas de Suelo Existentes

De las exploraciones realizadas, se ha identificado la presencia de suelos arcillosos y arenas limosas. En las calicatas efectuadas no se evidencio nivel freático. Sin embargo, si se han encontrado suelos con humedades superiores a su óptimo contenido de humedad que incluyen directa y negativamente en la estabilidad de la estructura del pavimento.

1.1.2. Material Granular Existente

Mediante los ensayos de laboratorio del material granular existente, se ha logrado obtener el CBR al 100% de su densidad seca máxima y para una penetración de 0.1", los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16: Valores de CBR del material granular existente.

Cuadro de Material Granular Existente

Calicata	Km	CBR al 100%
N°		0.1"
C-01	128+000	47.7
C-02	136+000	25.4

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

Los resultados del CBR aseguran un buen comportamiento como componente del nuevo pavimento o parte de la base estabilizada con asfalto.

1.1.3. Características Geotécnicas de Plataformas Existente

Descripción y clasificación de las prospecciones de la base existente realizadas a cielo abierto por medio de Ensayos granulométricos y límites de atterberg, donde se obtuvo los siguientes resultados:

Descripción:**C – 1 M1**

En la primera calicata se determinó que la primera capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 23.0
- Límite Plástico (LP): 17.0
- Índice Plástico (IP): 6.0
- Clasificación (SUCS): GM-GC
- Clasificación (AASHTO): A-1-a (0)
- Contenido Humedad (%): 4.3
- Densidad Máxima Seca: 2.176 g/cm³
- Optimo Contenido de Humedad: 6.92 %
- C.B.R. al 100% de M.D.S. (%): 0.1": 47.7%

C - 1 M2

En la primera calicata se determinó que la segunda capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 26.0
- Límite Plástico (LP): 18.0
- Índice Plástico (IP): 8.0
- Clasificación (SUCS): GP-GC
- Clasificación (AASHTO): A-2-4 (0)
- Contenido Humedad (%): 6.5
- Densidad Máxima Seca: 2.151 g/cm³
- Optimo Contenido de Humedad: 7.96 %
- C.B.R. al 100% de M.D.S. (%): 0.1": 25.4%

C – 1 M3

En la primera calicata se determinó que la tercera capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 58.0
- Límite Plástico (LP): 34.0
- Índice Plástico (IP): 24.0
- Clasificación (SUCS): MH

- Clasificación (AASHTO): A-7-5 (17)
- Contenido Humedad (%): 19.9

C – 2 M1

En la segunda calicata se determinó que la primera capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 25.0
- Límite Plástico (LP): 18.0
- Índice Plástico (IP): 7.0
- Clasificación (SUCS): GP-GC
- Clasificación (AASHTO): A-2-4 (0)
- Contenido Humedad (%): 6.7

C – 2 M2

En la segunda calicata se determinó que la segunda capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 24.0
- Límite Plástico (LP): 18.0
- Índice Plástico (IP): 6.0
- Clasificación (SUCS): SP-SC
- Clasificación (AASHTO): A-1-a (0)
- Contenido Humedad (%): 4.6

C – 2 M3

En la segunda calicata se determinó que la tercera capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 43.0
- Límite Plástico (LP): 19.0
- Índice Plástico (IP): 24.0
- Clasificación (SUCS): CL
- Clasificación (AASHTO): A-7-6 (14)
- Contenido Humedad (%): 16.4

C – 3 M1

En la tercera calicata se determinó que la primera capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 22.0
- Límite Plástico (LP): 18.0
- Índice Plástico (IP): 4.0
- Clasificación (SUCS): SP-SC
- Clasificación (AASHTO): A-1-a (0)
- Contenido Humedad (%): 4.6

C – 3 M2

En la tercera calicata se determinó que la segunda capa de la plataforma existente está conformada por material con las siguientes características:

- Límite Líquido (LL): 50.0
- Límite Plástico (LP): 24.0
- Índice Plástico (IP): 26.0
- Clasificación (SUCS): CH
- Clasificación (AASHTO): A-7-6 (15)
- Contenido Humedad (%): 13.8

El objetivo será realizar el Mejoramiento de la infraestructura vial por medio de la estabilización con emulsión asfáltica y RAP en la carretera Máncora Tumbes con la finalidad de brindar una buena transpirabilidad, por tanto, este estudio de suelo que hemos realizado nos ayuda a obtener las características físicas, químicas y mecánicas de la plataforma del pavimento.

1.1.4. Estudio de Fuentes de Agua

Se han evaluado las características de muestras de agua tomadas en el punto que se indica a continuación, con la finalidad de ser utilizada en los diversos componentes de la estructura del pavimento.

1.1.4.1. Muestras Analizadas

Se procedió a la ubicación de las fuentes existentes y a la toma de muestras representativas. Las mismas fueron remitidas al Laboratorio, para los correspondientes ensayos de calidad.

En el siguiente cuadro, se presenta la relación de fuentes de agua permanente, las mismas que fueron sometidas a ensayos químicos con la finalidad de determinar si presentan cantidades perjudiciales de aceite, ácido, álcalis, sales como cloruro o sulfatos, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser nocivos para los materiales que componen el pavimento y para las obras hidráulicas.

Se seleccionaron únicamente aquellas fuentes de agua que demuestren que su calidad, régimen de explotación y cantidad son adecuadas y suficientes para la construcción total de la vía.

1.1.4.2. Parámetros Evaluados y Valores Limite

De acuerdo al objetivo del uso del agua, se han evaluado los siguientes parámetros, analizados según las Especificaciones Técnicas EG 2013, Sección 905, para uso de concreto de cemento portland, indicándose los valores límites siguientes:

Parámetro	Tolerancia
Sólidos en suspensión (ppm)	5,000 máximo
Materia Orgánica (ppm)	3.00 máximo
Alcalinidad NaHCO ₃ (ppm)	1,000 máximo
Sulfatos como ión SO ₄ (ppm)	600 máximo
Cloruros como ión Cl (ppm)	1,000 máximo
pH	5.5 a 8.5

1.1.4.3. Evaluación de los Resultados

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los ensayos realizado a la fuente de agua:

Tabla 17: Resultados de Fuentes de Agua Pozo de agua.

Cuadro de Evaluación de los Resultados

Descripción del ensayo	Reporte	Unidades
Contenido de sulfatos como ION SO ₄ NTP 339.074	18.40	ppm
Contenido de cloruros como ION CL NTP 339.073	35.45	ppm
Contenido de materia orgánica NTP 339.072	0.92	ppm
Contenido de Potencial de Hidrógeno NTP 339.176	7.23	PH
Residuos Sólidos NTP 339.071	4.10	ppm

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

De acuerdo con el cuadro anterior, la fuente de agua es adecuada para la conformación de las diversas capas del pavimento.

Asimismo, de acuerdo a los resultados obtenidos la fuente de agua no presenta grandes variaciones y están alrededor de la neutralidad. Los sulfatos y cloruros presentes no superan el máximo permisible, no habiendo limitación en el uso de algún tipo de cemento, por ataque químico.

1.2. Diseño de base Reciclada

El diseño de la base granular estabilizada efectuado con el método de Illinois se llevará a cabo con el reciclado de la base granular, rap y emulsión asfáltica, la cual se realizará en una mezcla en frío. Este reciclado será empelado como la nueva base del pavimento, estará compuesto mezcla granular estabilizada con RAP y Emulsión asfáltica. El desarrollo de esta investigación se ha buscado la óptima relación base (granular: Rap) y emulsión asfáltica, que nos permitirá obtener una mezcla estabilizada óptima.

Para la elaboración del diseño hemos visto conveniente clasificarlo en 3 etapas:

- Materiales
- Características de los materiales
- Diseño de la mezcla (dosificación)

1.2.1. Materiales

1.2.1.1. Base granular

De acuerdo a Tafur (2005) “La base tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehiculares y, además, distribuir uniformemente estos esfuerzos a las capas inferiores, la subbase y el terreno de fundación. Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante” (p.14).

Con la finalidad de lograr un diseño adecuado, eficiente y optimizado se realizó una verificación visual de todo el tramo en cuestión con la finalidad de ubicar los puntos de excavación para tomar las muestras representativas para el estudio, y posteriormente se verifico las características físicas y mecánicas de las muestras encontradas.

1.2.1.2. Calidad De Los Agregados

La correcta selección de los materiales requiere de la toma de 4 muestras representativas para los ensayos, la frecuencia de los mismos es indicada por la tabla 403-05. de la EG-2013.

Tabla 18: Ensayos y Frecuencias De Base Granular.

Cuadro del Manual de carreteras MTC-EG (2013).

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750 m ³	Cantera (2)
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera (2)
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	750 m ³	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C131	T 96	2.000 m ³	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000 m ³	Cantera (2)
	Salés Solubles	MTC E 219			2.000 m ³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m ³	Cantera (2)
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2.000 m ³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	750 m ²	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 4718 D 2922	T191 T238	250 m ²	Pista

1.2.1.3. Agregado grueso:

Es el material retenido en la malla N°4. Este puede ser tanto de fuentes procesadas, recicladas, naturales o combinaciones de los mismos, este material debe cumplir con las características de la tabla 403-03 de la EG-2013.

Tabla 19: Requerimientos de Agregado grueso.

Cuadro Manual de carreteras MTC-EG (2013).

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Salés solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

1.2.1.4. Agregado Fino:

Es el material pasante de la malla N°4. Este puede ser tanto de fuentes procesadas, naturales o combinación de ambos, este material debe cumplir con las características de la tabla 403-04 de la EG-2013.

Tabla 20: Requerimientos de agregado fino.

Cuadro Manual de carreteras MTC-EG (2013).

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Salas solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	----	15%

1.2.1.5. Reciclado asfáltico de pavimento (rap):

Copeland, citado en Aguiar & Miranda, de LANAMMEUCR (2019) comenta:

Las bases recicladas estabilizadas que tienen RAP como parte de su composición, consisten en el material recuperado de un pavimento flexible que presenta fallas estructurales o que ha alcanzado el final de su vida de servicio; no obstante, sus propiedades permiten darle un nuevo uso como parte de estructuras nuevas o rehabilitadas. La incorporación de este material en bases recicladas tiene la ventaja de que no será necesario nuevo material, generando ahorros a nivel de costos y a su vez contribuyendo a la conservación de los recursos naturales (p.1).

1.2.1.6. Emulsión asfáltica catiónica (css-1):

En el mundo, el 90% de los agregados pétreos tienen carga negativa (aniónica); por lo cual hay una tendencia muy marcada en elegir emulsiones asfálticas con carga positiva (catiónicas), sin embargo, es necesario realizar los ensayos de compatibilidad para emulsión-agregado, de esta manera podemos corroborar de que la combinación a utilizar se la adecuada.

Tabla 21: Requerimiento de calidad para emulsiones asfálticas catiónicas.

Cuadro de datos de Instituto mexicano del transporte (2001).

Características	EAR-60	EAR-65	EAM-70	EAM-65	EAL-65	EAL-45	EAI-60
Contenido Asfalto	60	65	68	65	65	60	60
Viscosidad S-F (25C)	--	--	--	--	25	5	25
Viscosidad S-F (50C)	5	40	50	25	--	--	--
Asentamiento (5 días)	5	5	5	5	5	10	5
Retenido en Malla 20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pasa 20 Retiene 60	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cubre Agregado Seco	--	--	--	90	90	--	90
Cubre Agregado Húmedo	--	--	--	75	75	--	75
Carga de las Partículas	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Disolvente (vol.)	--	3	3	5	--	15	--
Índice de Ruptura	< 100	< 100	< 100	80-140	> 120	--	> 120

1.2.2. Base Granular Combinada con Carpeta Asfáltica Existente RAP

El material para llevar a cabo el diseño del reciclado se extrajo de la carpeta asfáltica ubicada en la progresiva 128+000, donde la vía se apreciaba visiblemente deteriorada, así no se afectó pavimento que un mantenga su integridad. Durante su extracción se tuvo en cuenta mantener las proporciones reales de base y carpeta asfáltica existente para así tener una muestra real del rap en laboratorio, se extrajo 210 kg de material, los cuales fueron usados para los diferentes ensayos físicos, químicos y mecánicos que nos permitan determinar la calidad del material, a la vez este material se utilizó para la preparación de las distintas tandas de base mejorada y así poder determinar el contenido óptimo de emulsión asfáltica para el mejoramiento. (todos los certificados se encuentran como anexo).



Figura 09: Ubicación de toma de muestra base reciclada.

Fuente: Elaboración propia.

Características físicas del rap:

- grava = 52%
- arena = 48%
- humedad del 1.18%
- Clasificación succs = GP-GM.
- Clasificación AASHTO = A-1-a (0).
- Índice de plasticidad = NP

1.2.3. Emulsión Asfáltica

Para el diseño se empleó una emulsión asfáltica de rotura lenta tipo CSS-1h. Se ha determinado que el contenido de agua en la Emulsión Asfáltica es 40%.

1.2.4. Densidad Máxima Compactada Seca

Esta densidad se obtiene colocando el material lo más denso posible en un molde normalizado. Esto se realiza mediante un ensayo de Proctor modificado.

Proctor Modificado es un ensayo que abarca los procesos de compactación de Laboratorio, para definir la relación entre el contenido de humedad y Peso Unitario árido de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de cuatro ó seis pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de diez libras (44,5 N) que desciende de una altura de 18 pulgadas (457 mm), desarrollando una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³). Alternativas de procedimiento:

METODO "A"

- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4).
- Número de capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4).
- Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

METODO "B"

- Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (3/8 pulg).
- Número de Capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (3/8 pulg).
- Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

METODO "C"

- Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
- Número de Capas: 5
- Golpes por Capa: 56
- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
- El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Debido a las características de nuestro material de base, previamente definidas mediante el ensayo de granulometría el método de Proctor modificado a ser utilizado fue el método "C", obteniendo los siguientes resultados:

- Máxima densidad seca: 2.179 g/cm³
- Optimo contenido de humedad: 6.78%
-

1.2.5. Diseño de Mezcla de Base Reciclada Estabilizada (Dosificación)

En nuestra propuesta para el diseño final de mezcla se debe calcular la dosificación de cada elemento que va a componer nuestra base reciclada estabilizada (Base granular + Rap + Emulsión asfáltica + Agua). La intervención considera realizar el reciclado del pavimento sin recarga, es decir que no se adicionara nuevo material de base. Según el siguiente esquema:

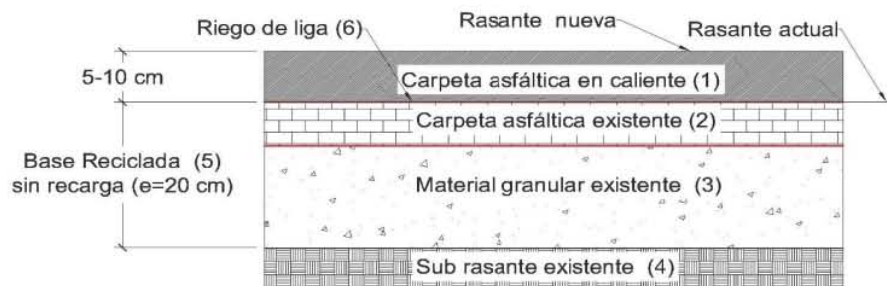


Figura 10: Esquema del pavimento proyectado, considerando el reciclado del pavimento existente sin recarga.

Fuente: Elaboración propia.

10
Para determinar la dosis óptima de los elementos estabilizantes en el agregado se efectuaron mezclas de agregados con emulsión asfáltica de rotura media (CSS-1h) en diferentes dosificaciones, para lo cual se empleó referencialmente el Manual Series N° 19 “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas” del Asphalt Institute (AEMA). Se moldearon testigos de agregado-emulsión empleando el Método Illinois (Research Report 505-5), con dosis de 2,0%, 2,5%, 3,0%, 3,5% y 4,0% de emulsión asfáltica, respecto del peso de los agregados secos.

El procedimiento para mezclas asfálticas en frío desarrollado por la Universidad de Illinois comprende:

1. Humedecer la muestra de agregados con el agua necesaria. Mezclar bien. Se puede emplear como referencia el ensayo Proctor Modificado para su determinación.
2. Agregar la emulsión asfáltica a los agregados previamente humedecidos. Batir y homogenizar la mezcla.
3. Se iniciará el proceso de compactación, similar al Marshall en Caliente
4. Luego de compactado se debe curar por 48 o 72 horas a medio ambiente.
5. Se hace el ensayo de peso unitario de los testigos.
6. Para el ensayo de Estabilidad, se requiere una temperatura en los testigos entre 21.1°C y 23.3°C.
7. El ensayo se efectúa en forma similar al Marshall.

1.2.6. Ensayo Marshall (MTC E 504) a la Base Granular Estabilizada con RAP y Emulsión Asfáltica

El ensayo Marshall es comúnmente utilizado para mezclas asfálticas en caliente, para analizar la relación de su estabilidad/flujo. Nuestra base estabilizada se preparará a temperatura ambiente es decir será una mezcla en frío, compuesta por la mezcla de los agregados de base granular, el reciclado asfáltico de pavimento y con distintos porcentajes de emulsión asfáltica (de 2,0%, 2,5%, 3,0%, 3,5% y 4,0%). Como ya se mencionó en la dosificación de la mezcla se prepararán 5 juegos de briquetas y cada uno de ellos tendrá diferentes porcentajes de emulsión asfáltica (%). Con respecto a la Humedad óptima para alcanzar la máxima densidad de nuestro diseño está ya fue calculada previamente mediante en ensayo de Proctor modificado. Luego se procederá al armado de las briquetas en los moldes Marshall, previa homogenización y extracción de muestra representativa del reciclado para obtener la menor desviación posible.

En el reglamento de ensayos de materiales del MTC podemos encontrar las instrucciones a seguir para fabricar las briquetas en el pedestal de compactación Marshall y como realizar el rompimiento de las briquetas en el equipo Marshall para determinar la resistencia a la deformación plástica de la base estabilizada. El ensayo Marshall se utiliza tanto para el diseño de mezclas nuevas en laboratorio como para realizar el control de calidad en obra.

Como primer paso para realizar el ensayo Marshall seleccionaremos los materiales que compondrán nuestra base, como lo son el reciclado asfáltico de pavimento, emulsión asfáltica, y agua. Estos serán separados en recipientes. Es importante tener en cuenta que para las 5 dosificaciones de emulsión asfáltica que se tienen planeadas se tendrá que preparar 6 briquetas por cada una de ellas.

Para el segundo paso se deben de pesar los componentes del diseño, el reciclado, el agua que debe agregarse para llegar a su óptimo contenido de humedad y por ende a su máximo grado de compactación y los diferentes porcentajes de emulsión asfáltica a ser agregados. Se pesarán 5 kg de Rap, el cual tiene una humedad natural de 1.18% por lo que es necesario agregar 5.6% de agua para alcanzar el 6.78% (contenido óptimo de humedad). A continuación, como segundo paso se debe de pesar y agregar el % de contenido de emulsión asfáltica para la base reciclada estabilizada.

En el tercer paso debe mezclar homogéneamente la base granular reciclada, con el agua y la emulsión, cuidando que el porcentaje de agua a agregar sea exacto para no humedecer en exceso y que emulsión asfáltica agregada sea la adecuada para poder realizar la comparativa entre las muestras con distinto porcentaje de emulsión (de 2,0%, 2,5%, 3,0%, 3,5% y 4,0%).

Como cuarto y último paso se debe llevar a cabo el ensayo Marshall, para ello se debe colocar la muestra en los moldes y el pedestal Marshall, para ser compactados por un martillo compactador y poder obtener las briquetas. Se deben dar 50 golpes de compactación para cada cara de la biqueta. Luego al ser una mezcla en frío no será necesario esperar y se puede extraer briquetas de los moldes mediante un equipo hidráulico, para dejarlos fraguar, al tener una emulsión asfáltica es de tipo lenta y teniendo en cuenta que se agregó humedad se deberá dejar fraguar como mínimo 48

horas antes de ensayar las briquetas.

Es importante mencionar que la compactación del ensayo Marshall simula la realizada por un rodillo compactador. De esta manera el diseño de mezcla obtiene un nivel de compactabilidad real. La resistencia obtenida nos ayuda a determinar el periodo de vida útil de la vía en condiciones reales de carga vehicular.

Para poder determinar el diseño con la dosificación de emulsión asfáltica óptima se utilizaron 30 briquetas por el método de compactación Marshall

Para poder determinar el contenido óptimo de emulsión asfáltica para nuestra base reciclada se procede a realizar el ensayo de resistencia a la deformación plástica de las mezclas bituminosas. Esta información sirve para determinar la resistencia de tracción indirecta, estabilidad y flujo. El ensayo es realizado en la prensa Marshall, en ella se coloca cada briketa dentro de la mordaza. La finalidad del ensayo es romper las briquetas mediante la presión que ejerce un pistón hidráulico, el cual se mueve a través de un motor eléctrico. La lectura del panel digital de la prensa nos sirve para medir la resistencia a la estabilidad de la briketa en kilogramos, además se cuenta con un dial extensométrico que nos medirá la deformación producida es decir la fluencia o flujo de nuestra briketa. Esta información es posteriormente procesada para obtener las características de cada briketa, Las cuales tienen diferente porcentaje de emulsión asfáltica agregada.

No para todas las series se obtuvo resultados positivos, sin embargo estos resultados sirvieron para poder determinar el óptimo contenido de emulsión asfáltica a través una gráfica % de emulsión asfáltica vs Estabilidad con una línea de tendencia polinómica, de la cual se obtiene que el óptimo contenido de emulsión asfáltica es 3%.

El resumen de los resultados, de una base estabilizada, se muestra a continuación:

Tabla 22: Resultados diseño de mezcla asfáltica ILLINOIS.

Cuadro de datos del Ensayo Marshall.

	N° DE GOLPES		
	75		
% Emulsión Asfáltica (% AL Peso de los Agregado)	2.17	3.00	3.83
Asfalto Residual (% Al Peso de los Agregados)	1.30	1.80	2.30

Densidad Seca Bulk (gr /cm³)	2.192	2.230	2.234
Estabilidad Corregida Seca (Kgf)	731	1026	951
Estabilidad Corregida Saturada (Kgf)	636	799	711
Cambio de Estabilidad (%)	13.0	22.1	25.2
Vacíos Totales (%)	13.5	11.3	10.5
Humedad Absorbida (%)	1.44	0.67	0.37
Revestimiento (%)		68	

(Elaborado por Jorge Ripalda y Carlos Zarate)

El contenido óptimo de emulsión es: 3.0%.

% de Asfalto Residual de la emulsión asfáltica tipo CSS-1H: 60.6%

- **El % de Agua en la mezcla es:**

% Humedad natural: 1.18

% Agua en la emulsión: 1.17

% Agua en la Pre-Mezcla: 4.90

% Agua total en la Mezcla: 6.07

MDS (g/cm³): 2.176

Optimo Contenido de agua: 6.78 %

- **La estabilidad es:**

Estabilidad modificada seca (22.2 °c) = 1020 kg = 2249 lb

Estabilidad modificada húmeda (22.2 °c) = 798 kg = 1759 lb > 1300 lb

Una vez obtenido el contenido óptimo de emulsión asfáltica, se ha realizado el lavado asfáltico de la muestra de base estabilizada y se ha obtenido un valor de 2.96% de residuo asfáltico total.

Se debe tener siempre presente, que el residuo asfáltico resulta de sumar el aporte de la emulsión asfáltica y el aporte de la mezcla asfáltica de la capeta de rodadura existente.

1.2.7. Análisis Comparativo de una Base Convencional y Base Granular Reciclada Estabilizada con Emulsión Asfáltica

Aspecto Económico:

El reciclado de la base existente, combinado con la carpeta asfáltica existente RAP, no solo nos ofrece mejores resultados técnicos en comparación con una base granular convencional, sino que además genera una reducción de costos mencionados a continuación:

Debido a que la base reciclada estabilizada con emulsión asfálticas presenta propiedades físicas superiores a una convencional nos permitirá la reducción del espesor de la carpeta asfáltica que se colocara sobre ella, teniendo en cuenta que la carpeta asfáltica es lo más costoso de un pavimento este sería un ahorro significativo.

No presentaran costos por nuevos agregados pétreos, no habrá necesidad de explotación de nuevos bancos de materiales de préstamo ya que se aprovechara la base granular existente, tampoco se presentaran gastos de eliminación de la carpeta asfáltica envejecida ya que esta aún mantienen sus propiedades físico mecánica, Si bien el rap está compuesto por restos de la carpeta asfáltica de una vía que ya no presenta índice de serviciabilidad (agrietada o deteriorada), esto no significa que no se le pueda dar un nuevo uso, ya que esta carpeta puede presentar fallas globales del pavimento, sin embargo mantiene su composición intacta, conservado sus características.

Se tendrá una cuantiosa reducción en el costo de maquinarias, ya que no será necesario el aporte de este material y el uso de cargadores frontales, volquetes y excavadoras que trae este consigo

Las únicas maquinarias que se usarán en el proyecto serán:

- 01 Recicladora que demolerá y mezclará parcialmente la base granular y carpeta asfáltica existente, además realizará la inyección de agua y emulsión asfáltica necesaria para la mezcla.
- 01 cisterna que servirá para abastecer de agua a la recicladora.
- 01 cisterna que servirá para abastecer de emulsión asfáltica a la recicladora.
- 01 motoniveladora que servirá para batir y nivelar nuestra base reciclada estabilizada.
- 01 rodillo compactador cilíndrico.

1.2.8. Propuesta de Proceso Constructivo de la Base Estabilizada Reciclada con Emulsión Asfáltica

El factor determinante para que se cumplan las características del diseño durante el proceso constructivo es importante tener un control de calidad y establece un control para que cada paso se realice respetando los parámetros de diseño

establecidos. De no tener un adecuado control de calidad y respeto por los procedimientos tendríamos consecuencias en pérdidas, por ejemplo, se podría usar mayor cantidad de emulsión, de agregados o de todos los materiales, obteniendo resultados poco satisfactorios.

Por lo cual se propone el siguiente procedimiento para la construcción de una base reciclada estabilizada:

1.2.8.1. Reciclado, humedecimiento de la base granular e inyección de emulsión asfáltica.

Trabajo que se deberá realizar con una recicladora, esta demolerá y mezclará parcialmente la base y carpeta asfáltica existentes, a su vez este equipo humedece el reciclado con la cantidad ya calculada en el ensayo de Proctor modificado este humedecimiento hecho por la recicladora es alimentado por una cisterna de agua conectada a la misma. Paralelo a la inyección de agua se realiza la inyección de emulsión asfáltica, el porcentaje de inyección es calculado de acuerdo al área reciclada y al espesor del pavimento que está siendo reciclado, de esta manera mientras la recicladora se desplaza va inyectando el porcentaje de emulsión asfáltica óptimo para el volumen reciclado.

1.2.8.2. Homogenización (batido) de la base reciclada estabilizada con emulsión asfáltica.

Inmediatamente después del reciclado es recomendable iniciar el batido del reciclado para lograr la homogenización, es importante tener en cuenta que aún se debe compactar por lo que no debemos de exceder 1 hora en este proceso para no perder humedad, además el reciclado ya tiene la emulsión que empezará a romper en las primeras 2 horas lentamente.

1.2.8.3. Nivelado y compactado de base granular estabilizada.

Inmediatamente terminados los trabajos del batido se debe proceder con la nivelación del tramo, luego del trabajo de nivelación del tramo se debe compactar con un rodillo de 12 tn hasta llegar 100% de su máximo grado de compactación.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Gracias a los resultados obtenidos gracias la topografía con gps navegador se pudo georreferenciar la vía y así tener conocimiento de en que progresiva no encontrábamos durante el recorrido y los ensayos realizados.

Según los resultados obtenidos en el aforo vehicular tenemos un volumen vehicular actual (año 2022) de 3238 veh/día.

Según los resultados obtenidos en el estudio de mecánica de suelos se logró determinar las características físicas y mecánicas de los materiales en estudio para la base reciclada. La humedad natural de Rap obtenida es de 1.18 %.

A partir de nuestra investigación y de los resultados que obtuvimos en el laboratorio de CIA VERDU S.A. donde hicimos la evaluación de los materiales empleados en el diseño de la base reciclada estabilizada, como la base granular y la emulsión asfáltica, logramos darle una solución económica al problema del deterioro de la vía Máncora – Tumbes.

VI. CONCLUSIONES

- A partir de la demanda vehicular calculada, el “Manual De Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones”, establece que las carreteras con IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día son carreteras de primera clase.
- Se han realizado 03 calicatas en la plataforma de la vía.
- Se han realizado los ensayos de caracterización de todas las muestras obtenidas de las calicatas.
- Se ha identificado y verificado la calidad y oferta de una fuente de agua, necesaria para la construcción de la base estabilizada.
- La humedad requerida para alcanzar la máxima densidad seca del material determinada en el ensayo Proctor modificado es de 6.78%, lo que significa que será necesaria la inyección de agua al Rap antes de la inyección de la emulsión asfáltica para la estabilización.
- Las cargas de diseño se han obtenido del estudio de tráfico y cargas realizadas por elaboración propia
- El periodo de diseño considerado en la estimación del Número Estructural ha sido de 10 años y para dos etapas, siendo nuestra propuesta para la primera etapa de 5 años.

- Se ha determinado el Numero Estructural requerido para el diseño, de acuerdo con las ² condiciones reales de tráfico y capacidad de soporte de la subrasante.
- La base estabilizada con asfalto tiene un espesor promedio de 20 cm
- Se ha asegurado el cumplimiento del número estructural requerido de diseño, para ello en la mayoría de los casos ha sido necesario considerar una carpeta asfáltica de un espesor mayor a 5 cm.
- Como resultado final podemos afirmar que esta investigación fue exitosa, pues con un contenido óptimo de emulsión asfáltica de 3.0% obtuvimos una estabilidad húmeda de 798 Kg concluyendo que esto nos permitirá optimizar el espesor de la carpeta asfáltica que se debe colocar sobre la base para conformar el pavimento.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo más calicatas, durante el estudio de suelos se ha visto variabilidad en la granulometría de la base granular, su CBR, estabilidad y el espesor de la carpeta asfáltica existente.

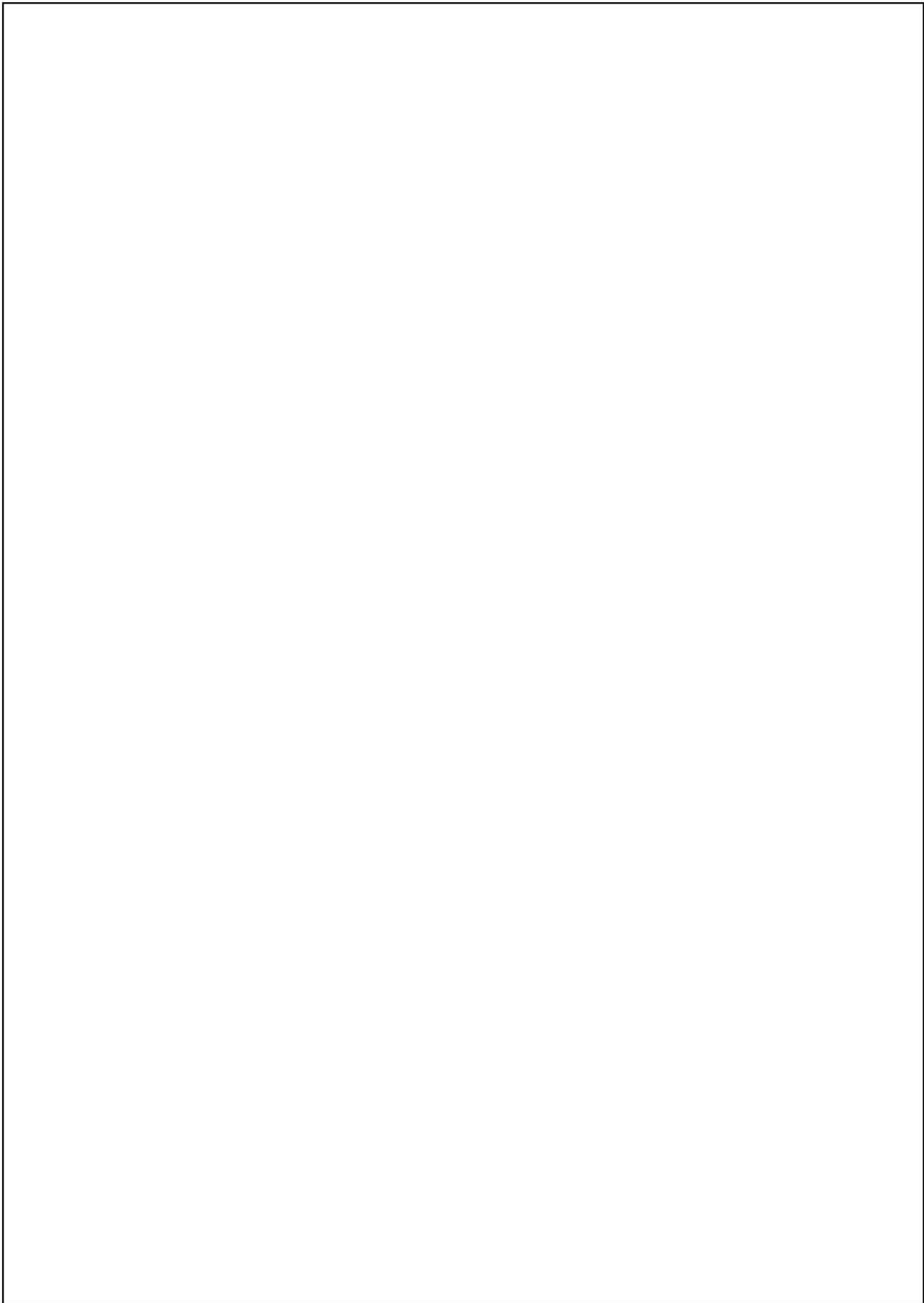
Durante un diseño de pavimento se tendría que trabajar con múltiples tramos de diseño, así se podría optimizar el espesor de la carpeta asfáltica de acuerdo a las características físicas de la base estabilizada reciclada del tramo.

Se recomienda llevar a cabo un diseño de pavimento con las base estabilizada reciclada, así se pude definir el aporte estructural de la misma y cuanto disminuye el espesor de la carpeta asfáltica en comparación con el uso de una base granular convencional.

Un ensayo de reflectometría de la base reciclada estabilizada nos permitiría calcular el módulo resiliente MR de la misma, lo cual nos permitiría optimizar el diseño de un pavimento, ya que tendríamos un valor real del aporte estructural de la base reciclada estabilizada.

VIII. REFERENCIAS

- Chichaiza Sambonino, M. (2013). Rehabilitación vial con reciclado y emulsión asfáltica con aplicación en las vías de la ciudad de Quito. (Av. Simón Bolívar). (Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Central del Ecuador).
- Cubillos Romeros, M., López Ramírez, D. P., & Rondón Gutiérrez, P. A. (2016). Análisis físico-químico del asfalto recuperado extraído del rap-invias y su modificación con grano de caucho reciclado
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima, Perú: El Ministerio.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Ensayos de Laboratorio. Lima, Perú: El Ministerio.
- Rodríguez, C. y Rodríguez, J. (2004). Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje Aplicación de la Filosofía Lean (Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad de El Salvador).
- Sánchez Fernández, M. Y. (2017). Diseño y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje en la carretera Lima-Canta (km 78+000 al km 79+000), Lima 2017. (Tesis de pregrado) universidad cesar vallejo, lima, Perú.
- Tafur Garro, N. (2005). Criterios de Evaluación para Reciclado de Mezclas Asfálticas. Aplicación a la Carretera San Mateo – La Oroya Tramo III. (Tesis para optar el Título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingenier



Diseño de base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica en la carretera Talara – Tumbes KM 128+000 – 132+250

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	creativecommons.org Fuente de Internet	3%
2	myslide.es Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	geotecniaymecanicasuelosabc.com Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Señor de Sipan Trabajo del estudiante	1%

9

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

10

www.buenastareas.com

Fuente de Internet

1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo


Asesor
MS. JUAN PAUL E. HENRÍQUEZ ULLOA
CIP:118101

Diseño de base reciclada a profundidad estabilizada con emulsión asfáltica en la carretera Talara – Tumbes KM 128+000 – 132+250

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

/0

COMENTARIOS GENERALES

Instructor

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

PÁGINA 21

PÁGINA 22

PÁGINA 23

PÁGINA 24

PÁGINA 25

PÁGINA 26

PÁGINA 27

PÁGINA 28

PÁGINA 29

PÁGINA 30

PÁGINA 31

PÁGINA 32

PÁGINA 33

PÁGINA 34

PÁGINA 35

PÁGINA 36

PÁGINA 37

PÁGINA 38

PÁGINA 39

PÁGINA 40

PÁGINA 41

PÁGINA 42

PÁGINA 43

PÁGINA 44

PÁGINA 45

PÁGINA 46

PÁGINA 47

PÁGINA 48

PÁGINA 49

PÁGINA 50

PÁGINA 51

PÁGINA 52

PÁGINA 53

PÁGINA 54

PÁGINA 55

PÁGINA 56

PÁGINA 57
