



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

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 PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTOR:

Sánchez Fernández, María Yakeli

ASESOR:

Mg. Córdova Salcedo, Felimón

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

Año 2017

PÁGINA DEL JURADO

Mg. Albán Contreras, Jorge

PRESIDENTE

Mg. Delgado Ramírez, Félix

SECRETARIO

Mg. Córdova Salcedo, Felimón

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, el que me ha dado la fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer, a mis padres y hermanos quienes siempre me apoyan incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme infinito amor, bondad y salud para poder cumplir mis objetivos y por estar siempre conmigo en cada paso que doy, además por poner en mi camino a aquellas personas que me acompañaron durante todo este periodo.

A mis padres Rosa Fernández y Demóstenes Sánchez, por creer en mí, quererme mucho, por su comprensión, por su apoyo incondicional y por ser mi soporte primordial.

Al Mg. Córdova Salcedo Felimón Domingo, por su experiencia y asesoría brindada durante el desarrollo de la tesis.

A mis hermanos, Liuvani, Liliana y Deuner, por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos.

A todas aquellas personas que estuvieron involucradas de alguna manera para el desarrollo de esta tesis, gracias a todos.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, María Yakeli Sánchez Fernández identificado con DNI N° 48023256, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 18 de diciembre del 2017

María Yakeli Sánchez Fernández

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “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”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Civil.

María Yakeli Sánchez Fernández

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
PRESENTACIÓN	v
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Trabajos previos.....	15
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	15
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	18
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	19
1.3.1. Pavimentos flexibles.....	20
1.3.1.1. Asfalto.....	22
1.3.1.2. Comportamiento estructural de los pavimentos.....	24
1.3.1.3. Ciclo de vida de un pavimento.....	25
1.3.1.4. Evaluación de pavimentos.....	26
1.3.1.5. Importancia de la evaluación de un pavimento.....	27
1.3.1.6. Objetividad.....	27
1.3.1.7. Evaluación de la adherencia.....	27
1.3.1.8. Evaluación estructural.....	28
1.3.1.9. Evaluación superficial.....	28
1.3.1.10. Categorías de mantenimiento.....	29
1.3.2. Método del reciclaje.....	29
1.3.2.1. Reciclaje de pavimentos flexibles.....	29
1.3.2.2. Ventajas y desventajas de un pavimento flexible.....	31
1.3.2.3. Técnicas de reciclado.....	32
1.3.2.4. Ventajas del reciclaje de pavimentos.....	32
1.3.2.5. Agregado del material recuperado. (RAM).....	33
1.3.2.6. Agentes estabilizadores bituminosos.....	34
1.3.2.7. Cal viva.....	34

1.3.2.8.	Principales fallas en los pavimentos flexibles.....	35
1.4.	Formulación del problema.....	38
1.5.	Justificación del estudio.....	39
1.6.	Objetivos.....	40
1.7.	Hipótesis.....	41
II. MÉTODO		
2.1.	Diseño, tipo y nivel de Investigación.....	43
2.2.	Variables, operacionalización.....	44
2.2.1.	Variable independiente.....	44
2.2.2.	Variable dependiente.....	45
2.2.3.	Operacionalización de variables.....	45
2.3.	Población y muestra.....	48
2.3.1.	Población.....	48
2.3.2.	Muestra.....	48
2.3.3.	Muestreo.....	48
2.3.4.	Muestra no probabilístico.....	48
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	49
2.4.1.	Técnica.....	49
2.4.2.	Instrumento.....	49
2.4.3.	Validez.....	50
2.4.4.	Confiabilidad.....	51
2.5.	Métodos de análisis de datos.....	51
2.6.	Ensayo que se realiza en el diseño del asfalto.....	51
2.7.	Ensayo preliminar de compactación (Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557).....	52
2.7.1.	Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.).....	54
2.7.2.	Materiales para el diseño de asfalto.....	57
2.7.3.	Ensayo de lavado asfáltico.....	57
2.7.4.	Ensayo Marshall.....	58
2.7.5.	Aspectos éticos.....	60
III. RESULTADOS		
3.1.	Ensayo Proctor Modificado.....	62
3.2.	Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.).....	64
3.3.	Ensayo de lavado asfáltico.....	66

3.4. Ensayo Marshall.....	68
4.1. Estimación de periodos de mantenimiento.....	80

IV. DISCUSIÓN

V. CONCLUSIÓN

VI. RECOMENDACIONES

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIII. ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

Anexo N°2: Formatos de laboratorio de ensayo Marshall a la mezcla asfáltica en frío y caliente, ensayo CBR

Anexo N°3: Autorización de Publicación de tesis

Anexo N°4: Programa Turnitin

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen N°1: Ubicación de la carretera Lima-Canta km 78+000 al km 79+000....	15
Imagen N°2: Sección transversal del pavimento flexible.....	21
Imagen N°3: Ciclo de vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación	25
Imagen N°4: Falla piel de cocodrilo.....	35
Imagen N°5: Fallas transversales.....	36
Imagen N°6: Ondulación en la vía.....	36
Imagen N°7: Presencia de baches en las vías.....	37
Imagen N°8: Peso de la muestra después de pasar por el tamizado para el ensayo Proctor modificado	53
Imagen N°9: Después de dejar reposar por 15 minutos se inicia el ensayo.....	55
Imagen N°10: Carretera Lima-Canta KM 78+000.....	57
Imagen N°11: Lavado del asfalto para luego tamizar.....	57
Imagen N°12: Mezclado de la carpeta asfáltica agregada cal para realizar las briquetas	59
Imagen N°13: Se realiza la prueba en el equipo Marshall.....	64

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1: Matriz de Operacionalización de variables.....	46
Cuadro N°2 Instrumentos de recolección de datos.....	47
Cuadro N°3: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso.....	56
Cuadro N4°: Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica convencional.....	60
Cuadro N°5: Criterios de diseño del pavimento flexible.....	74
Cuadro N°6: Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica convencional.....	74
Cuadro N°7: Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica reciclada- modificada	78
Cuadro N°8: Costos y periodos estimados de mantenimiento del asfalto convencional	79
Cuadro N°9: Costos y periodos estimados de mantenimiento del asfalto reciclado-modificado	80
Cuadro N°10: Precio de mantenimiento por Km /Año.....	81
Cuadro N°11: Vida útil del pavimento con las dos alternativas de carpeta asfáltica	82

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: <i>Tipo de mezcla Vs. Flujo</i>	75
Gráfico N°2: <i>Tipo de Mezcla Vs. Estabilidad</i>	76
Gráfico N°3: <i>Tipo de Mezcla Vs. Resistencia a la fatiga</i>	77

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la aplicación del método del reciclaje en la carpeta asfáltica del pavimento flexible, para un tipo de asfalto modificado proponiendo un diseño con mayor flexibilidad, durabilidad y económico. Donde se utilizó como instrumento los ensayos realizados en el laboratorio, de esta manera, mediante el proceso del reciclaje que se reutilizó al pavimento flexible, se logró obtener mejores resultados a comparación de un asfalto convencional, se puede observar que la estabilidad de un asfalto reciclado y a la vez incorporado cal 1.5%, aumenta la estabilidad quedando como resultado óptimo la estabilidad de 1606 kg con asfalto reciclado. Es importante recalcar que el asfalto reciclado ofrece mayor resistencia en un 14.34%. En comparación de una mezcla convencional, obteniendo una carpeta asfáltica más resistencia ante las deformaciones permanentes producto de las cargas que transitan.

Por lo tanto, se determina que un asfalto reciclado (modificado) ofrece mejor servicio al tránsito vehicular, dando mayor tiempo de vida útil el cual es de 10 años y de esta manera disminuye el periodo de mantenimiento vial en 28.8%, generando un ahorro de \$4335.34 ya que es el propósito de todo proyecto de investigación.

A todo lo mencionado, los resultados obtenidos son favorables al utilizar pavimento mejorado por el método del reciclaje, ya que el mismo genera ganancias y da buen servicio, también contribuye a la mitigación del medio ambiente.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the application of the recycling method in the asphalt pavement of the flexible pavement, for a modified asphalt type proposing a design with greater flexibility, durability and economic. Where the tests carried out in the laboratory were used as an instrument, in this way, through the recycling process that was reused to the flexible pavement, better results were obtained compared to a conventional asphalt, it can be seen that the stability of a recycled asphalt and at the same time incorporated 1.5% lime, the stability increases with the stability of 1606 kg with recycled asphalt being the optimum result. It is important to emphasize that recycled asphalt offers greater resistance in 14.34%. Compared to a conventional mixture, obtaining an asphalt folder more resistance to permanent deformations resulting from the loads that pass through.

Therefore, it is determined that a recycled (modified) asphalt offers better service to the vehicular traffic, giving a longer useful life which is 10 years and in this way the road maintenance period decreases by 28.8%, generating a saving \$ 4335.34 since that is the purpose of every research project.

To all the mentioned, the obtained results are favorable when using pavement improved by the method of the recycling, since the same generates profits and gives good service, also contributes to the mitigation of the environment.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente los desastres naturales han producido diferentes daños en las estructuras, lo que ha perjudicado a los ciudadanos y a la vez a la economía de los diferentes países, convirtiéndose en una preocupación mundial. De modo que, ante esta realidad se tiene que las vías de comunicación son parte importante para el crecimiento de un país facilitando la movilización e integración de los individuos satisfaciendo sus necesidades de transportarse a nivel internacional, por ello la industria de la construcción desarrolla nuevas tecnologías para poder reciclar los residuos de los procesos constructivos, y a la vez poder reutilizarlos después de que hayan cumplido su ciclo de vida; es decir hacer un proceso de selección con los agregados extraídos del pavimento el cual ha sido retirado, para recién ahí poder rehabilitar dicho pavimento.

En distintos países de centro América y Sudamérica se emplea mucho la rehabilitación de vías que ya existen y están en uso, en ello se emplea materiales químicos y pétreos para realizar las mezclas asfálticas, de modo que para este proceso se necesita la utilización de canteras nuevas o el uso excesivo de las canteras existentes, lo que origina un gran impacto ambiental negativo de la flora y fauna del lugar donde se encuentre la cantera por utilizar.

Por otro lado tenemos que la infraestructura vial es de gran importancia patrimonial para la nación, por cuanto existe una conexión directa con el desarrollo social y económico, entre una de sus funciones tenemos que permite anexar a todos los centros poblados que se encuentran en las partes más alejadas y olvidadas del país con los centros financieros, intercambiando información, servicios y bienes materiales, el cual conlleva al desarrollo económico de la nación.

El pavimento es una estructura civil y presenta como una de sus características un período de diseño finito, es decir que presentará fallas o falencias al término de éste; de modo que el tiempo de duración de un pavimento traerá consigo desde el inicio desgaste y deterioro el cual la vida útil del pavimento ya no será la misma porque empezará a mostrar fallas por lo que la calidad de rodaje se verá afectado, como consecuencia de ello se tiene que los costos por el uso que recaen en el usuario y los costos de mantenimiento que son asumidos por las

empresas responsables de mantener en buen estado las pistas y carreteras se verán incrementados.

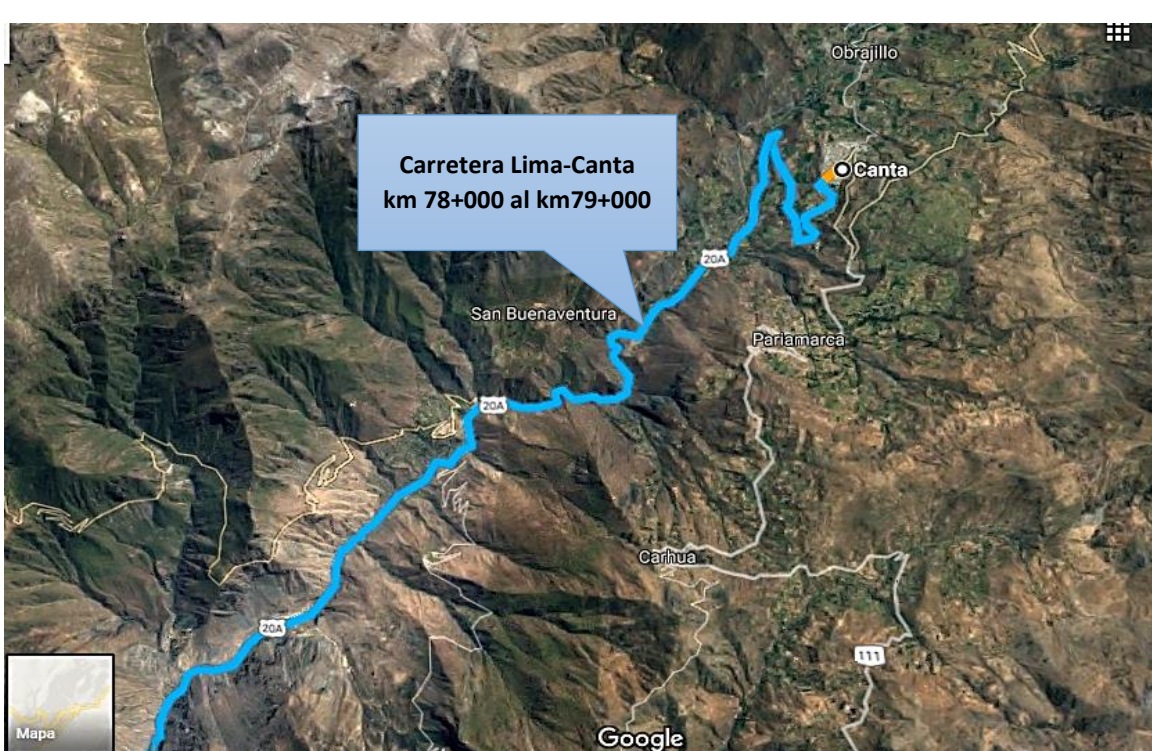
Cuando se origina el proceso de desgaste natural que se da del pavimento flexible, se llevará a cabo trabajos de mantenimiento y rehabilitación, siendo frecuente que éstas acciones se apliquen desde la primera etapa en el que se hace el diseño, con el objetivo de reducir las fallas en el pavimento, para optimizar los recursos disponibles que ya se tienen para rehabilitar la vía deteriorada.

En diversos países de Latinoamérica como el Perú tiene la gran mayoría de sus carreteras deterioradas ya que actualmente se ha incrementado el parque automotor y las cargas, lo que ocasiona deformaciones en el pavimento por más que este sea flexible, la recuperación no es completa por lo que a largo plazo se van a producir deformaciones permanentes; es por ello que para que una obra se ejecute debe cumplir una serie de requerimientos a efecto de que se respete la normativa previamente establecida en el reglamento nacional del país, la misma que trae consigo criterios internacionales, así para evitar el deterioro de las carreteras que se debe también a factores tales como la utilización de materiales de mala calidad, drenajes deficientes y datos erróneos de tráfico. Como consecuencia a este tipo de problemas es que actualmente se puede apreciar el pavimento flexible dañado en la carretera Lima-Canta (KM 78+000 al KM 79+000), Lima 2017.

Para poder dar solución a estos problemas es necesario evaluar las alternativas de solución, para así obtener una reducción de costos de construcción para que dicha carretera sea funcional, de modo que al aplicar la comparación y evaluación de pavimentos flexibles a través del método del reciclaje, éste sea más técnico, económico y a la vez ofrecería un rodaje cómodo y seguro.

Para el desarrollo de la investigación se tomó el tramo de la carretera Lima-Canta km 78+000 al km 79+000, que se encuentra ubicada a 2 horas de la ciudad de Lima.

Imagen N°1: Ubicación de la carretera Lima-Canta km 78+000 al km 79+000



Fuente: Google. Perú, 2017. Consulta: 25 de mayo del 2017.

Nuestra realidad nos muestra que el pavimento del tramo indicado se encuentra deteriorado es por ello se busca mejorar el pavimento a través del método del reciclaje, el cual busca recuperar sus propiedades iniciales del pavimento y a la vez sea más económico al rehabilitarlos.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Antecedentes internacionales

En la actualidad el aspecto de infraestructura se viene desarrollando considerablemente, particularmente en carreteras. Siendo que miles de kilómetros se construyeron alrededor del mundo con la finalidad de disminuir los volúmenes crecientes de tráfico; es así que gran parte de estas carreteras tienden a desgastarse porque llegan a cumplir su periodo de diseño, ya que el incremento del parque automotor va aumentando cada día, es decir mayores cargas por eje y el tiempo de vida, consecuentemente dichos factores han contribuido a través de los años al deterioro de las carreteras, de modo que se requiere el desarrollo de

nuevas técnicas o adoptar medidas que permitan conservarlas a fin de brindar un servicio aceptable, lo que da lugar a la aplicación de la técnica de reciclaje de pavimentos asfálticos.

Méndez Revollo, A (2015) en su tesis "*Evaluación técnica y económica del uso de pavimento asfáltico reciclado (RAP) en vías colombianas*" tesis profesional para la obtención del grado de Máster en Ingeniería de pavimentos, en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, comenta: El uso de pavimentos asfálticos reciclados para la construcción y rehabilitación de carreteras es un tema que ha venido creciendo desde hace años, debido a la reutilización y potencialización de los materiales existentes que contribuye al medio ambiente por la disminución de explotación de canteras en búsqueda de nuevos agregados, sin embargo no existe una guía clara de esta técnica y por tanto es poco utilizada. Este trabajo busca establecer una perspectiva acerca del uso de pavimentos asfálticos reciclados a partir de estudios realizados, donde encontraron resultados óptimos en cuanto a propiedades mecánicas y dinámicas de las mezclas asfálticas recicladas. Los resultados mostraron que el reciclado en los casos donde ha sido utilizado ha traído un buen comportamiento y una reducción de costos considerable.

De modo que, una manera de contribuir al medio ambiente sería aplicar la rehabilitación de los pavimentos mediante el método del reciclado, es decir utilizar materiales ya existentes para así disminuir la explotación de canteras. Al utilizar pavimentos reciclados como resultado se obtiene pavimentos con un mejor comportamiento, lo que conlleva a la reducción de los costos que resultan ser más económicos.

Gómez Cote, G (2015) en su tesis "*Estimación del coeficiente de aporte AASHTO mediante FWD para la técnica de reciclado de pavimentos rígidos, Rubblizing. Un caso de estudio en el distrito de San Félix*" tesis profesional para la obtención del grado de Ingeniero civil, en la Universidad Militar Nueva Granada, explica que: La reutilización del material procedente del fresado de pavimentos asfálticos envejecidos en la fabricación de nuevas mezclas bituminosas permite reducir tanto el empleo de nuevos materiales (áridos y betún) como la cantidad de residuos asfálticos en los vertederos, lo que representa grandes ventajas desde el punto de

vista ecológico y económico, que hacen que el reciclado se haya convertido en una alternativa de gran interés, cada vez más utilizada, en la conservación y rehabilitación de los firmes de carreteras. En este trabajo se pretende ampliar la experiencia y el conocimiento sobre el comportamiento de las mezclas recicladas, a través del análisis del comportamiento estructural de firmes que incorporan este tipo de mezclas, fabricadas tanto en frío como en caliente, en los tramos experimentales realizados dentro del proyecto europeo de investigación PARAMIX (Road pavement rehabilitation techniques using enhanced asphalt mixtures), financiado por la Comunidad Europea, cuyo objetivo fundamental era el de mejorar los materiales, el diseño y las técnicas de construcción para la rehabilitación de firmes utilizando mezclas recicladas.

Por ello actualmente es importante saber convivir con la naturaleza sin afectar el medio ambiente, buscar reducir los costos en la implementación de carreteras, así como mejorar los materiales que se utilice en la construcción de pavimentos; la alternativa que mejor solución le da a dicha disyuntiva resulta ser la aplicación del método del reciclaje por ser práctico y a la vez ecológico.

Corros, M. Urbáez, E y Corredor, G (2009) en su tesis "*Manual de Evaluación de Pavimentos*" tesis profesional para la obtener la maestría en Vías Terrestres, en la Universidad Nacional de Ingeniería, explica que: Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de los vehículos causarán sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipo que circulará por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que la aplica. El objeto de este capítulo es presentar la metodología para determinar los parámetros de tránsito que se requieren para el diseño estructural de los pavimentos en carreteras y autopistas.

Dentro del diseño estructural de un pavimento es muy importante tomar en cuenta ciertos factores como la carga de vehículos y los efectos que éstos causarían sobre el pavimento, para lo cual debe realizarse un análisis previo referido al tránsito.

Rodríguez Mineros, C y Rodríguez Molina, J (2006) en su tesis "*Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje*" tesis

profesional para optar el grado del doctorado en ingeniería, en la universidad de El Salvador, afirman que: Un primer precedente del empleo de las técnicas del reciclado se dio después de la Segunda Guerra Mundial, cuando para reparar las carreteras secundarias afectadas por la misma se puso en práctica en el Reino Unido un procedimiento llamado “Retread Process” o proceso de recuperación. Consistía en escarificar el firme, añadir en caso necesario una pequeña cantidad de árido y mezclar in situ el material escarificado con el aportado con ayuda de una motoniveladora o una grada de discos. A continuación se regaba con una emulsión bituminosa de bajo contenido de ligante, e inmediatamente se procedía al mezclarlo con gradas de discos. El primer día sólo se compactaba muy ligeramente el material mezclado, puesto que tenía mucha agua, y al día siguiente se terminaba la compactación. Se trataba de un procedimiento muy simple pero que, ejecutado correctamente, proporcionaba unos resultados aceptables. Esta investigación es de tipo aplicada de modo que su objetivo será dar respuesta a una determinada situación problemática.

Por lo tanto, debido a la necesidad de reparación de pavimentos afectados después de la guerra se pone en práctica por primera vez el proceso de recuperación de pavimentos, proceso que entre sus características presenta la de ser práctico y los resultados obtenidos fueron y son considerables al día de hoy.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Contreras Ortega, R (2014) en su tesis *“Comparación técnico-económica y ecológica del reciclado in-situ, empleando asfalto espumado, con métodos convencionales de mantenimiento periódico de pavimentos flexibles”* tesis profesional para optar el grado del doctorado en ingeniería, en la Universidad Peruana de Ciencias, determina que: El presente trabajo nació con la finalidad de impulsar la mayor implementación de una técnica de rehabilitación con procedimientos constructivos eficientes y que son respetuosos con el medio ambiente. El reciclado de pavimentos empleando asfalto espumado es una tecnología que fue desarrollada en Estados Unidos a mediados de los años 60 y que tomó un mayor protagonismo a partir del desarrollo de las formidables máquinas recicladoras. La hipótesis de la que se partió sostiene que el reciclado in-

situ empleando asfalto espumado es el método más beneficioso, desde los puntos de vista técnico-económico y ecológico, en el mantenimiento periódico de pavimentos flexibles. Por lo tanto esta investigación es de tipo aplicada porque su objetivo es dar respuesta al problema planteado.

De manera que para impulsar el uso de nuevas técnicas de rehabilitación tiene que considerarse las que sean más eficientes y menos perjudiciales al medio ambiente, concluyéndose que una de ellas es la de implementar pavimentos empleando el asfalto espumado ya que dicha técnica resulta ser ecológica y económica.

Gutiérrez Lázares, J (2007) en su tesis "*Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú*" tesis profesional para la obtención del grado de Máster en Ingeniería, en la Universidad Nacional De Ingeniería de la ciudad de Lima, comenta que: La mayoría de las carreteras mantenidas y rehabilitadas (M y R) en los últimos diez años, se han deteriorado prematuramente disminuyendo la condición y la serviciabilidad del pavimento, demandando trabajos correctivos y complementarios antes de lo previsto. La recolección de información y la experiencia ha demostrado que los resultados obtenidos no siempre son congruentes con los objetivos del proyectista. Las causas están referidas a tráfico proyectado de forma inadecuada, mala valoración de la subrasante, condiciones ambientales no consideradas, entre otras.

De modo que para la obtención de resultados óptimos esperados es necesario tomar en cuenta factores intrínsecos al uso de las pistas y carreteras como puede ser la transitabilidad y los volúmenes de carga, así como también factores externos tales como las condiciones ambientales, todo esto para evitar posteriormenete la aplicación de técnicas de manera prematura tales como el mantenimiento y rehabilitación de pistas y carreteras a efecto de contrarrestar los daños sufridos por las mismas debido a que no se consideraron datos suficientes de tráfico requeridos.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Según la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), el pavimento se puede definir de dos puntos de vista: El del usuario y el de la Ingeniería.

Según Rodríguez y Rodríguez definen:

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas.

Las diferentes capas de material seleccionado que conforman el paquete estructural, reciben directamente las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada. Es por ello que todo pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como abrasiones y punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él. Otras condiciones necesarias para garantizar el apropiado funcionamiento de un pavimento son el ancho de la vía; el trazo horizontal y vertical definido por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo. (2009, p. 11).

Es así que, se denomina pavimento al elemento que se va a encontrar apoyado sobre una superficie llamado técnicamente “subrasante” dicho elemento ésta conformado por un conjunto de capas de diferente espesor que van a recibir las cargas como consecuencia del tránsito y las van a derivar a capas inferiores, por lo tanto el pavimento tiene que contar con la resistencia necesaria para que dicha estructura pueda brindar seguridad y comodidad en la prestación del servicio.

1.3.1. Pavimentos flexibles

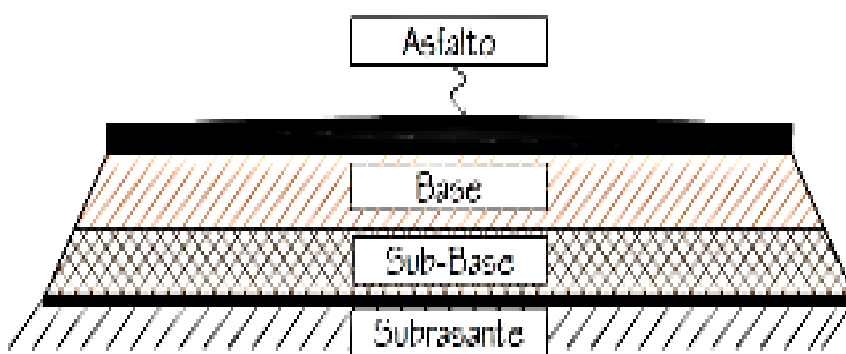
Según Rodríguez y Rodríguez denominan:

También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de sub-base, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. El pavimento flexible resulta más

económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil. (2009, p. 12).

Cabe señalar que el pavimento asfáltico está constituido de una capa bituminosa apoyada sobre la base y la sub-base, de manera que debido a su constitución el pavimento posee la capacidad de deformarse con la finalidad de evitar que la estructura falle.

Imagen N°2: *Sección transversal del pavimento flexible*



Fuente: Rengifo, 2014

Según Rengifo, sostiene que un pavimento flexible debe cumplir con las siguientes características fundamentales:

- **Resistencia estructural:** El pavimento debe ser capaz de soportar las cargas debidas al tránsito de tal manera que el deterioro sea paulatino y que se cumpla el ciclo de vida definido en el proyecto.
- **Deformabilidad:** El nivel de deformación del pavimento se debe controlar debido a que es producto de la sobrecarga vehicular que producirá fallas permanentes, la cual es una de las principales causas de la deformación.
- **Durabilidad:** Una carretera que tenga un ciclo de vida prolongado en condiciones aceptables no sólo evita la necesidad de construcción nueva, sino también la molestia de los usuarios de la vía al interrumpir el tránsito.
- **Costo:** Se debe hallar un equilibrio entre el costo de construcción inicial y el mantenimiento al que tendrá que ser sometida la vía. Asimismo influye la calidad y la disponibilidad de los materiales para la estructura.
- **Requerimientos de la conservación:** las condiciones de drenaje y sub drenaje juegan un rol decisivo en el ciclo de vida del pavimento.

- **Comodidad:** una carretera tiene que resultar cómoda para los usuarios. (2014, p. 4).

De manera que, si el pavimento en mención presentara las características antes acotadas tendremos uno que cumplirá con los objetivos para los cuales se construyó y con ello se podrá brindar un servicio eficiente para el usuario.

1.3.1.1. Asfalto

Medina y De La Cruz, define al asfalto:

Como un material consistente de color marrón oscuro o negro oscuro conformado por una mezcla de productos bituminosos que se localizan en la naturaleza o se adquiere en el procesado del petróleo, En su aplicación en pavimentación sirven especialmente para dar cohesión y flexibilidad a la mezcla, usando su poder aglomerante para juntar las partículas de áridos. (2015, p. 45).

De modo que el asfalto se puede encontrar mediante dos formas, etapa natural o producto de purificaciones del petróleo lo cual actualmente se usa más para la implementación de carreteras asfálticas ya que ofrece una mejor fluidez de vehículos entre otras ventajas.

1.3.1.1.1. Composición química del asfalto

El asfalto está compuesto por los siguientes elementos:

Elemento	concentración (%)
Carbono	82-88(%)
Hidrogeno	8-11(%)
Azufre	0-6(%)
Oxigeno	0-1,5(%)
Nitrógeno	0-1(%)

Porcentajes de la composición del asfalto.

1.3.1.1.2. Propiedades físicas del asfalto

1.3.1.1.3. Durabilidad

Para Cachay et al., la durabilidad es:

El régimen de qué cantidad puede contener un asfalto sus tipos originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. La durabilidad puede presentar fallas, ya que para poder determinar este comportamiento influye todo el proceso constructivo del pavimento, desde el diseño de mezclas, las características del agregado la mano de obra en la ejecución de la carretera, entre otras variables que intervienen. (2014, p. 11).

De modo que, según los autores la durabilidad va depender de muchos factores y características para que esta no presente fallas, caso contrario si presentará fallas las cuales también dependen del proceso constructivo.

1.3.1.1.4. Adhesión y cohesión

Para Cachay (2014, p. 11), “la adhesión se refiere a la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación.

Cohesión por otro lado, es la capacidad del asfalto de mantener firmes las partículas del agregado en el pavimento terminado”.

1.3.1.1.5. Susceptibilidad a la temperatura

Según Cachay (2014, p. 11), “ la importancia de la temperatura en el asfalto es que a mayor temperatura es menos viscoso y a menor temperatura es más viscoso por ello se le denomina susceptibilidad a la temperatura”.

Los autores consideran que el asfalto debe tener fluidez a temperaturas altas para que pueda cubrir a los agregados durante todo el proceso de mezclado y así poder tener mejor trabajabilidad durante todo el compactado del asfalto. De modo que se vuelva suficientemente viscoso, pero ya a temperatura de ambiente para que el material pueda prestar mejor servicio.

1.3.1.1.6. Caracterización por viscosidad

La norma ASTM D-3381 (Clasificación estándar por grado de viscosidad para cementos de asfalto utilizados en pavimentación) se delega a la luz de su consistencia total a 60°C.

1.3.1.1.7. Purezas

Según Urrego (2016, p. 34), “el cemento asfáltico está constituido en su mayor parte por bitumen, es un material totalmente soluble en bisulfuro de carbono. Aproximadamente el 99.5% de los asfaltos refinados son solubles en bisulfuro de carbono y si contienen impurezas estas son inertes”.

Por lo tanto los cementos asfálticos se clasifican en diferentes sistemas. Caracterización de penetración, mediante la norma ASTM D-946 (Clasificación Estándar por Grado de Penetración para Cementos Asfálticos Utilizados en Pavimentación).

- 40 – 50
- 60 – 70
- 85 – 100
- 120 – 150

1.3.1.2. Comportamiento estructural de los pavimentos

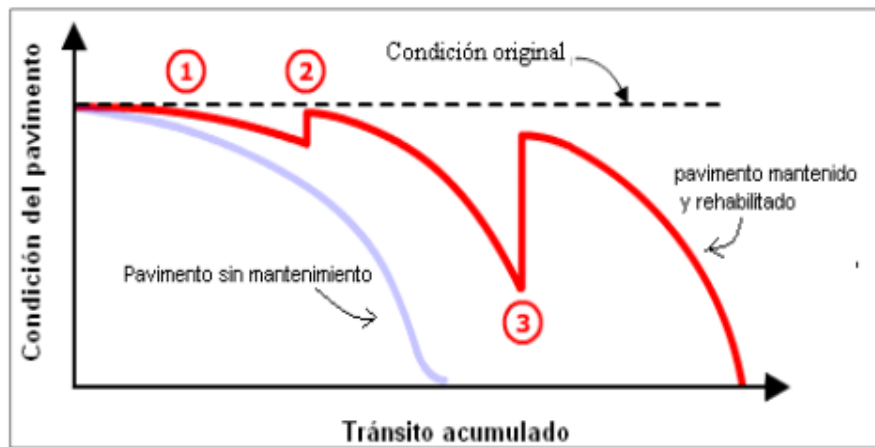
Según Leguía y Pacheco, afirman que:

El comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas, varía de acuerdo a las capas que lo constituyen. La principal diferencia entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se reparten las cargas [...] un factor que influye en el comportamiento de los pavimentos es el tipo de carga que se le aplica y la velocidad con que ello se hace. Los pavimentos están sujetos a cargas móviles, y el hecho que las cargas actuantes sean repetitivas afectan a la resistencia de las capas de pavimento de relativa rigidez, por lo que en el caso de los pavimentos flexibles, este efecto se presenta sobre todo en las carpetas y las bases estabilizadas. (2016, p. 28).

Como bien señalan los autores en mención, debe considerarse el comportamiento estructural del pavimento, considerándose entre otros factores su constitución y las cargas que reciben, conociéndose ello se podrá determinar el tipo de pavimento a ser construido tomándose en cuenta las funciones que deberá cumplir y para las cuales se edificó.

1.3.1.3. Ciclo de vida de un pavimento

Imagen N°3: *Ciclo de vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación*



Fuente: Medina y De La Cruz, 2015

En la figura N° 3 se observa dos curvas una de color gris y la otra roja, en la primera se puede observar que el pavimento está sin mantenimiento, mientras que en la segunda se observa que esta con mantenimiento y rehabilitación. La curva roja se identifica mediante tres puntos los cuales son:

En el punto 1 se realizar los trabajos de mantenimiento el cual permite que el pavimento no se deteriore con tanta rapidez.

En el punto 2 se realizará la rehabilitación que permitirá restaurar el pavimento flexible.

En el punto 3 se procede con la segunda intervención con la cual se va a restaurar y rehabilitar casi todo el pavimento llevándolo a su condición original.

Cuando finaliza la construcción de un pavimento ahí se inicia el deterioro permanente y continuo de la vía.

Medina y De La Cruz, consideran que dentro de la vida de un pavimento se desarrollan las siguientes fases:

Fase de Consolidación: Esta es la fase inicial en la vida de un pavimento flexible, donde sus diversas capas sufren cierta consolidación, debido a las cargas transmitidas por las ruedas de los vehículos. Es una fase relativamente corta que tiende a estabilizarse rápidamente.

Fase Elástica: Inicia inmediatamente después de la fase anterior y corresponde a la vida útil del pavimento. Si ocurre la fase de consolidación, cada carga provoca una deformación de tipo permanente, que luego tiende a transformarse en deformación transitoria de recuperación instantánea de tipo elástico, provocando cada rueda un movimiento vertical hacia abajo (deflexión), que se recupera después de pasar el vehículo (rebote). La vida de un pavimento depende de esta fase, de su duración, lo cual está íntimamente ligado a las deflexiones que pueda sufrir el pavimento.

Fase de Fatiga: Es la fase final en la vida de la estructura. Las deflexiones causadas por el constante paso de las ruedas de los vehículos provocan tensiones de tracción en los revestimientos asfálticos, que vienen acumulándose desde la fase elástica hasta que la capa se rompe por fatiga después de cierto número de pasadas, momento a partir del cual comienza un colapso gradual en toda la vía requiriéndose prácticamente una reconstrucción de la misma. La rotura por fatiga se inicia con la aparición de grietas longitudinales las cuales con el paso repetido del tránsito y la penetración de las aguas superficiales al interior del pavimento provocan el colapso de la estructura llegando el pavimento al final de su vida útil. (2015, p.31).

Por lo tanto tenemos que en un pavimento se presentan las tres fases en mención, siendo que en la fase de fatiga se va a presentar el deterioro que sufre el pavimento debido al uso del mismo, por ello es ahí donde se puede aplicar el método del reciclaje para su restauración.

1.3.1.4. Evaluación de pavimentos

Leguía y Pacheco, determinan que:

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre. (2016, p. 23).

Por lo tanto, la evaluación de pavimentos es de vital importancia y se realiza con la finalidad de determinar las medidas adecuadas a ser tomadas en cuenta en el mantenimiento y conservación de los mismos con lo cual se busca prolongar la duración de vida útil de dicho pavimento, ya que permite conocer el deterioro presente y forma de restaurarlo.

1.3.1.5. Importancia de la evaluación de un pavimento

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las medidas correctivas oportunas, consiguiendo con ellas, cumplir el objetivo de una serviciabilidad óptima al usuario. Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio, previniendo una futura mayor inversión. (Leguía y Pacheco, 2016, p.35).

Entonces podemos decir que la evaluación de pavimentos sirve como medida preventiva a efecto de evitar un daño grave en el pavimento, ya que si se corrige o restaura de forma temprana el daño se evitará en el futuro un mayor gasto de inversión en dicho pavimento.

1.3.1.6. Objetividad

Para, Medina y De La Cruz sostienen que:

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva. (2015, p.47).

La objetividad como requisito y característica de la evaluación de pavimentos resulta trascendental, ya que con información actualizada y confiable se podrá determinar cuáles son las medidas a adoptar para la reparación del pavimento en caso presente daño.

1.3.1.7. Evaluación de la adherencia

Medina y De La Cruz, define:

La adherencia neumático-calzada es una de las características superficiales del pavimento que tiene influencia en la seguridad del conductor, ya que permite: reducir la distancia de frenado y mantener en todo momento la trayectoria deseada del vehículo. Para el caso de parámetros de seguridad del pavimento, la micro textura puede ser considerada a través de la determinación del coeficiente de fricción mediante el péndulo de fricción del "Transport Research Laboratory" (TRL) o péndulo inglés. En

cuanto a la macro textura, se determina con el ensayo de parche de arena el que consiste en esparcir un volumen conocido de arena de granulometría normalizada sobre el camino en forma circular con un accesorio de caucho, y valorar luego cual es la altura de arena (HS) que entró, en promedio, en el círculo definido. (2015,p.75).

En cuanto a la evaluación de la adherencia, siendo la adherencia una característica del pavimento se tiene que será importante porque ayudará a la prevención de riesgos del usuario y con ello contribuirá a la seguridad del conductor.

1.3.1.8. Evaluación estructural

Montalvo, considera:

Los métodos de evaluación estructural se dividen en dos grupos, los ensayos destructivos y los ensayos no destructivos. Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de esta y realizar ensayos de densidad "in situ". Estas determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen [...]Por otro lado se pueden realizar perforaciones con la ayuda de equipos de calado, saca muestras; esta alternativa, en comparación con las calicatas es más sencilla, menos costosa, más rápida y provoca menores interrupciones en el tránsito. Como desventaja, no se puede realizar determinaciones de densidad "in situ" por cuestiones de espacio. (2015, p.67).

La evaluación estructural será relevante en tanto que lo que se quiere lograr con ello será conocer la morfología del pavimento para conocer el estado en el cual se encuentra el mismo, con ello poder determinar a priori los problemas a presentarse en el mismo y las medidas correctivas a aplicarse.

1.3.1.9. Evaluación superficial

Se entiende por evaluación superficial o funcional, aquella evaluación realizada en una vía con el objeto de determinar los deterioros que afectan al pavimento y al usuario, y conocer el estado en el que se encuentra el mismo [...] La evaluación superficial comprende los siguientes pasos: primero, identificar las fallas y las posibles causas de las mismas. Después, se ubican las fallas en una hoja de evaluación de acuerdo al método a aplicar. Luego, se determina el grado de severidad y la extensión de las fallas Seguidamente, se cuantifica en gabinete la información recogida en el campo. Inmediatamente, se emite un informe con el análisis del tramo evaluado. Finalmente, se determinan los tratamientos y reparaciones adecuados. (Montalvo, 2015, p.73).

Siendo que la evaluación superficial está dirigida a determinar que daños se presentan en el pavimento y sus causas, será necesaria su aplicación si se quiere conocer cuál es el estado del pavimento para con ello lograr el estado óptimo del pavimento y la satisfacción del usuario en cuanto a su uso.

1.3.1.10. Categorías de mantenimiento.

Para Balvin, el mantenimiento se divide en:

El mantenimiento rutinario, comprende todas aquellas actividades requeridas para conservar una vía de regular a buen estado, las cuales se repiten una o más veces al año. También, incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos, tal como los barandales de puentes, obras de drenaje menores, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines.

El mantenimiento periódico, abarca las obras de conservación vial que se repiten en períodos de más de un año para mantener la vía a un nivel de servicio de regular a buen estado. Asimismo, abarca las mejoras geométricas requeridas para una sección puntal, conforme a los requisitos estipulados en la última versión del manual Centroamericano de Especificaciones para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. Las obras de mantenimiento periódico incluyen: Aplicación de tratamientos especiales tales como el reciclaje de pavimentos existentes.

El mantenimiento preventivo, consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas en la vía antes de que ocurra. Tratamientos aplicados a la superficie de pavimentos existentes con capacidad estructural suficiente, con el propósito de mantener su estructura y prolongar su vida útil sin incrementar su valor estructural. (2013, p. 35).

Considero que los tres tipos de mantenimiento deberían aplicarse con la finalidad de prevenir o contrarrestar daños al pavimento, puesto que la aplicación de uno de ellos no excluye al otro.

1.3.2. Método del reciclaje

1.3.2.1. Reciclaje de pavimentos flexibles

Según Sanchez define:

El reciclado de los pavimentos es una técnica de la construcción de vías, que consiste en un tratamiento que se le realiza a un pavimento existente o deteriorado, el cual

puede emplearse como refuerzo estructural o carpeta de rodadura. Este procedimiento se caracteriza por tener bajos costos constructivos. (2009, p. 15).

Por lo tanto, un método alternativo de rehabilitación de pavimentos es el reciclaje, es decir utilizar sus materiales originales. Con este método se logra disminuir los costos de dichos pavimentos.

Rodriguez y Rodríguez (2006) definen que, “el reciclado es una nueva alternativa técnica de rehabilitación de pavimentos, que consiste en la reutilización de los materiales en servicio, los que han perdido en gran parte sus propiedades iniciales y cuyas características se desean mejorar” (p.38).

Teniéndose una nueva y cualificada alternativa a ser aplicada en el tratamiento de restauración de pavimentos, resulta que presenta resultados óptimos.

Para Sanchez, el reciclado de pavimentos flexibles se divide en tres tipos los cuales son:

Reciclaje superficial.- Consiste en la rehabilitación mediante el retratamiento de la superficie del pavimento en bajos espesores generalmente no superiores a los 2.5 centímetros, en casos en que los deterioros del pavimento no sean atribuibles a deficiencias estructurales.

Reciclaje en el lugar (in situ).- Este tipo de reciclado se puede definir como la reutilización y disgregación de las carpetas asfálticas y en ocasiones parte de la base granular en un pavimento existente. El proceso se puede adelantar en frío o en caliente dependiendo el tipo de falla que se pretenda rehabilitar.

Reciclaje en planta.- Proceso mediante el cual los materiales recuperados de la carpeta asfáltica y/o base granular producto de la escarificación del pavimento existente, son transportados y mezclados en una planta central para la obtención de una nueva mezcla asfáltica en caliente, que puede ser utilizada como base asfáltica o carpeta de rodadura. Este tipo de reciclaje trata fallas tanto superficiales como profundas. (2009, p. 16,18).

Conocidos los distintos tipos de reciclado de pavimentos, deberá optarse por el que responda de mejor forma a las características del daño y a su reparación.

Según Balvin, para el reciclado de pavimentos consideró:

Estos materiales procedentes de la mezcla asfáltica de la carpeta asfáltica y demás agregados de la base y sub-base del pavimento existente son sometidos a ensayos y

bajo los parámetros especificados se determina la mezcla reciclada y demás cantidades y calidades de materiales nuevos a agregar a los existentes para conformar lo que será el pavimento reciclado. (2013, p.89).

Debemos entender por pavimento reciclado al resultado obtenido de la mezcla de los materiales que se encuentran en la carpeta asfáltica aunados a los agregados que se obtienen de la base y sub-base del pavimento, los cuales son sometidos a ensayos, los mismos que se rigen por parámetros especificados y determinados previamente y mediante los cuales se obtendrá los materiales que se van a agregar y cuyo resultado será el pavimento reciclado.

1.3.2.2. Ventajas y desventajas de un pavimento flexible.

Rodríguez y Rodríguez, Identificarón:

Ventajas.

- Fácil financiamiento por su bajo costo inicial.
- La construcción como las operaciones de mantenimiento se realizan en un tiempo mucho más corto.
- La marcha de los vehículos automotores es más suave por no tener juntas de unión.
- Pueden utilizarse nuevamente como base los pavimentos existentes cuando se coloque una nueva capa de rodaje.

Desventajas.

- En época de invierno los daños son considerables y más costosas las operaciones de mantenimiento. (2006, p. 30).

Como señalan los autores antes citados tenemos que existen muchísimas ventajas en relación a una sola desventaja, y como se señaló líneas arriba en la presente investigación; se debe hacer un análisis considerándose los factores intrínsecos y extrínsecos del pavimento objeto de análisis, por lo tanto si se tiene un pavimento sobre un suelo ubicado en una zona que presenta características ambientales adversas tales como el invierno sería mejor optar por una técnica distinta a efecto de evitar costos mayores de restauración y con resultados deficientes.

1.3.2.3. Técnicas de reciclado

Es la recuperación de muchos materiales defectuosos que fueron extraídos del pavimento. Serán mezclados con elementos bituminosos o agentes rejuvenecedores para su reutilización.

Para Méndez, existen varios tipos de técnicas las cuales son:

- **Reciclado in situ en caliente:** Se reutilizan los materiales de la estructura envejecida mediante un tratamiento a altas temperaturas en el lugar de la obra, se calienta mediante unos quemadores y este material se mezcla con agentes químicos rejuvenecedores y con nueva mezcla, que al final se extiende y compacta según el espesor requerido.
- **Reciclado in situ en frío con cemento:** Procedimiento que se fundamenta en el fresado en frío de un cierto grosor del pavimento envejecido y el mezclado de este material con un conglomerante hidráulico como el cemento utilizado normalmente. El nuevo material se extiende y se compacta definiendo una sólida base para posteriores refuerzos.
- **Reciclado in situ en frío con emulsiones bituminosas:** Esta técnica, reutiliza la totalidad de los materiales extraídos del pavimento envejecido. El procedimiento usual y básico consiste en el fresado en frío de cierto espesor del pavimento, este material se mezcla con una proporción determinada de emulsión y otros aditivos. El nuevo material se extiende y se compacta, seguido del curado de la capa reciclada y por último la extensión de una capa delgada de rodadura a base de mezcla caliente. (2015, p. 4).

Las distintas técnicas deberán responder al daño que presenta el pavimento, así como a los factores de transitabilidad, cargas y los daños que éstos causan o podrían causar en el pavimento de forma que se aplique el más óptimo en relación a la singularidad del pavimento, ya que no podría aplicarse una misma técnica a todo pavimento que presente daño por cuanto los beneficios presentes en uno pueden estar ausentes en otro.

1.3.2.4. Ventajas del reciclaje de pavimentos

Rodriguez y Rodríguez, afirman que las ventajas del reciclaje de pavimentos son:

- Posibilita la mejora estructural del pavimento existente.
- Permite el uso de refinada técnica de control de calidad.
- Es aplicable a la solución de todos los problemas que afectan la capacidad resistente del pavimento.
- Ningún desecho asfáltico.
- Menor cantidad de material de canteras.
- Menor uso de botaderos.
- Facilita la eliminación de grietas reflejas.
- Permite corregir los diseños y/o elaboración incorrecta de las mezclas asfálticas existentes.
- Reduce los costos de reconstrucciones y obras de refuerzo estructural.
- Produce un efecto de conservación de las fuentes de materiales viales, de energía y de menor utilización de los caminos para el transporte de materiales viales.
- Permite la utilización de rejuvenecedores y/o mejoradores de cemento asfáltico, lo que confiere una más larga vida de comportamiento visco-elástico de los pavimentos.
- Posee un menor grado de impacto ambiental. (2006, p.39).

Una vez más hacen referencia a las diferentes ventajas que se presentan en el método objeto de estudio en la presente investigación, cabe señalar que las ventajas señaladas están dirigidas a la restauración del pavimento de manera eficiente siendo costos de inversión mínimos.

1.3.2.5. Agregado del material recuperado. (RAM)

Según Rengifo:

La graduación de material agregado recuperado para una muestra representativa es determinada por el uso del método, ASTM C 136. La cantidad del material agregado recuperado (materiales extraídos en el lugar) depende de factores tales como la forma de la partícula de agregado, tipo y cantidad de finos y diferencias en absorción. Existen bases granulares y caminos sin superficies sin tratar, que incluyen una amplia variedad de agregados y combinaciones suelo-agregado. Aunque materiales que van de arenas limosas a bien graduadas, rocas trituradas pueden ser recicladas por el proceso de mezcla-fría, pero hay ciertos criterios deben ser reunidos para garantizar el éxito. (2014, p.91).

El material recuperado responderá a distintos factores, siendo que la cantidad del mismo y su calidad asegurarán el éxito en la restauración del pavimento.

1.3.2.6. Agentes estabilizadores bituminosos

Gómez, señala:

Los materiales estabilizados con asfaltos no sufren el fenómeno de agrietamiento por contracción asociado a los tratamientos con cemento y pueden abrirse al tráfico inmediatamente debido a la liga inicial (resistencia) que se presenta entre partículas de la superficie, lo que previene el descascaramiento con la acción del tráfico. Si la superficie se encuentra correctamente terminada, la apertura temprana al tráfico rara vez afectará de manera negativa el material estabilizado. Como mínimo durante la primera semana, mientras el material gana resistencia, no deben estacionarse vehículos pesados sobre la capa tratada, entre ellos equipos de compactación. El tratamiento con asfalto es una manera económica de mejorar la resistencia de un material y reducir el efecto del agua. Comparados con los agentes estabilizadores cementantes, los materiales ligados con asfalto producen una capa flexible con propiedades superiores a la fatiga, permitiendo reducir así el espesor de la capa sin sacrificar la capacidad estructural del pavimento. Existen dos tipos de procesos de reciclaje, muy diferentes, que utilizan asfalto: -Reciclaje exclusivo de carpetas asfálticas delgadas. En este proceso la emulsión asfáltica se utiliza con el objeto de rejuvenecer el asfalto envejecido del pavimento existente. Esencialmente corresponde a un proceso in situ de mezclas en frío y no a un proceso de estabilización. - Un proceso de estabilización en el cual el asfalto se usa para estabilizar el material reciclado. Normalmente este proceso es aplicable cuando el espesor de la capa es mayor que 100 mm. (2015, p.128).

En cuanto a los tipos de reciclaje, tenemos que se valdrán de los agentes estabilizadores bituminosos, con la finalidad de restaurar un determinado pavimento.

1.3.2.7. Cal viva

Gómez, señala que:

La cal es un anfótero, en química significa que presenta las dos cargas, el Calcio es fuertemente positivo y el grupo OH- es fuertemente negativo, la combinación de ambas cargas permite un acomodo de tal suerte que se neutralizan los efectos evitando el rechazo del agregado, lo mismo es válido para los concretos. Por otro lado al ser un polvo fino actúa como "filler", proporcionando parte de la fracción fina que requiere la mezcla asfáltica y volviéndola impermeable.

La cal evita que la viscosidad aumente, permitiendo un tiempo de vida más largo al pavimento, es compatible con cualquier tipo de asfalto, ya sea de carácter aniónico o catiónico. Por ser mineral no se deteriora con los rayos UV y el costo de aplicación es muy por debajo del uso de otras alternativas. (2015, p.151).

De modo que, la cal proporciona grandes ventajas al agregar a la carpeta asfáltica ya que esta evitará que aumente la viscosidad, lo cual permitirá mayor tiempo de vida útil al pavimento y los costos al aplicar son mucho menores.

1.3.2.8. Principales fallas en los pavimentos flexibles

Cuando una obra se encuentra en funcionamiento llega a descomponerse paso a paso y muestra diversos estados de servicios a lo largo de los años. Los debilitamientos al inicio son considerables, sin embargo se intensifican con el paso del tiempo hasta que aceleran las fallas de la vía, de modo que, una obra requiere de mantenimiento o conservación periódica, para garantizar su vida útil y dar un servicio satisfactorio.

1.3.2.8.1. Agrietamiento piel de cocodrilo

Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013, p. 135-137). “Fisuras en la carpeta asfáltica formando polígonos gasta de 20 centímetros de amplitud todo el conjunto se asemeja a la piel de cocodrilo, las posibles causas ineficiente soporte en la base de la estructura del pavimento”.

Imagen N°4: *Falla piel de cocodrilo*



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.2.8.2. Grietas transversales

Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013, p. 150-151), “son las fallas que están perpendicular al eje del pavimento dividiendo la misma en dos planos, las posibles causas excesiva repetición de cargas pesadas (fatiga) y también excesiva relación longitudinal o ancho de la losa”.

Imagen N°5: *Fallas transversales*



Fuente: Elaboración propia, septiembre 2017

1.3.2.8.3. Ondulaciones

Es la falla caracterizada en ondas, en la superficie de la vía, por lo general son menores a 1 metro entre crestas, las posibles causas son una mala dosificación de asfalto, la pérdida de estabilidad de la mezcla, uso de agregados ondulados o también un exceso de humedad en la subrogante.

Imagen N°6: *Ondulación en la vía*



Fuente: Elaboración propia, septiembre 2017

1.3.2.8.4. Baches

Ministerio de transportes y comunicaciones (2013, p. 151), “Se dan por la desintegración de la carpeta asfáltica y por la inadecuada colocación de los materiales de las capas inferiores. También por la mala e inadecuada intervención de grietas existentes”.

Imagen N°7: Presencia de baches en las vías



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.2.8.5. Método de diseño–AASHTO

Rengifo, afirma que:

El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe los pasos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño. Los procedimientos involucrados en el actual método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida. (2014, p. 223).

El método de diseño propuesto por la AASHTO aplicable a la construcción de pavimentos toma en consideración el proceso o los pasos a ser tomados en cuenta para el diseño estructural del pavimento tanto rígido como flexible; en el caso del pavimento flexible se avoca a señalar que la superficie de la carretera deteriorada se mejorará únicamente con tratamientos superficiales y la aplicación de concreto asfáltico, asumiendo los niveles de tránsito. Además dicho método de

diseño recoge parámetros actualizados de diseño a efecto de proponer un método de diseño acorde con las necesidades presentes al día de hoy.

1.4. Formulación del problema

Actualmente en el Perú la mayoría de carreteras existentes se han deteriorado debido al incremento del parque automotor, así también por la utilización de materiales de baja calidad que trae como consecuencia la presencia de deformaciones en el pavimento por más que este sea flexible; tomando en cuenta que la recuperación del pavimento posterior a la transitabilidad de los vehículos no es completa sino que se producen deformaciones permanentes es que se ha visto necesario adoptar una forma de contrarrestar el deterioro de las pistas y carreteras buscando aportar una solución que además ayude a la conservación de la naturaleza en el cual se vea reflejado una reducción de los costos invertidos en la construcción de las mismas; por todo lo antes señalado es que se ha desarrollado el “método del reciclaje” como respuesta a las deficiencias que presenta el pavimento en relación a los factores que causan dicha deficiencia, este método considera como uno de sus pilares la preservación del medio ambiente, y entre sus ventajas se tiene que disminuye el consumo de nuevos materiales, disminuye la utilización de materiales pétreos y también de cemento asfáltico . Cabe considerarse que el desarrollo tecnológico de maquinaria y equipo necesarios para la puesta en práctica del método en mención contribuye a su desarrollo y aplicabilidad.

Según Fernández:

La formulación del problema: En este apartado se debe explicar con claridad de qué se tratará la investigación que se desea hacer. Debe estar redactado en forma clara y coherente para que no haya lugar a dudas. En un proyecto se puede presentar el tema con una interrogante, de todos modos es preferible hacer una exposición breve, con o sin preguntas explícitas, que muestren las ideas explicativas del tema en cuestión. (2008, p. 27).

De modo que al formular el problema se trata de delimitar y estructurar concretamente la idea de investigación. El centro de la investigación es el

problema, es por ello que debe ser clara y concisa, se puede formular a partir de una necesidad.

Problema general

- ¿De qué manera el uso del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje incrementará la capacidad de soporte respecto a la resistencia y el rendimiento durante su ejecución en las nuevas vías asfálticas?

Problemas específicos

- ¿Al aplicar el método del reciclaje de qué manera se reutilizará los materiales para la rehabilitación de pavimentos flexibles?
- ¿De qué manera al utilizar el método del reciclaje reducirá los costos en la construcción de pavimentos flexibles?
- ¿De qué manera se estará mitigando el impacto ambiental si se aplica el método del reciclaje en la construcción de pavimentos flexibles?

1.5. Justificación del estudio

Justificación teórica

La investigación se está realizando con la finalidad de poder determinar las ventajas y desventajas que pueda presentar un pavimento flexible mejorado mediante la aplicación del método de reciclaje, dicho método será aplicado a la zona afectada. Teniéndose en cuenta que muchas veces no se cuenta con el material que será utilizado en las construcciones, en el lugar geográfico o in situ, es que existe la necesidad de optimizar el uso de los agregados, aglomerantes, equipo, mano de obra y otros recursos; así también se pueden presentar problemas de transporte de materiales u otros, es en mérito a todo lo anteriormente señalado que se plantea la aplicación del método de reutilización o reciclaje de materiales existentes para el mantenimiento y la reparación de pavimentos flexibles para avocarnos al conocimiento de los beneficios ingenieriles, ambientales y económicos. La investigación se basa en que al día de hoy no se está tomando en cuenta la problemática ambiental, y con relación al tema de los costos de una obra resultan

muy elevados y sin rendimiento óptimo. Por ello es que la pretensión de la investigación está dirigida a dar solución a las contingencias antes señaladas mediante la utilización de tecnologías convencionales, mediante la aplicación del método de reciclaje que traerá aparejado a ello que el proyecto devenga en uno de calidad para beneficio de las comunidades que se conectan con la carretera Lima-Canta (KM 78+000 AL KM 79+000), Lima 2017.

Por lo tanto, la presente investigación está dirigida a señalar que el método de reciclaje aplicable a la restauración de los daños que presenta el pavimento como consecuencia de factores relacionados a su naturaleza es el más adecuado, por cuánto contribuye a la preservación ecológica y también reduciría los costos de inversión en la reparación de daños. Al finalizar la investigación se podrá dar viabilidad al método objeto de estudio con la validez y confiabilidad planteada.

1.6. Objetivos

Hernández, Fernández y Baptista, afirman que:

Los objetivos tienen que expresarse con claridad para evitar posibles desviaciones en el proceso de investigación y deben ser susceptibles de alcanzarse; son las guías del estudio y hay que tenerlos presentes durante todo su desarrollo. Evidentemente, los objetivos que se especifiquen requieren ser congruentes entre sí. (2004, p. 38).

Los objetivos de la investigación consisten en generar datos medibles y comprobables, los cuales deben ser claros para que facilite la investigación.

Objetivo general

- Determinar las ventajas al comparar el pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje con un asfalto convencional, tanto desde el punto de vista económico como técnico en la carretera Lima-Canta (KM 78+000 AL KM 79+000), Lima 2017.

Objetivos específicos

- Verificar de qué manera aumentará la resistencia del asfalto mejorado por el método del reciclaje a comparación de un asfalto convencional.
- Analizar el costo de un asfalto mejorado por el método del reciclaje a comparación de un asfalto convencional.

- Identificar cuál es la mejora en cuanto a la mitigación de los factores que afectan negativamente el medio ambiente al aplicarse el método del reciclaje para pavimentos flexibles en comparación con un asfalto convencional.

1.7. Hipótesis

Para Behar (2008, p. 31), la “hipótesis es el eslabón necesario entre la teoría y la investigación que nos lleva al descubrimiento de nuevos hechos. Por tal, se debe sugerir explicación a ciertos hechos y orientar la investigación a otros”.

Es decir, durante esta investigación es importante establecer una hipótesis, la misma que conlleva un grado de posibilidad que una vez sometida a ciertas pruebas dará como resultado un efecto o consecuencia. Para construir la hipótesis es necesario relacionar las variables.

Hipótesis general

- El método del reciclaje mejorará la capacidad portante y su resistencia lo cual dará mayor durabilidad en la vida útil del pavimento flexible mediante su aplicación obteniendo vías más adecuadas, además de contribuir a mitigar el impacto ambiental negativo.

Hipótesis específicas

- Para la rehabilitación de pavimentos la técnica con la cual se puede reutilizar los materiales envejecidos es a través del método del reciclaje, con el cual se recupera sus propiedades iniciales del material.
- La utilización del método de reciclaje en los pavimentos flexibles reducirá los costos de inversión de las construcciones de forma tal que beneficiaría la economía de nuestro país.
- Al aplicar el método del reciclaje se podrá determinar los beneficios que aporta como la mitigación de agentes nocivos para el medio ambiente, es decir proporcionando mejor calidad de vida a los ciudadanos.

II. MÉTODO

2.1. Diseño, tipo y nivel de Investigación

2.1.1. Diseño de Investigación

El diseño de investigación es experimental:

Hernández, Fernández, Batista señalan que:

El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que desea. Por lo tanto, el diseño de investigación se concibe como estrategias en las cuales se pretende obtener respuestas a las interrogantes y comprobar las hipótesis de investigación, con el fin de alcanzar los objetivos del estudio. (2010, p.62).

Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o varias variables independientes afectan a una o más variables dependientes.

Entonces cabe señalar que dicho diseño está basado para obtener información de manera que se pueda dar respuesta a las interrogantes planteadas, de los cuales se puede obtener datos derivados de los mismos.

2.1.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, en la que se analizan diversas teorías científicas existentes en un tiempo único. Tiene como objetivo resolver determinados problemas y obtener resultados positivos, en este tipo de investigación se utiliza conocimientos ya existentes para dar respuesta a problemas, es decir permitirá aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del estudio.

Tomayo (2003, p. 43), afirma que: “[...] la investigación aplicada se le denomina también activa o dinámica, y se encuentra íntimamente ligada a la investigación pura, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Busca confrontar la teoría con la realidad [...]”

Al ser una investigación de tipo aplicada tendremos que uno de sus objetivos será dar respuesta a una determinada situación problemática, que se presenta en la realidad mediante la aplicación de conocimientos que se obtienen con motivo del estudio realizado.

2.1.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, debido a que tiene como propósito describir el mejor método aplicado a pavimentos flexibles, y será correlacional debido al dominio que tiene la variable independiente sobre la variable dependiente en el desarrollo de la investigación.

Hernandez (2010,p.76), comenta “La investigación descriptiva, busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”.

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativa, porque para determinar las características del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje se obtendrán como consecuencia de los ensayos realizados.

López (2013, p.35), señala: “La investigación cuantitativa se realiza con la finalidad de probar la teoría al describir variables (investigación descriptiva). Examinar relaciones entre las variables (investigación correlacional)”.

De modo que con la investigación cuantitativa se busca explicar con exactitud la realidad del problema con el fin de generar resultados.

2.2. Variables, operacionalización

Niño (2011, p. 59), menciona “El término variable se utiliza para designar cualquier característica de la realidad que pueda ser determinada por observación y que pueda mostrar diferentes valores de una unidad de observación a otra”.

En la investigación cada una de las características del objeto que se estudia se entiende por variable, la misma que puede tomar diferentes valores.

2.2.1. Variable independiente

Niño (2011, p.60), define “Variable independiente es la que antecede a una variable dependiente, a la cual determina; o también, la variable cuyos cambios de valor se presume que son causa de variaciones en los valores de otra variable llamada dependiente”.

Entonces, la variable que va a ser manipulada y analizada por el investigador será la variable independiente, esta producirá resultados en la variable dependiente.

La variable independiente de esta investigación es el método del reciclaje.

2.2.2. Variable dependiente

Behar considera que:

Son cambios sufridos por los sujetos como consecuencia de la manipulación de la variable independiente por parte del experimentador. En este caso el nombre lo dice de manera explícita, va a depender de algo que la hace variar. Propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de la variable independiente. Las variables dependientes son las que se miden. (2008, p.29).

La variable dependiente es la que sufre cambios por la acción de la variable independiente, esta se utiliza para medir el problema de la investigación, es decir la variable en mención siempre va depender de la independiente por cuánto variará de acuerdo a la alteración de los valores que se dan en la variable independiente.

2.2.3. Operacionalización de variables

Batthyány sostiene que, “el proceso de operacionalización consiste en la transformación de conceptos y proposiciones teóricas en variables. En el extremo más abstracto de este proceso están los conceptos teóricos, y en el menos, los referentes empíricos directos o indicadores”. (2011, p.51).

En la tesis se ha identificado las variables dependiente e independiente; donde la variable dependiente es el pavimento flexible y la variable independiente es el método del reciclaje, siendo ésta variable cuantitativa ya que puede ser medida a través de ensayos.

Cuadro N°1: Matriz de Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición operacional	Dimensiones	Definición conceptual	Indicadores	Instrumento que evaluará
Método del reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El reciclado es una nueva técnica alternativa de rehabilitación de pavimentos, que consiste en la reutilización de los materiales en servicio, los cuales han perdido en gran parte sus propiedades iniciales y cuyas características se desean mejorar. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabilidad y durabilidad. ➤ Resistencia a la fatiga y flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La estabilidad de un asfalto consiste en la capacidad de resistir desplazamientos y deformación del producto, la presión de las cargas del tránsito y la durabilidad de su habilidad de poder resistir la desintegración de los agregados y cambios en las propiedades de asfalto. ➤ La resistencia a la fatiga es el aguante que tiene el pavimento a la flexibilidad de manera constante bajo las cargas de tránsito. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidad de carga en fase de servicio. ➤ Deformación. ➤ Resistencia al impacto. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo Marshall
Variable dependiente	Definición operacional	Dimensiones	Definición conceptual	Indicadores	Instrumento que evaluará
Pavimento flexible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es aquel cuya estructura total se flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia al corte de un suelo. ➤ Compactación de un suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La resistencia al corte de un suelo es el mayor esfuerzo al que puede ser sometido. ➤ La compactación del suelo es el proceso realizado por medios mecánicos para reducir la expulsión de aire en los poros y que las partículas se pongan en contacto, es decir obtener como 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia a la fricción entre partículas. ➤ Disminución de vacíos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo C.B.R California Bearing Ratio. Ensayo de Relación de Soporte de California)

			resultado un suelo parcialmente saturado.		
--	--	--	---	--	--

Fuente: *Elaboración propia por la autora de la tesis. Fecha: 12/05/2017*

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Batthyány define:

La población es una delimitación del universo de unidades de análisis, con relación a las cuales se contrastan las hipótesis y se sacan conclusiones en el proceso de investigación, se identifican de las unidades que se observarán en un espacio y en un tiempo determinado. (2011, p. 71).

La población de esta indagación está conformada por el total de la longitud de pavimento flexible de la carretera Lima – Canta.

2.3.2. Muestra

“La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población”. (Urrego, 2016, párr.3).

La muestra en la presente investigación está formada por el tramo de pavimento flexible, km 78+00 al km 79+00 de la carretera Lima – Canta, el cual es el que tiene más fallas por ello se recolectó la muestra.

2.3.3. Muestreo

“En este tipo de muestreo, puede haber clara influencia de la persona o personas que seleccionan la muestra o simplemente se realiza atendiendo a razones de comodidad”. (Urrego, 2016, párr.5).

El muestreo de esta investigación es no probabilística, ya que se tomará en forma directa por el investigador de acuerdo a lo más conveniente.

2.3.4. Muestra no probabilístico

La muestra será no probabilística, porque para este caso se tomará como parte del estudio el tramo de la carretera Lima-Canta (KM 78+000 al KM 79+000), Lima 2017, es decir el tramo elegido es por conveniencia del investigador.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos. Todos estos instrumentos se aplicarán en un momento en particular, con la finalidad de buscar información que será útil a una investigación en común. (Bautista, 2015, párr.4).

Para indagar es necesario utilizar diferentes tipos de herramientas las cuales ayudaran a la recolección de datos para determinar, evaluar las hipótesis de dicha investigación.

Al desarrollar el presente análisis utilizamos la técnica de la evaluación inicial que consistió en un recorrido personal y vehicular, posteriormente la evaluación detallada la cual se realizó mediante una recopilación de datos para identificarlos, clasificarlos para efectuar el correspondiente análisis de dichos ensayos. También se utilizó técnicas como:

Técnica virtual.- De la cual se tomó la información la norma de carretas, biblioteca virtual ya que en la web hay diversidad de información para comparar las tendencias locales nacionales e internacionales.

Técnicas bibliográficas.- Para poder elaborar la información se tuvo que recolectar datos de libros, artículos, normas y publicaciones.

2.4.2. Instrumento

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la .observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos.(Gonzales, 2017,párr.2).

En consecuencia, la recolección de datos implica seleccionar ya sea un instrumento o método, el cual se utilizará para el estudio de la investigación.

El instrumento que se utilizó con la finalidad de recolectar datos de la variable independiente consistió en tomar fotografías de manera que se realizó una

inspección del tramo para determinar qué lugares son los que presentan más fallas. También para corroborar los datos de laboratorio se realizó ensayos, con los cuales se determinará las características del material para luego aplicar dicho método, además se elaboraron formatos de evaluación para la recolección de datos de la variable dependiente.

Cuadro N°2 Instrumentos de recolección de datos

Variable	Dimensión	Instrumento que evaluará la Dimensión	Ver
Método del reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabilidad y durabilidad. ➤ Resistencia a la fatiga y flujo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo Marshall 	<p>Anexo N° 2 (Formato de validación) Anexo N° 3 (Formato de validación)</p>
Diseño y comparación del pavimento flexible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia al esfuerzo cortante de un suelo. ➤ Compactación de un suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo C.B.R (Ensayo de Relación de Soporte de California) 	<p>Anexo N°4 (Formato de validación) Anexo N°5 (Formato de validación)</p>

Fuente: *Elaboración propia por la autora de la tesis. Fecha: 05/11/2017*

2.4.3. Validez

“La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”.(Hernandez, 2010, p. 201).

Entonces, se tiene que cuando un instrumento mide la variable, se está validando al medirse así mismo, porque se compara con otro criterio externo que trata de medir lo mismo y de resultados óptimos.

El proyecto se valida al realizar los ensayos en el laboratorio es decir mediante la firma del jefe de laboratorio los cuales están certificados, en este caso se obtuvieron los datos de los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Villa Real. Por lo tanto los instrumentos serán validados por los expertos, es decir los ingenieros especialistas en certificar y firmar la validez de los ensayos realizados.

2.4.4. Confiabilidad

“Una investigación con buena confiabilidad es aquella que es estable, segura, congruente, igual a sí misma en diferentes tiempos y previsible para el futuro”. (Ubaldo, 2011, párr. 7).

La confiabilidad brinda la calidad es decir que los instrumentos deben de estar certificados, de modo que con los mismos se pueda lograr un estudio confiable y congruente.

2.5. Métodos de análisis de datos

Una vez concluidas las etapas de colección y procesamiento de datos se inicia con una de las más importantes fases de una investigación: el análisis de datos. En esta etapa se determina como analizar los datos y que herramientas de análisis estadístico son adecuadas para éste propósito. (Ávila, 2011, párr. 5).

El método de análisis de datos se basa en un conjunto de procesos que se deben cumplir en una investigación y que se aplican a varias ciencias.

Para comparar las ventajas de utilizar pavimentos flexibles mejorado por el método del reciclaje, es necesario realizar los diversos ensayos para determinar las características del pavimento mejorado. De modo que es preciso seleccionar un período de tiempo para el análisis económico y así poder determinar mediante el “Análisis Económico” que este tipo de pavimento sería más técnico y económico.

2.6. Ensayo que se realiza en el diseño del asfalto.

Carretera Lima-Canta km 78+000 al 79+000.

Para poder comparar el estado en el que se encuentra la vía se tuvo que realizar una evaluar superficial para poder determinar cuál es la zona más crítica dentro del tramo evaluado, para luego poder tomar las muestras necearías y poder analizarlas en el laboratorio, de acuerdo con los reglamentos de diseño vial. Se realiza ensayos al asfalto para ver el cumplimiento de las propiedades de diseño de la mescla asfáltica reciclada.

Estos ensayos que se realizan son:

- Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.)
- Ensayo Preliminar de Compactación (Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)
- C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración
- Ensayo de lavado asfáltico (Análisis granulométrico por tamizado)

2.7. Ensayo preliminar de compactación (Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones:

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³. (2013, p. 25).

Procedimiento:

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones:

Se debe realizar el cuarteo de alrededor de tres carretillos de material y reducir la muestra hasta asegurar unos 75 kg de material pasando la malla de 2 pulgadas, luego se tamiza el material a través de ambas mallas y se proporciona la cantidad de material que se debe tomar pasando la 2 pulgadas y retenido en la N° 4, y también la cantidad de material que se debe tomar del material pasando la N°4. (Acorde con la ASTM D-698 y ASTM D-1557). (2013, p.31).

Imagen N°8: *Peso de la muestra después de pasar por el tamizado para el ensayo Proctor modificado.*



Fuente: Elaboración propia 06 de octubre 2017

Objetivo: El objetivo de este ensayo es determinar la Máxima Densidad Seca y se determina el Optimo Contenido de Humedad.

Conclusiones:

- La compactación ayuda a mejorar las propiedades del suelo los cuales se utilizan en obras de construcción.
- Con el ensayo Proctor modificado se podrá representar en el laboratorio las técnicas de compactación que se utilizan en campo.
- Al conocer el óptimo contenido de humedad es de mucha importancia porque se podrá dar una solución para poder mejorar las propiedades de resistencia al cortante y densidad del suelo. En este caso según el material que se llevó para el ensayo se obtuvo 9.4% de humedad óptima.

2.7.1. Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.)

Con este ensayo se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo para luego poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base del pavimento.

Procedimiento:

Para el Ministerio de transportes y comunicaciones:

Se mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra compactada de suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días a la saturación más desfavorable y luego de haber medido su hinchamiento. La muestra se sumerge para poder proveer la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por ello, después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, se lo penetra con un pistón el cual está conectado a un pequeño "plotter" que genera una gráfica donde se representa la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra. La gráfica obtenida por lo general es una curva con el tramo inicial recto y el tramo final cóncavo hacia abajo; cuando el tramo inicial no es recto se le corrige. (2013, p.43).

Imagen N°9: Después de dejar reposar por 15 minutos se inicia el ensayo.



Fuente: *Elaboración propia 06 de octubre 2017*

Objetivos:

- Evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub base y de afirmado.
- Medir la resistencia a corte de un suelo bajo las condiciones de humedad y densidad controlada obteniendo así la capacidad de soporte del suelo.

Conclusiones:

- El ensayo de C.B.R es fundamental en el diseño de un pavimento ya que permite medir la calidad de un material de subrasante, base o sub base e identificar la función que puede cumplir cierto material en la conformación de un pavimento en función de la resistencia al esfuerzo cortante que este presente.
- A través del C.B.R se puede llegar a relacionar datos característicos del suelo, lo cual nos permita conocer sus propiedades de una manera más concreta, como el módulo elástico.

Ensayo que se realizará a la mezcla asfáltica reciclada

Es el ensayo que se realiza al asfalto en su totalidad. Estos ensayos que son:

Cuadro N°3: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de diseño	Clases de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	70	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8.15 KN	5.44KN	4.53KN
3. Flujo 0,01” (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5

Fuente: *Manual de carretera especificaciones técnicas, junio 2013*

2.7.2. Materiales para el diseño de asfalto

Para ello se tendrá que recurrir al km en estudio del cual se debe de extraer el material para hacer las pruebas correspondientes y poder reutilizar dicha carpeta asfáltica.

Imagen Nº10: Carretera Lima-Canta KM 78+000



Fuente: Elaboración propia, septiembre 2017

2.7.3. Ensayo de lavado asfáltico

Imagen Nº11: Lavado del asfalto para luego tamizar.



Fuente: Elaboración propia 06 de octubre 2017

Objetivos:

- Determinar el porcentaje de asfalto presente en el pavimento.
- Determinar si los agregados utilizados en dicho pavimentos cumplen las especificaciones, verificando así la calidad del pavimento.

Conclusiones:

- El contenido de asfalto obtenido de la muestra extraída es del orden del 12,55 %.
- La granulometría cumple al 100 % con los parámetros de graduación para pavimentos flexibles.

2.7.4. Ensayo Marshall

Procedimiento

- **Determinación del peso específico-total**
El peso específico total de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos. El peso específico total se determina usando el procedimiento descrito en la norma AASHTO T 166.
- **Ensayo de estabilidad**
El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla.
Las probetas son calentadas en el baño de agua a 60° C (140° F). Esta temperatura representa, normalmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.
La probeta es removida del baño, secada, y colocada rápidamente en el aparato Marshall. El aparato consiste de un dispositivo que aplica a una carga sobre la probeta y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).
La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.
La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p.53).
- **Valor de estabilidad Marshall**
El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta

aumenta al igual que la lectura en el indicador del cuadrante. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall.

➤ Valor de fluencia Marshall

La fluencia Marshall, medida en centésimas de pulgada representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta.

➤ Análisis de densidad y vacíos

Una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de Probetas de prueba. El propósito del análisis es el de determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p.55).

Imagen N°12: Mezclado de la carpeta asfáltica agregada cal para realizar las briquetas.



Fuente: Elaboración propia 06 de octubre 2017

Imagen N°13: Se realiza la prueba en el equipo Marshall



Fuente: Elaboración propia 06 de octubre 2017

2.7.5. Aspectos éticos

Los principios éticos aplicados a la investigación se enfocan principalmente a cuidar la confidencialidad y privacidad de toda la información recolectada. La investigación fue revisada y procesada mediante el software del TURNITIN, dicho software avalará la confiabilidad y privacidad de la investigación, la misma que será de autoría propia. Asimismo tenemos que parte de la información básica fue citada y descrita con respecto a los diversos autores según corresponde. Con respecto a las referencias tenemos que se desarrollan según el sistema ISO 690. Por lo tanto se obtuvo los resultados del programa Turnitin a un 20%, demostrándose de este modo que no hay plagio y que se han respetado los derechos de autoría (ver anexo N°4)

III. RESULTADOS

3.1. Ensayo Proctor Modificado



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil



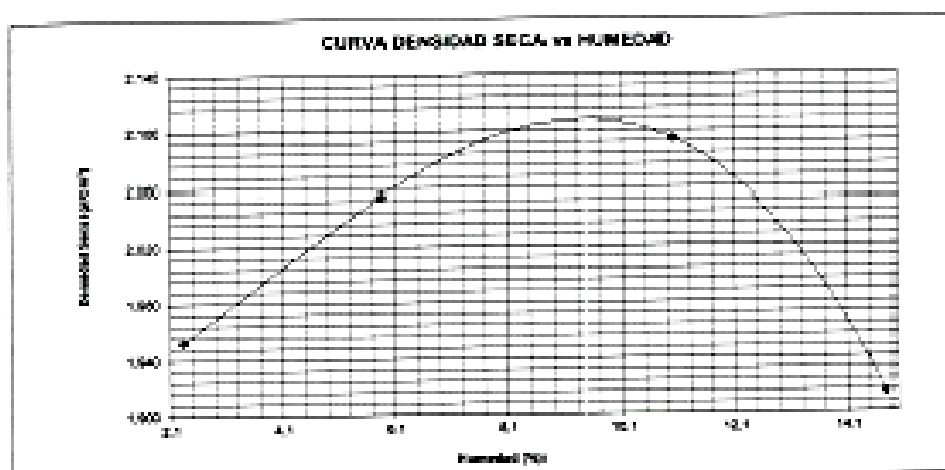
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO

INFORME : 01 - EXP. 063 - 2017
SOLICITA : MARIA YAKELI SANCHEZ FERNANDEZ
PROYECTO : DISEÑO Y COMPARACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL METODO DEL RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79, LIMA 2017
LUGAR : CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79
MATERIAL : SUB-RASANTE
FECHA : viernes, 06 de octubre de 2017

Método : G
Máxima Densidad Seca : 2,108 g/cm³
Óptimo Contenido de humedad : 9,4 %



ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1557


Freddy Agüero - Inscrito N° 11111
TECNICO
SUELO, CONCRETO Y ASFALTO


FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNFV.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

Jr. Diego de Agüero 205 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima
Central - Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2538046
Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe

Interpretación:

Respecto al contenido de humedad, se obtuvo una humedad óptima de 9,4%, lo que nos indica, que no hace falta agregarle mucha cantidad de agua al suelo para poder llegar a la compactación máxima que se requiere. El peso específico seco máximo, el cual se supone que nos brindará el mejoramiento de las propiedades del suelo, se encuentra aproximadamente en 2,108 gr/cm³. Es en este punto donde estamos en el óptimo contenido de humedad.

3.2. Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.)



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

INFORME : 02 - EXP. 093 - 2017
 SOLICITA : MARIA YAKELI SANCHEZ FERNANDEZ
 PROYECTO : DISEÑO Y COMPARACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL METODO DEL
 RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79, LIMA 2017
 LUGAR : CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79
 MATERIAL : SUB - RASANTE
 FECHA : viernes, 06 de octubre de 2017

a).- Ensayo Preliminar de Compactación
 Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557
 Método : C
 Máxima Densidad Seca (g/cm^3) : 2.108
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 9.4

b).- Compactación de moldes


MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	58	25	12
Densidad Seca (g/cm^3)	2.108	2.033	1.940
Contenido de Humedad	9.4	9.4	9.4

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración

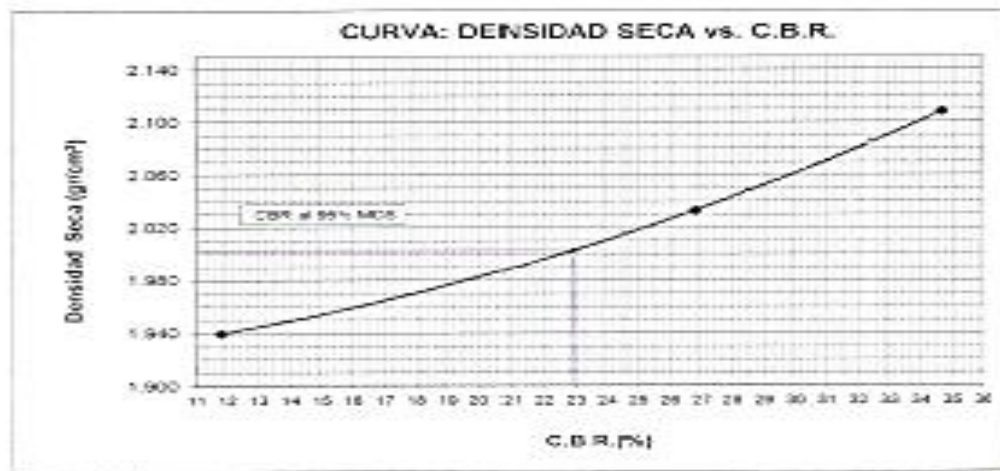
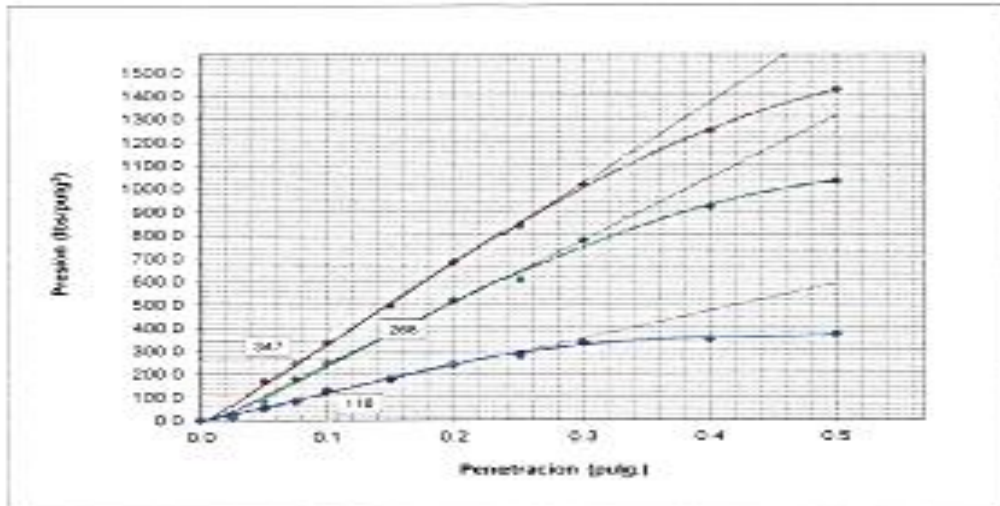
MOLDE N°	Penetración (1 pulg.)	Presión Aplicada (Lb/pulg ²)	Presión Patrón (Lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.1	347	1000	34.7
II	0.1	288	1000	28.8
III	0.1	118	1000	11.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 34.7 %
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 29.0 %

d).- Expansión (%) : 0.5


 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 LIMA - PERÚ

Jr. Diego de Agüero 205 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima
 Central-Telefónica 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 1533

FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.
Laboratorio de Mecánica de Suelos
Cibola, Perú

Interpretación:

Al obtener el resultado del C.B.R, se podrá comparar que el C.B.R. para el 100% de la M.D.S. Salió 34,7% mientras que para el C.B.R. para el 95% de la M.D.S. dio un 23%, es decir que el análisis que se hizo al suelo natural está dentro del rango regular, es decir que se recomienda mejorar con material de préstamo para aumentar la resistencia tanto de la base como de la sub-base.

3.3. Ensayo de lavado asfáltico



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil



"Una de las Buenas Servicios (Calidad)"
LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

ENSAYO DE LAVADO ASFALTICO

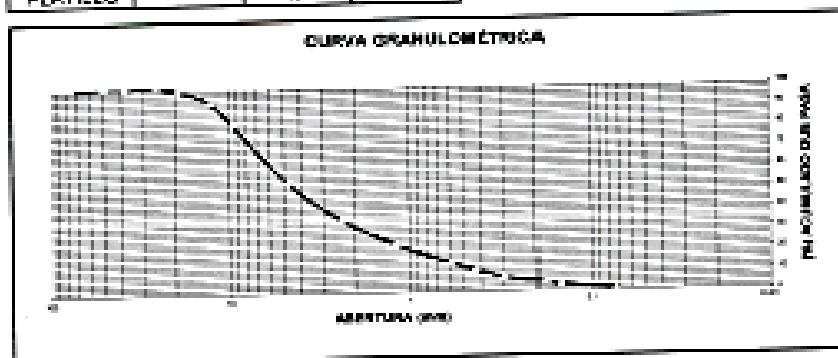
INFORME : 09 - EXP. 063 - 2017
SOLICITA : MARIA YAKELI SANCHEZ FERNANDEZ
PROYECTO : DISEÑO Y COMPARACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL METODO DEL
RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79. LIMA 2017
UBICACIÓN : CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79
MATERIAL : MEZCLA ASFÁLTICA
FECHA : martes, 10 de octubre de 2017

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Tamiz Nº	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2"	50.300	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	1.6	1.6	98.4
1/2"	12.700	6.1	7.7	93.1
3/8"	9.525	10.9	18.6	81.4
Nº4	4.750	27.8	46.6	63.5
Nº8	2.360	18.5	65.3	34.7
Nº16	1.180	11.9	77.2	22.8
Nº30	0.600	9.1	86.3	13.7
Nº60	0.250	3.4	89.7	10.3
Nº100	0.150	2.4	95.7	4.3
Nº200	0.075	1.9	99.1	0.9
PLATILLO		0.9	100.0	

PERDIDA POR LAVADO :

Peso Muestra Inicial (gr)	1673.0
Peso Muestra Final (gr)	1462.8
CEMENTO ASFÁLTICO (%)	13.25



ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 2172

Fredy de la Cruz
Fredy de la Cruz
Y TERNERO
INGENIERO EN
SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

[Firma]
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNIV.
Laboratorio de Ensayos de Materiales
CÓRDOBA

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima
Central -Teléfono 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono fax 2638046
Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe

Interpretación

El ensayo del lavado asfáltico se realizó con 1172 gramos de material inicial, el material final fue de 1462,1 gramos es decir se obtuvo un 12,55% de asfalto. De modo que según el resultado se obtuvo un alto porcentaje de asfalto lo cual se tuvo que agregar cal para realizar la mezcla reciclada para que mejore la trabajabilidad y disminuya la oxidación de dicho material.

3.4. Ensayo Marshall



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil



"Unidad del Buen Servicio al Ciudadano"
LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

"Unidad del Buen Servicio al Ciudadano"

INFORME DE RESULTADOS (01 DE 03)

EXPEDIENTE N° 04 - EXP. 063 - 2017
 PETICIONARIO MARIA YARELI SANCHEZ FERNANDEZ
 PROYECTO DISEÑO Y COMPARACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL METODO DEL RODILLAJE EN LA CARRETERA LIMA - CANTA KM 76 AL KM 79, LIMA 2017
 UBICACION CARRETERA LIMA - CANTA KM 76 AL KM 79
 FECHA DE EMISION 10/12/2017

1) DISEÑO MARSHALL ASTM D1559

M ^o BROCETA		3		
1	REL. EN PESO DE LA MEZCLA	12,5	12,5	12,5
2	PAL. DEL CEMENTO MARALLADO APARENTE	1,0	1,0	1,0
3	ALTURA PROMEDIO DE LA BROCETA (mm)	6,12	6,14	6,11
4	PESO DE LA BROCETA AL AIRE (kg)	1210,3	1213,3	1213,0
5	PESO DE LA BROCETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (kg)	1213,5	1214,5	1209,8
6	PESO DE LA BROCETA EN EL AGUA (kg)	695,0	690,0	685,0
7	VOLUMEN DE LA BROCETA (cc)	486,1	489,2	487,1
8	P.E. BOLA DE LA BROCETA (g/cc)	2,443	2,428	2,435
9	PESO ESPECIFICO MAXIMO (Pmax) (g/cc)	2,150	2,150	2,150
10	% VACIOS	5,1	5,3	5,0
11	% ASPHALTE EFECTIVO	12,5	12,5	12,5
12	FLUJO (mm)	4,80	3,56	3,81
13	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1390,0	1360,0	1380,0
14	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,09	1,09	1,09
15	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1383	1373	1375

T. S. C. D. E. C. O.
 BOBBA, COORDINADOR DE LABORATORIO

FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV
 Laboratorio de Ensayos de Materiales
 COORDINADOR

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) - N°206-Magdalena del Mar-Lima
 Central -Teléfono 7480888- anexo 9719 - 9727 Teléfono Fax 7638046
 Correo institucional: dobs.fic@unfv.edu.pe

Interpretación:

En el cuadro se muestra los datos que se utilizará para iniciar con el ensayo Marshall de la carpeta asfáltica convencional, la cual indica que tiene 12,5% de mezcla. Se obtuvo que su resistencia máxima es de 2,150 g/cc, el % vacíos es 5,3%, el flujo de 3,56 mm y una estabilidad de 1373 kg.



"Año del Buen Gobierno al Ciudadano"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

EXPEDIENTE N° : 04-EXP-003-2017
 PETICIONARIO : MARIA YARELI SANCHEZ FERNANDEZ
 PROYECTO : DISEÑO Y COMPARACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL METODO DEL RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA - CANTA KM 79 AL KM 78 LIMA 2017
 UBICACIÓN : CARRETERA LIMA - CANTA KM 79 AL KM 78
 FECHA DE EMISION : 12/10/2017

2). CRITERIOS DE DISEÑO

DE ACUERDO A LAS INDICACIONES DEL PETICIONARIO LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO SON LAS QUE SE INDICAN A CONTINUACION

TRABAJO	REQUERIDO	
N° DE GOLPES POR CARA	75	
ESTABILIDAD MINIMA	915	kg
FLUJO	2 - 3.6	mm
	3 - 5	%
PORCENTAJE DE VACIOS EN LA MEZCLA RESPECTO AL VOLUMEN DEL ESPESIMEN		
ESTABILIDAD / FLUJO	1700 - 3000	

3). RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO	12.50	%
NUMERO DE GOLPES EN CADA LADO DEL ESPESIMEN	75	
ESTABILIDAD SIN COMPACTAR	1353	kg
FLUJO	4.1	mm
VACIOS DE AIRE EN LA MEZCLA	4.9	%
ESTABILIDAD / FLUJO	308	kg / cm
PRESENTARIO	3183.000g	g / total
V.M.A	15.9	%
VACIOS LLENADOS CON CEMENTO ASFALTICO	71.0	%

CEMENTO ASFALTICO	12.50	%
MEZCLA RECICLADO	87.50	%

MEZCLA RECICLADO	87.5	%
CEMENTO ASFALTICO	12.5	%
MEZCLA ASFALTICA	100.0	%

OBSERVACION:

Muestras de agregados anéxito fueron provistas e identificadas por el peticionario


 Prof. Mg. Oscar Villarreal
T E C N I C O
SEÑAL, CONCRETO Y ASFALTO


FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV,
Laboratorio de Ensayos de Materiales
 00040 INM604

Interpretación:

Se muestra los resultados del ensayo que se realizó a la mezcla convencional, la misma que está bajo ciertos criterios de diseño, como resultados se obtuvo una cemento asfáltico de 12,50%, flujo de 4,1 mm; vacíos de aire en la mezcla de 4,8%, una estabilidad de 308 kg/cm; estabilidad sin corregir de 1263 kg. Por lo tanto los resultados no son los óptimos para el diseño del pavimento ya que no cumple con la estabilidad mínima, ni con la estabilidad/flujo, de modo que se tiene que realizar un nuevo ensayo mejorando la mezcla para obtener los resultados óptimos.



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

"Modelo Plan Servicio al Ciudadano"

INFORME DE RESULTADOS (PÁG. 01 DE 01)

EXPERIMENTO N° 05-107-102-2017
 PRECANTONADO
 PROYECTO IMPASA WAREU SANCHEZ FERNANDEZ
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL
 MÉTODO DEL RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA - CANTAMAYTA AL
 KM 75 (LIM. X/O)
 UBICACIÓN CARRETERA LIMA - CANTAMAYTA AL KM 75
 FECHA DE EMISIÓN 12/10/2017
 1) DIEGO MARSHALL AGUIRRE

N°	DESCRIPCIÓN	1		2		3	
		6.3	9.5	1.0	1.8	2.0	3.0
1	W CAL EN PESO DE LA MEZCLA	60.45	61.96	62.22	60.22	60.22	59.49
2	W AGUA EN PESO DE LA MEZCLA	17.52	17.50	17.50	17.50	17.52	17.50
3	W AGUA EN PESO DE LA MEZCLA	66.54	66.54	66.38	60.20	60.28	66.31
4	W AGUA EN PESO DE LA MEZCLA	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	P.E. DEL CEMENTO (MAYOR O MENOR)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
6	P.E. DE AGUA DEL AGREGADO (MAYOR O MENOR)	...	...	...	...	...	...
7	ALTA PRESIÓN DE LA MEZCLA	6.28	6.29	6.25	6.28	6.20	6.25
8	PESOS DE LA MEZCLA AL AMPL	1798.9	1799.8	1794.2	1781.8	1780.1	1783.3
9	W AGUA Y CEMENTO EN PAVIMENTO (MAYOR O MENOR)	1775.5	1775.2	1770.2	1761.3	1761.8	1763.2
10	PESOS DE LA MEZCLA EN EL AGUA	668.4	667.3	665.2	655.7	655.5	655.5
11	VOLUMEN DE LA MEZCLA (V1) (L)	...	...	...	...	...	...
12	VOLUMEN DE LA MEZCLA (V2) (L)	...	...	...	...	...	...
13	P.E. DE AGUA EN LA MEZCLA (MAYOR O MENOR)	2.24	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
14	PESOS DE LOS PAVIMENTOS (MAYOR O MENOR)	2552	2540	2529	2520	2510	2510
15	W AGUA Y CEMENTO EN PAVIMENTO (MAYOR O MENOR)	2524	2514	2514	2504	2504	2504
16	P.E. DE AGUA EN LA MEZCLA (MAYOR O MENOR)	25.1	24.8	24.5	24.1	24.1	24.2
17	W AGUA Y CEMENTO EN PAVIMENTO (MAYOR O MENOR)	58.3	58.8	60.2	60.8	61.1	61.1
18	P.E. DE AGUA EN LA MEZCLA (MAYOR O MENOR)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
19	ESTABILIDAD EN CILINDRO (MAYOR O MENOR)	3.33	3.10	4.0	4.1	4.0	4.0
20	ESTABILIDAD EN CILINDRO (MAYOR O MENOR)	1246	1240	1260	1265	1260	1260
21	FACTORES DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
22	ESTABILIDAD CORREGIDA (MAYOR O MENOR)	1276	1210	1240	1245	1240	1212

[Firma]
 Profr. Junio F. ...
 TECNICO
 QUILAS, CALLE 10 Y 437 ALTO

[Firma]
 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNIV.
 Laboratorio de Ensayos de Materiales
 000 10 ANQUI

Se realizó el segundo ensayo Marshall a la carpeta asfáltica reciclada mejorada en este caso con cal para poder cumplir los criterios de diseño, de modo que se utilizó 1,5% de cal, la cual dio resultados favorables a la mezcla ya que al finalizar se mejoró la resistencia llegando a 2,510 g/cc; el % vacíos de 3,5; un flujo de 3,30 mm y una estabilidad de 1722 kg. Donde se observa que son los valores para el diseño óptimo asfalto reciclado (mejorado).



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CONTINUA

EXPLORANTE
PROCESADO
PROFESOR

Nº: 150-2017

INVESTIGADOR RESPONSABLE
DISEÑO Y COMPROBACIÓN DEL FUNDAMENTO TÉCNICO DEL DISEÑO
MÉTODOS DEL RECCICLAJE EN LA CARRETERA (I) MA - CONTINUA Nº 11

PROF. DR. JOSÉ

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

1502001

UBICACIÓN
FECHA DE EMISIÓN

Nº DISEÑO MARSHALL - ASTM D 1559

a	b	
	1	2
2,0	2,0	2,1
3,0	2,0	2,1
4,0	2,0	2,1
5,0	2,0	2,1
6,0	2,0	2,1
7,0	2,0	2,1
8,0	2,0	2,1
9,0	2,0	2,1
10	2,0	2,1
11	2,0	2,1
12	2,0	2,1
13	2,0	2,1
14	2,0	2,1
15	2,0	2,1
16	2,0	2,1
17	2,0	2,1
18	2,0	2,1
19	2,0	2,1
20	2,0	2,1
21	2,0	2,1
22	2,0	2,1
23	2,0	2,1
24	2,0	2,1
25	2,0	2,1
26	2,0	2,1
27	2,0	2,1
28	2,0	2,1
29	2,0	2,1
30	2,0	2,1
31	2,0	2,1
32	2,0	2,1
33	2,0	2,1
34	2,0	2,1
35	2,0	2,1
36	2,0	2,1
37	2,0	2,1
38	2,0	2,1
39	2,0	2,1
40	2,0	2,1
41	2,0	2,1
42	2,0	2,1
43	2,0	2,1
44	2,0	2,1
45	2,0	2,1
46	2,0	2,1
47	2,0	2,1
48	2,0	2,1
49	2,0	2,1
50	2,0	2,1
51	2,0	2,1
52	2,0	2,1
53	2,0	2,1
54	2,0	2,1
55	2,0	2,1
56	2,0	2,1
57	2,0	2,1
58	2,0	2,1
59	2,0	2,1
60	2,0	2,1
61	2,0	2,1
62	2,0	2,1
63	2,0	2,1
64	2,0	2,1
65	2,0	2,1
66	2,0	2,1
67	2,0	2,1
68	2,0	2,1
69	2,0	2,1
70	2,0	2,1
71	2,0	2,1
72	2,0	2,1
73	2,0	2,1
74	2,0	2,1
75	2,0	2,1
76	2,0	2,1
77	2,0	2,1
78	2,0	2,1
79	2,0	2,1
80	2,0	2,1
81	2,0	2,1
82	2,0	2,1
83	2,0	2,1
84	2,0	2,1
85	2,0	2,1
86	2,0	2,1
87	2,0	2,1
88	2,0	2,1
89	2,0	2,1
90	2,0	2,1
91	2,0	2,1
92	2,0	2,1
93	2,0	2,1
94	2,0	2,1
95	2,0	2,1
96	2,0	2,1
97	2,0	2,1
98	2,0	2,1
99	2,0	2,1
100	2,0	2,1

Prof. Dr. José
F. C. R. I. C. O.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

[Signature]
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL - UNFV
Laboratorio de Ensayos de Materiales
502 614008



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO MARSHALL ASTM D1559

PETICIONARIO MARIA YARELI SANCHEZ FERNANDEZ
 PROYECTO DISEÑO Y COMPARACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL METODO DEL RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79, LIMA 2017
 UBICACIÓN CARRETERA LIMA - CANTA KM 78 AL KM 79
 FECHA DE EMISIÓN 12/16/2017

2) CRITERIOS DE DISEÑO

DE ACUERDO A LAS INDICACIONES DEL PETICIONARIO LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO SON LAS QUE SE INDICAN A CONTINUACIÓN

INDICADOR	ESPECIFICACION	UNIDAD
Nº DE GOLPES POR CARA	75	
ESTABILIDAD MÍNIMA	815	kg
FLEJO	2 - 3,6	mm
PORCENTAJE DE VACÍOS EN LA MEZCLA RESPECTO AL VOLUMEN DEL ESPESIMEN	3 - 5	%
ESTABILIDAD FLEJO	1700 - 2500	kg/cm

3) RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	5,90	%
NÚMERO DE GOLPES EN CADA LADO DEL ESPESIMEN	75	
ESTABILIDAD	1606	kg
FLEJO	3,7	mm
VACÍOS DE AIRE EN LA MEZCLA	4,81	%
ESTABILIDAD FLEJO	5180	kg/cm
PESO UNITARIO	2,338	g/cm ³
U.M.A	16,3	%
VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO	71,8	%

CEMENTO ASFÁLTICO	5,90	%
MEZCLA DE AGREGADOS	94,10	%
AGREGADO CALIENTE (M.A. 9%)	38,68	%
AGREGADO FRÍO (M.A. 9%)	55,42	%

MEZCLA DE AGREGADOS	94,1	%
CAL	1,5	%
CEMENTO ASFÁLTICO	5,9	%
MEZCLA ASFÁLTICA	99,5	%

OBSERVACIÓN:

Muestras de agregados secitos fueron provistas e identificadas por el peticionario


 Fredy Agüero
 TECNICO
 MUEB, SUCROSO Y ASFALTO


 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.
 Laboratorio de Ensayos de Materiales
 COORDINADOR

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

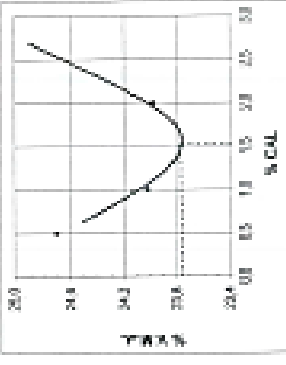
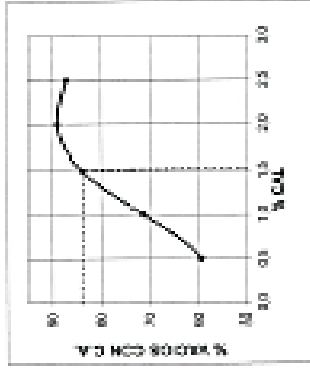
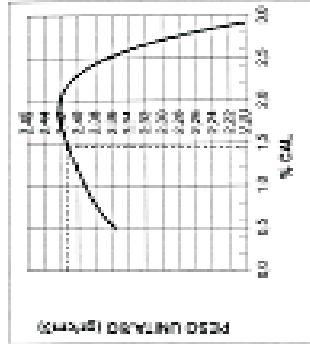
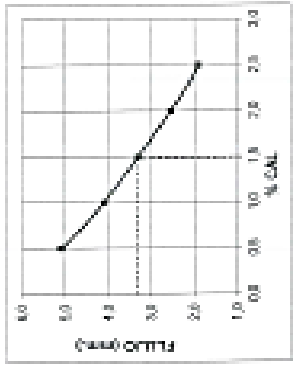
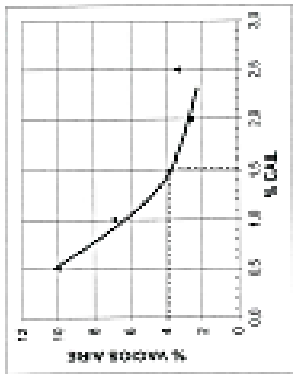
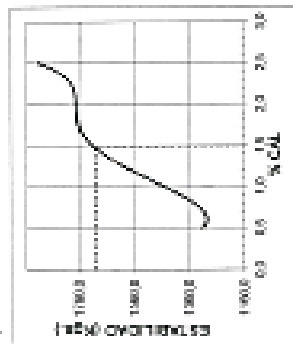
RECONOCER
PROFECTO

BAJAR PASO (SABO) ESTERNAOZ
DEBIDO A LA REPARACION DEL PAVIMENTO DEBERE ELABORAR UNO POR EL
DE TODOS LOS PROCEDIMIENTOS QUE SE VAN A UTILIZAR EN LA OBRERA.

DESCRIPCION
TIPO DE MATERIAL

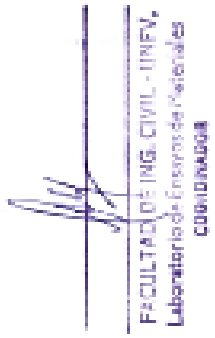
CURRER (MATERIA) CON UN PAVIMENTO EN EL
TIPO DE MATERIAL

4. CUANTIFICOS



RESUMEN DE RESULTADOS PARA CEMENTOS Y CAL

LOS RESULTADOS	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
PLASTICIDAD (%)	2.00	2.00	2.414	2.900	2.960
PLASTICIDAD (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PLASTICIDAD (%)	20.7	24.0	27.0	29.0	30.0
PLASTICIDAD (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PLASTICIDAD (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PLASTICIDAD (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PLASTICIDAD (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



Cuadro N°12: *Criterios de diseño del pavimento flexible*

TRÁFICO	PESADO
Nº DE GOLPES POR CAPA	75
ESTABILIDAD MÍNIMA	815 kg.
FLUJO	2 - 3,6 mm
PORCENTAJE DE VACÍOS EN LA MEZCLA RESPECTO EL VOLUMEN DEL ESPÉCIMEN	3 - 5 %
ESTABILIDAD/FLUJO kg/cm	1700 - 2500

Fuente: Elaboración propia 14 de noviembre del 2017

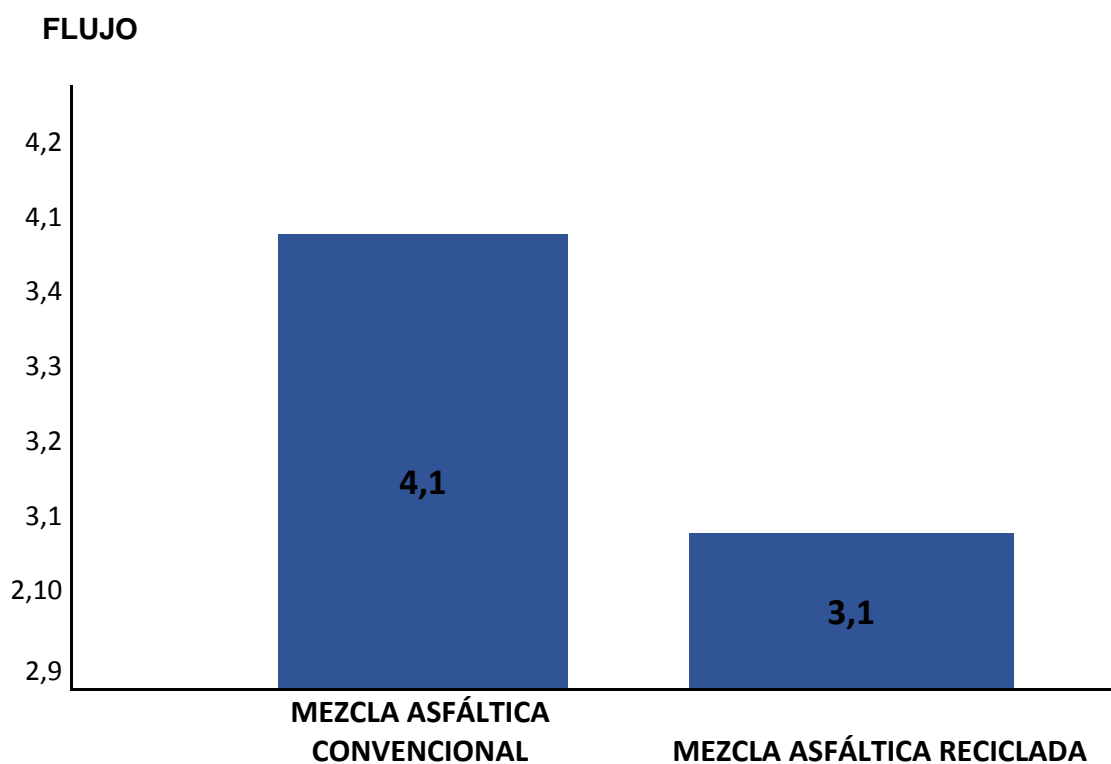
Cuadro N°13: *Criterios de diseño óptimos para pavimento flexible*

Parámetros de diseño	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica reciclada(modificada con cal)
% Cemento Asfáltico en peso	12,50%	5,90%
Peso específico Probeta	2,183 g/cm ³	2,328 g/cm ³
Vacíos de aire en la mezcla	4,8%	4,8 %
Estabilidad/Flujo	308 kg/cm	5180 kg/cm
Vacíos llenados con C. Asfáltico	71%	71%
Flujo	4,1 mm	3,1 mm
Estabilidad	1263 kg.	1606 kg.
Mezcla de agregados	87,50%	94,10%
Resistencia	2,150	2510
Cal	0	1,5%

Fuente: Elaboración propia 14 de noviembre del 2017

En la tabla se muestra las diferentes características de diseño para ambas mezclas, de las cuales los datos óptimos son de la mezcla asfáltica reciclada ya que cumple con los criterios de diseño, y para que sea visible dicha diferencia se presenta en los siguientes gráficos en la cual se evalúa dichos parámetros.

Gráfico N°1: Tipo de mezcla Vs. Flujo



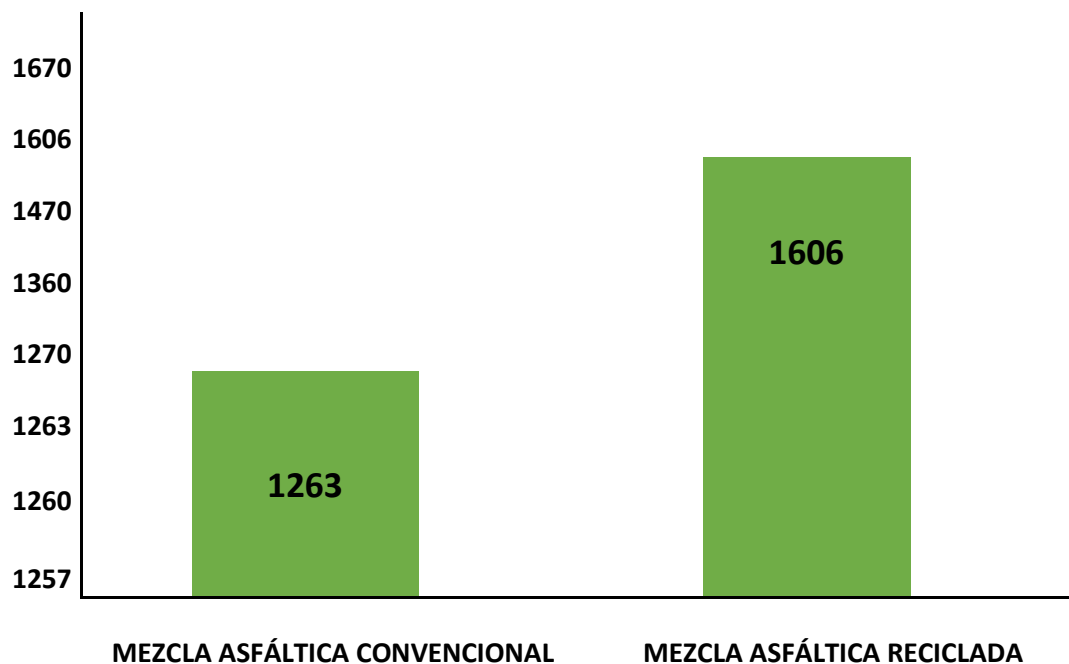
Fuente: Elaboración propia 14 de noviembre del 2017

Interpretación:

Se muestra que la mezcla asfáltica reciclada presenta una reducción en el flujo de 24.39% con respecto a la mezcla convencional, lo cual indica que aporta rigidez además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, es decir se obtiene una mezcla con cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Gráfico N°2: Tipo de Mezcla Vs. Estabilidad

ESTABILIDAD



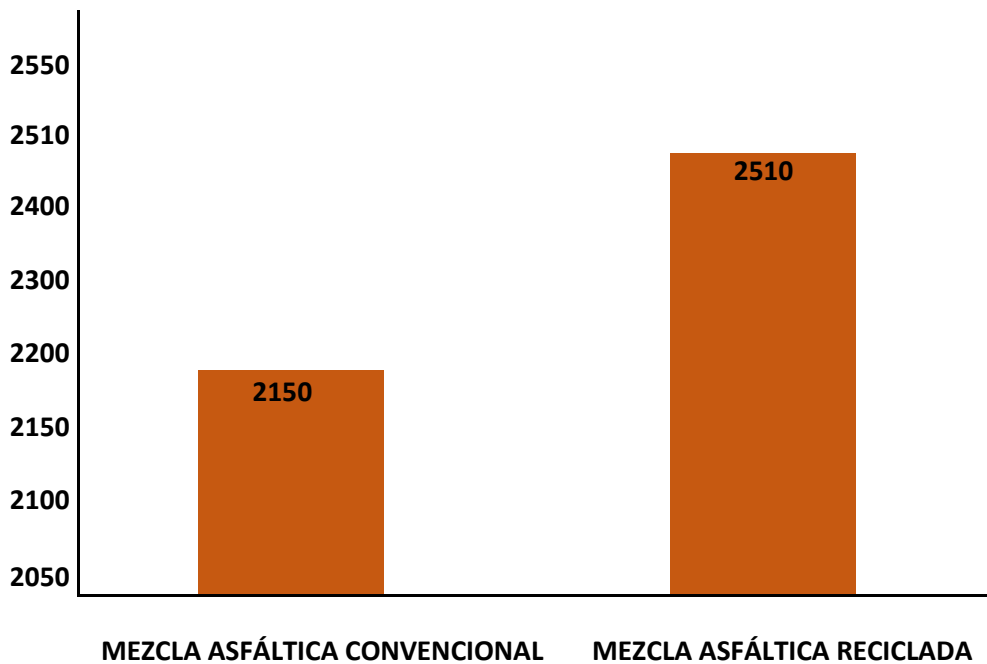
Fuente: Elaboración propia 14 de noviembre del 2017

Interpretación:

Sé aprecia que la mezcla asfáltica reciclada evidencia un aumento de estabilidad, de 21.36% respecto a la mezcla convencional, lo cual indica que la mezcla reciclada y mejorada por la cal proporciona mayor rigidez que la mezcla convencional, ayudando a la resistencia ante las permanentes desplazamientos y deformaciones bajo las cargas de tránsito.

Gráfico N°3: Tipo de Mezcla Vs. Resistencia a la fatiga

RESISTENCIA



Fuente: Elaboración propia 14 de noviembre del 2017

Interpretación:

Se puede apreciar una diferencia entre la resistencia de la mezcla asfáltica convencional y la mezcla reciclada de 14.34%. Por lo tanto se determinó en laboratorio que debido a la falta de compactación como resultado se ve el envejecimiento temprano del asfalto, de modo que se puede confirmar que el pavimento reciclado y mejorar aporta mayor resistencia a la fatiga.

Cuadro N4º: Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica convencional

APU MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DÍA				
Costo unitario directo por : m3	S/. 573.42	(sin lgv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1	0.0321	12.83	0.41
OPERARIO	hh	1	0.0321	14.75	0.47
CAPATAZ	hh	1	0.0321	19.18	0.62
PEÓN	hh	3	0.0964	11.58	3.35
					4.85
Materiales					
PETRÓLEO DIESSEL # 2	gal		5.8	12.84	74.47
ARENA ZARANDEADA (P/ ASFALTO)	m3		0.52	21.94	11.41
ARENA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	62.97	27.08
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	34.98	15.04
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	m3		132.298	2.63	347.94
MEJORADOR DE ADHERENCIA (RADICOTE)	kg		3.23	10.4	33.59
					509.53
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5	2.62	13.10
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTRÓGENO 230 HP 150 KW	hm	1	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTRÓGENO 116 HP 75 KW	hm	2	0.0643	139.38	17.92
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1	0.0321	530	17.01
					59.04
				TOTAL	573.42

Fuente: Elaboración propia de la autora de la tesis. Realización: 15 de octubre del 2017.

Tabla N°5: Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica reciclada-modificada

APU MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA-MODIFICADA					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DÍA				
Costo unitario directo por : m3	S/. 539.40	(sin Igv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1	0.0321	12.83	0.41
OPERARIO	hh	1	0.0321	14.75	0.47
CAPATAZ	hh	1	0.0321	19.18	0.62
PEÓN	hh	3	0.0964	11.58	3.35
					4.85
Materiales					
PETRÓLEO DIESEL # 2	gal		5.8	10.84	62.87
ARENA ZARANDEADA (P/ ASFALTO)	m3		0.52	21.3	11.08
ARENA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	60.97	26.22
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	31.87	13.70
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	m3		132.298	2.63	347.94
MEJORADOR DE ADHERENCIA (RADICOTE)	kg		0.6614	10.4	6.88
FILLER (CAL HIDRATADA)	kg		7	0.97	6.79
					475.48
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5	2.62	13.10
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1	0.0321	170.71	5.48
GRUPO ELECTRÓGENO 230 HP 150 KW	hm	1	0.0321	172.81	5.55
GRUPO ELECTRÓGENO 116 HP 75 KW	hm	2	0.0643	139.38	17.92
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1	0.0321	530	17.01
					59.06
				TOTAL	539.40

Fuente: Elaboración propia de la autora de la tesis. Realización: 15 de octubre del 2017.

Interpretación:

Al realizar el análisis de precios unitarios por metro cúbico se puede comprobar que tendríamos un ahorro con el asfalto reciclado-modificado de 5.93% a diferencia de una mezcla asfáltica convencional. Por lo tanto es conveniente construir asfaltos reciclados modificados ya que ofrece mejores propiedades mecánicas y a la vez son más económicas y contribuyen a mitigar el medio ambiente.

4.1. Estimación de periodos de mantenimiento

En el siguiente cuadro, se muestran los periodos estimados de mantenimiento tanto para la mezcla mejorada por el método del reciclaje como para la mezcla convencional.

Tabla N°6: Costos y periodos estimados de mantenimiento del asfalto convencional

AÑOS (VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO)	COSTO MANT. RUTINARIO(\$)	COSTO MANT. PERIÓDICO(\$)	TIPO DE INTERVENCIÓN
2017			CONSERVACIÓN
2018	45,167.00		CONSERVACIÓN
2019	45,167.00		CONSERVACIÓN
2020	45,167.00		CONSERVACIÓN
2021	45,167.00		CONSERVACIÓN
2022	45,167.00	835,260.00	REFUERZO DE CARPETA ASFAL.
2023	45,167.00		CONSERVACIÓN
2024	45,167.00		CONSERVACIÓN
2025	45,167.00		CONSERVACIÓN
2026	45,167.00		CONSERVACIÓN
2027	45,167.00	835,260.00	REFUERZO DE CARPETA ASFAL.
2028	45,167.00		CONSERVACIÓN
2029	45,167.00		CONSERVACIÓN
2030	45,167.00		CONSERVACIÓN
2031	45,167.00		CONSERVACIÓN
2032	45,167.00	835,260.00	REFUERZO DE CARPETA ASFAL.
2033	45,167.00		CONSERVACIÓN
2034	45,167.00		CONSERVACIÓN
2035	45,167.00		CONSERVACIÓN
2036	45,167.00		CONSERVACIÓN
2037	45,167.00		CONSERVACIÓN
TOTAL (A 20 AÑOS DE VIDA ÚTIL)	\$ 903,340.00	\$ 1,670,520.00	
COSTO TOTAL (MANTENIMIENTO GENERAL)	\$ 2,573,860.00		
COSTO DE MANTENIMIENTO POR KM / AÑO	\$ 15,055.67		

Fuente: Elaboración propia de la autora de la tesis. Realización: 15 de octubre del 2017.

Tabla N°7: Costos y periodos estimados de mantenimiento del asfalto reciclado-modificado

AÑOS (VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO)	COSTO MANT. RUTINARIO(\$)	COSTO MANT. PERIÓDICO(\$)	TIPO DE INTERVENCIÓN
2017			CONSERVACIÓN
2018	45,167.00		CONSERVACIÓN
2019	45,167.00		CONSERVACIÓN
2020	45,167.00		CONSERVACIÓN
2021	45,167.00		CONSERVACIÓN
2022	45,167.00		CONSERVACIÓN
2023	45,167.00		CONSERVACIÓN
2024	45,167.00		CONSERVACIÓN
2025	45,167.00		CONSERVACIÓN
2026	45,167.00		CONSERVACIÓN
2027	45,167.00	750,250.00	REFUERZO DE CARPETA ASFAL.
2028	45,167.00		CONSERVACIÓN
2029	45,167.00		CONSERVACIÓN
2030	45,167.00		CONSERVACIÓN
2031	45,167.00		CONSERVACIÓN
2032	45,167.00		CONSERVACIÓN
2033	45,167.00		CONSERVACIÓN
2034	45,167.00		CONSERVACIÓN
2035	45,167.00		CONSERVACIÓN
2036	45,167.00		CONSERVACIÓN
2037	45,167.00	750,250.00	REFUERZO DE CARPETA ASFAL.
2038	45,167.00		CONSERVACIÓN
2039	45,167.00		CONSERVACIÓN
2040	45,167.00		CONSERVACIÓN
2041	45,167.00		CONSERVACIÓN
2042	45,167.00		CONSERVACIÓN
2043	45,167.00		CONSERVACIÓN
2044	45,167.00		CONSERVACIÓN
2045	13,213.00		CONSERVACIÓN
2046	45,167.00		CONSERVACIÓN
2047	45,167.00		CONSERVACIÓN
TOTAL (A 35 AÑOS DE VIDA ÚTIL)	\$ 1,323,056.00	\$ 1,500,500.00	
COSTO TOTAL(MANTENIENDO GENERAL)	\$ 2,823,556.00		

COSTO DE MANTENIMIENTO POR KM / AÑO	\$ 10,720.33	
--	---------------------	--

Fuente: Elaboración propia de la autora de la tesis. Realización: 15 de octubre del 2017.

Se pudo determinar que el ahorro en costos de mantenimiento es muy favorable en asfalto reciclado, los mantenimientos va depender del estado de servicio de la carretera. La cual está determinada por la suma de todos los mantenimientos programados entre los años de servicio y los kilómetros de la carretera.

Tabla N°8: Precio de mantenimiento por Km /Año

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA(Incorporada Cal)	VARIACIÓN (%)
PRECIO POR KM/AÑO (HASTA EL AÑO 2047)	\$ 15,055.67	\$ 10,720.33	71.20

Fuente: Elaboración propia de la autora de la tesis. Realización: 4 de noviembre del 2017.

Interpretación:

Se pudo determinar que los costos de mantenimiento usando la mezcla asfáltica reciclada son inferiores en un 71.20% con respecto a los costos de mantenimiento con la mezcla convencional. Es decir que por año, el mantenimiento de un kilómetro de carretera con mezcla asfáltica convencional cuesta \$15,055.67, mientras que con la mezcla reciclada \$10,720.33, representando un ahorro de \$4335.34 por kilómetro de mantenimiento en cada año.

Tabla N°9: Vida útil del pavimento con las dos alternativas de carpeta asfáltica.

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA(Incorporada Cal)	VARIACIÓN (%)
VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO	20 AÑOS	30 AÑOS	+10 AÑOS

Fuente: Elaboración propia de la autora de la tesis. Realización: 4 de noviembre del 2017.

Interpretación:

Se observa que al utilizar la mezcla reciclada incorporada cal, su periodo de vida útil del asfalto se extiende 10 años más con respecto al asfalto con mezcla convencional, aumentado así el tiempo de vida útil de la vía.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Discusión

Según los resultados de la investigación que se obtuvieron en el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villareal, se pudo evaluar en que estado se encontraron los materiales para luego poder aplicar el método del reciclaje a la carpeta asfáltica con el objetivo de volver a reutilizar dicha mezcla y a la vez que ésta sea económica y aumente sus propiedades, lo cual confirma lo planteado en su tesis por (Méndez Revollo, 2015) que el uso del pavimento reciclado para la construcción de carreteras es un tema que ha venido creciendo, debido a la potencialización de materiales existentes que contribuyen al medio ambiente, dicho procedimiento es simple pero que ejecutado correctamente proporciona resultados considerables. Es decir aumenta su estabilidad en un 3.70% a comparación de un asfalto convencional; también aumenta la vida útil llegando hasta 30 años de vida reduciendo los costos considerablemente y también contribuye a mitigar el impacto ambiental negativo.

De igual manera (Gómez Cote, 2015) explica que, la reutilización del material procedente del fresado de pavimentos asfálticos envejecidos en la fabricación de nuevas mezclas bituminosas permite reducir tanto el empleo de nuevos materiales (áridos y betún) como la cantidad de residuos asfálticos en los vertederos, lo que representa grandes ventajas desde el punto de vista ecológico y económico, que hacen que el reciclado se haya convertido en una alternativa de gran interés, cada vez más utilizada, en la conservación y rehabilitación de los firmes de carreteras. De modo que con ésta investigación se pudo determinar que al reutilizar la carpeta asfáltica se estaría reutilizando el material el cual no genera residuos es por ello que se llega a la misma conclusión que la investigación de Gómez, ya que con ambas investigaciones se busca reducir la utilización de nuevos materiales y que tenga ventajas tanto ecológicas como económicas. Ante todo lo mencionado en el desarrollo de esta investigación se busca la aplicación del método del reciclaje como lo plantean los expertos ya que al realizar los ensayos necesarios en el laboratorio, se pudo determinar que se llega a obtener una mejora en algunas de sus propiedades como es la resistencia a la deformación.

V. CONCLUSIÓN

5.1. Conclusión

- La construcción del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje resulta más económico frente a la construcción de un pavimento asfáltico convencional. Se pudo comprobar que el ahorro es de \$4335.34 por kilómetro de mantenimiento en cada año.
- Se comprobó que el asfalto reciclado mejora su resistencia en un 14.34% a comparación del asfalto convencional, adquiriendo así la carpeta asfáltica una mejor estabilidad de 1606 kg. y a comparación del asfalto convencional que tiene una estabilidad de 1263 kg, por lo tanto se concluye que el asfalto reciclado ayuda a la resistencia ante las deformaciones.
- Se comprobó que el asfalto reciclado y mejorado con cal, reduce el periodo de mantenimiento, el costo por kilómetro es 28,8% de la vía generando un ahorro de \$4335.34 km/año, mientras que para el asfalto modificado en su manteniendo se estima un monto de \$10,720.33 a comparación que para el asfalto convencional es de \$ 15,055.67.
- La vida útil de la carretera se prolonga debido al uso de la mezcla asfáltica reciclada. Con esta investigación, se estima que la carretera se incremente a 10 años de tiempo de servicio, en comparación con la mezcla asfáltica convencional.

VI. RECOMENDACIONES

6.1. Recomendaciones

- Que las empresas industriales se dediquen al campo de la reutilización de mezclas envejecidas, incorporando recicladoras las cuales facilite aplicar en campo dicho método. Así poder incorporar a un diseño de asfalto ya que se comprobó que mejora la resistencia ante las deformaciones permanentes producto de las cargas.
- Debido a que en el Perú, aun no hay una norma que establezca las especificaciones del método de reciclaje para pavimentos flexibles mejorado por el método del reciclaje, sería recomendable que se realicen investigaciones detalladas para poder determinar los parámetros que son necesarios en un diseño y así se proceda a ejecutar esta mezcla reciclada en proyectos de gran envergadura ya que se estaría ayudando a mitigar el medio ambiente.
- Las universidades debería implementar el curso de diseño de pavimento, donde cada estudiante podría desarrollar investigaciones con otros materiales que brinden una mejora a los asfaltos tradicionales.
- Estos asfaltos reciclados(modificados) deberían ser aplicados en las distintas regiones del país, para determinar cual es el comportamiento a diferentes temperaturas, para así poder comprobar qué tan eficientes son y si el tiempo de vida útil es igual en las diferentes regiones.
- Al aplicar el método del reciclaje a un pavimento flexible, es recomendable, si dentro de los resultados del lavado asfáltico sale un alto porcentaje del mismo no agregarlo más porque se produce la oxidación, sino buscar un polímero ya sea cal para poder contrarrestar y no llegar al punto de oxidación del pavimento. Con el objetivo de poder obtener una mezcla que sea más trabajable y duradera.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA Baray, HÉCTOR Luis, 2011, Análisis de datos. *Tesis de Investigación* [en línea]. 2011. [fecha de consulta: 27 Mayo 2017].

Disponible en: <http://tesisdeinvestig.blogspot.pe>

BALVIN Levano, F (2013). *Evaluacion del estado actual del pavimento flexible ubicado en el distrito de Ayacucho Provincia de Huamanga Departamento de Ayacucho* (Tesis de título). Universidad Catolica Los Angeles De Chimbote, Ayacucho. pp.35-89

BAUTISTA Delgado, LUIS Alberto, 2015, La recolección de datos. *Recolección de datos* [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 27 Mayo 2017].

Disponible en: <http://data-collection-and-reports.blogspot.pe>

BATTHYÁNY, Karina, 2011, *Metodología de la investigación en Ciencias Sociales* [en línea]. 1. Uruguay: Universidad de la República. [fecha de consulta: 25 Mayo 2017].

Disponible en: http://www.cse.udelar.edu.uy/wpcontent/uploads/2016/12/01_FCS_Batthianny_2011-07-27-lowres.pdf

BEHAR Rivero, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Doctorado. Costa Rica.

CORROS, M. Urbáez, E y Corredor, G (2009). *Manual de Evaluación de Pavimentos*. (Maestría en Vías Terrestres). Universidad Nacional de Ingeniería. 9 pp.

CONTRERAS Ortega, R (2014). *Comparación técnico-económica y ecológica del reciclado in-situ, empleando asfalto espumado, con métodos convencionales de mantenimiento periódico de pavimentos flexibles* (Tesis de doctorado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima. 5 pp.

CACHAY, Enrique, VERGARAY, Huamán, Douglas Alfonso. 2014. Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas. Lima-Perú.11pp.

FERNÁNDEZ Guerrero, M. (2008). *Metodología de la investigación*. 1st ed. [en línea] Shalom, p.27.

Disponible en:<http://www.rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf> [fecha de consulta: 25 Mayo 2017].

FERRER, Jesús, 2010, Tipos de muestreo. *Conceptos básicos de metodología de la investigación* [en línea]. 2010. [fecha de consulta: 25 Mayo 2017].

Disponible en <http://metodologia02.blogspot.pe/p/tipos-de-muestreo.html>

GÓMEZ, G. (2015). *Estimación del coeficiente de aporte AASHTO mediante FWD para la técnica de reciclado de pavimentos rígidos, Rubblizing. Un caso de estudio en el distrito de San Félix*, Panamá, Universidad Militar Nueva Granada, (1), pp.15-128

GONZALES, wilmar, 2017, Recolección de datos. *Concepto de recolección de datos* [en línea]. 2017. [25 Mayo 2017].

Disponible en: <http://recodatos.blogspot.pe/>

GUTIÉRREZ Lázares, J (2007), J. (2007). *Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú* (Tesis de maestría). Universidad Nacional De Ingeniería, Lima. 2 pp.

HERNÁNDEZ, R ,FERNÁNDEZ,C y BAPTISTA,P.*Metodología de la investigación*. 5a. ed. México, D.F: McGraw-Hill, 2010.201 p. ISBN: 9786071502919

HERNÁNDEZ Sampieri, R., FERNÁNDEZ Collado, C. y BAPTISTA Lucio, P. (2004). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. 3rd ed. [en línea] México: McGraw-Hill, p.38.

Disponible en:<http://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/38911499/Sampieri.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1495764030&Signature=NseG1FrhHS%2Br%2BFGd4xQalwaofdA%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DSampieri.pdf> [fecha de consulta: 25 Mayo 2017].

LEGUÍA, P y PACHECO, F (2016) *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)* (Tesis de título). Universidad de San Martín de Porres, Lima. pp. 28-47

LÓPEZ, Lenni, 2013, Enfoque Cuantitativo de la Investigación. *Enfoque Cuantitativo-Positivismo* [en línea]. 2013. [fecha de consulta: 26 Mayo 2017]. Disponible en: <http://enfoquecuantitativopositivismo.blogspot.pe>

MÉNDEZ Revollo, A (2015). *Evaluación técnica y económica del uso de pavimento asfáltico reciclado (RAP) en vías colombianas* (tesis de maestría). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. pp.3-4

MEDINA, A y DE LA CRUZ, M (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI* (Tesis de título). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, Lima. pp.5-31

Ministerio de transportes y comunicaciones. 2013. *Manual de carretera suelos, geotecnia, geología y pavimentos*. Lima: s.n., 2013.

MONTALVO Guevara, M (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales* (Tesis de título). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima. pp. 73-67

NIÑO Rojas, V. (2011). *Metodología de la Investigación: diseño y ejecución*. 1st ed. [en línea] Bogotá: U, p.59-60

Disponible en:<http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>
[fecha de consulta: 24 Mayo 2017].

RODRÍGUEZ Mineros,C y RODRÍGUEZ Molina, J (2006) *Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje*.(Tesis doctoral). Universidad de El Salvador, San Salvador. pp.11-38

RENGIFO Arakaki, K (2014). *Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (Km 188 a 189)* (Tesis de título). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. pp.91-223

RODRÍGUEZ Mineros,C y RODRÍGUEZ Molina, J (2006) *Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje.*(Tesis doctoral). Universidad de El Salvador, San Salvador. pp.2-12

SANCHEZ Angel, J (2009). *Estudio de las ventajas del reciclado In Situ en caliente de pavimentos flexibles* (Tesis de título). Universidad de la Salle, Bogota D.C. pp.15-18

TOMAYO, M. *El Proceso de la Investigación Científica*. 4a. ed. México, D.F: Limusa, 2003.43 pp.
ISBN: 9681858727

TAMAYO y Tamayo, M. (2009). *El proceso de la investigación científica*. 1st ed. México: Limusa.

UBALDO, Jhon, 2011, Validez y Confiabilidad en la investigación cuantitativa. *SANGRÍA* [en línea]. 2011. [fecha de consulta: 23 Mayo 2017]. Disponible en: <http://jhonubaldo.blogspot.pe>

URREGO Aguilera , Edward Camilo y Ruiz Ramírez , Cristian Camilo. 2016. *Determinacion de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfálticos convencionales y meteriales de peña y río*. Bogota : s.n., 2016.

VIII. ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

Anexo N°1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: 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.

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera el uso del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje incrementará la capacidad de soporte respecto a la resistencia y el rendimiento durante su ejecución en las nuevas vías asfálticas? 	<ul style="list-style-type: none"> El método del reciclaje mejorará la capacidad portante y su resistencia lo cual dará mayor durabilidad en la vida útil del pavimento flexible mediante su aplicación obteniendo vías más adecuadas, además de contribuir a mitigar el impacto ambiental negativo. 	<ul style="list-style-type: none"> El método del reciclaje mejorará la capacidad portante y su resistencia lo cual dará mayor durabilidad en la vida útil del pavimento flexible mediante su aplicación obteniendo vías más adecuadas, además de contribuir a mitigar el impacto ambiental negativo. 	Método del reciclaje	<p>D.1 Estabilidad y durabilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidad de carga en fase de servicio. ➤ Deformación. <p>D.2 la resistencia a la fatiga</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia al impacto. 	<p>Tipo de Investigación</p> <p>La presente investigación es de tipo aplicada transversal, ya que se analizan las diversas teorías científicas existentes en un tiempo único.</p> <p>Diseño de la investigación:</p> <p>Cuando se manipula las variables en estudio, de las cuales se puede obtener datos derivados de los mismos para dar respuesta a un problema.</p> <p>Nivel de Investigación</p> <p>El nivel de la investigación es descriptivo, debido a que tiene como propósito describir el mejor método aplicado a pavimentos flexibles, y será</p>

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS			correlacional debido al dominio que tiene la variable independiente sobre la variable dependiente en el desarrollo de la investigación.
<ul style="list-style-type: none"> ¿Al aplicar el método del reciclaje de qué manera se reutilizará los materiales para la rehabilitación de pavimentos flexibles? 	<ul style="list-style-type: none"> Verificar de qué manera aumentará la resistencia del asfalto mejorado por el método del reciclaje a comparación de un asfalto convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> Analizar el costo de un asfalto mejorado por el método del reciclaje a comparación de un asfalto convencional. 	Pavimento flexible	<p>D.1 Resistencia al corte de un suelo.</p> <p>➤ Resistencia a la fricción entre partículas.</p>	<p><u>Enfoque de Investigación</u></p> <p>El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativa, porque para determinar las características del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje se obtendrán como consecuencia de los ensayos realizados.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera al utilizar el método del reciclaje reducirá los costos en la construcción de pavimentos flexibles? 	<ul style="list-style-type: none"> Analizar el costo de un asfalto mejorado por el método del reciclaje a comparación de un asfalto convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> La utilización del método de reciclaje en los pavimentos flexibles reducirá los costos de inversión de las construcciones de forma tal que beneficiaría la economía de nuestro país. 			<p><u>Población:</u></p> <p>La población de esta indagación está conformada por el total de la longitud de pavimento flexible de la carretera Lima – Canta.</p> <p><u>Muestra:</u></p> <p>La muestra en la presente investigación está formada por el tramo de pavimento flexible, km 78+000 al km 79+000 de la carretera Lima – Canta.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera se estará mitigando el impacto ambiental si se aplica el método del reciclaje en la construcción de pavimentos flexibles? 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar cuál es la mejora en cuanto a la mitigación de los factores que afectan negativamente el medio ambiente al aplicarse el método del reciclaje para pavimentos flexibles en comparación con un asfalto convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al aplicar el método del reciclaje se podrá determinar los beneficios que aporta como la mitigación de agentes nocivos para el medio ambiente, es decir proporcionando mejor calidad de vida a los ciudadanos. 		<p>D.2 Compactación de un suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminución de vacíos. 	<p><u>Muestreo</u></p> <p>La muestra será no probabilística, porque para este caso se tomará como parte del estudio el tramo de la carretera Lima-Canta (KM 78+000 al KM 79+000), Lima 2017, es decir el tramo elegido es por conveniencia del investigador.</p> <p><u>Instrumentos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo Marshall ➤ Ensayo CBR California Bearing Ratio. Ensayo de Relación de Soporte de California)
--	--	--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia por la autora de la tesis. Realización: 20 de junio del 2017.

Anexo N°2: Formatos de laboratorio de ensayo Marshall a la mezcla asfáltica en frío y caliente, ensayos CBR

Formato de laboratorio de ensayo Marshall a la mezcla asfáltica en frio.



TECNISU F&F S.R.L

TECNICOS EN INGENIERIA DE SUELOS

PAVIMENTOS - CONCRETO-ASFALTO - ROTURAS DE TESTIGOS
 CIMENTACIONES - CANTERAS - PROYECTOS DE CARRETRAS - LABORATORIO
 CALLE SUCRE N°1652-PUEBLO NUEVO - CEL 950912534 RPM:9559590241

RESUMEN DE LOS RESULTADOS A LOS ENSAYOS A LA MESCLA ASFALTICA EN FRIO SEGÚN ENSAYO MARSHALL

Peso en Aire (g) A	Peso saturado (g) B	Peso en Agua (g) C	Volumen (cm3) VOL	Densidad Briqueta (g/cm3) D	CEMENTO Asfáltico (%) EX	ESTABILIDAD		FLUJO (1/100) I	Densidad Maxima Teorica (g/cm3)	Vacios Totales (%) I
ENSAYO			B-C	A/VOL	ENSAYO		F*G	ENSAYO		
			PROMEDIO:							
			PROMEDIO:							
			PROMEDIO:							
			PROMEDIO:							
			PROMEDIO:							

El ensayo Marshall sirve para determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica agregados, provee información de la mezcla asfáltica, se determina valores de estabilidad y deformabilidad de los pavimentos, también establece densidades y contenido óptimos de vacíos.

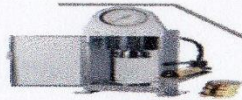
BERNARDO ALANOCA ARAGON
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 31105

JUAN E. YEREN MACEDO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 46303

JUAN CARLOS HIDALGO FALCON
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 57116

Fuente: Elaborado por el laboratorio TECNISU S.R.L: 13 de junio del 2017

Formato de laboratorio de ensayo Marshall a la mezcla asfáltica en caliente



TECNISU F&F S.R.L

TECNICOS EN INGENIERIA DE SUELOS

PAVIMENTOS - CONCRETO-ASFALTO - ROTURAS DE TESTIGOS
 CIMENTACIONES - CANTERAS - PROYECTOS DE CARRETRAS - LABORATORIO
 CALLE SUDRE N° 1652-PUEBLO NUEVO - DEL 950013534 RPMI0559500241

RESUMEN DE LOS RESULTADOS A LOS ENSAYOS A LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE SEGÚN ENSAYO MARSHALL
RESUMEN DE LOS RESULTADOS A LOS ENSAYOS A LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE SEGÚN ENSAYO MARSHALL

RESUMEN DE RESULTADOS	
CURVA MEDIA	
ASFALTO	
GRANULOMETRIA	

CONTENIDO DE ASFALTO %	# PROBETA	DENSIDAD MEDIA (gr/cm3)	Estabilidad media corregida (KN)	DEFORMACIÓN MEDIA (mm)	VACIOS EN LA MEZCLA MADIO (%)	VACIOS EN EL AGREGADO MEDIO %

El ensayo Marshall sirve para determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica agregados, provee información de la mezcla asfáltica, se determina valores de estabilidad y deformabilidad de los pavimentos, también establece densidades y contenido óptimos de vacíos.

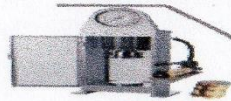
J. E. Yeren
 JUAN E. YEREN MACEDO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 46303

J. C. Hidalgo
 JUAN CARLOS HIDALGO FALCON
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 57116

B. A. Aragón
 BERNARDO ALANOCA ARAGON
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 31105

Fuente: Elaborado por el laboratorio TECNISU S.R.L: 13 de junio del 2017

Formato de laboratorio de ensayo C.B.R (Ensayo de Relación de Soporte de California)



TECNISU F&F S.R.L

TECNICOS EN INGENIERIA DE SUELOS

PAVIMENTOS - CONCRETO-ASFALTO - ROTURAS DE TESTIGOS
 CIMENTACIONES - CANTERAS - PROYECTOS DE CARRETRAS - LABORATORIO
 CALLE BUEN N°1092-PUEBLO NUEVO - CEL 990913524 RPM:9559690241

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARNING RATIO
 MTC-E-132

RESUMEN DE RESULTADOS	
LUGAR	
MATERIAL	
PROFUNDIDAD	

MOLDE N°	1		5		9	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO DEL MOLDE+SUELO HUMEDO (g)						
PESO DEL MOLDE (g)						
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)						
VOLUMEN DEL SUELO (g)						
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)						
CAPSULA N°						
PESO DE LA CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)						
PESO DE LA CAPSULA + SUELO SECO (g)						
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)						
PESO DE CAPSULA (g)						
PESO SECO DEL SUELO (g)						
HUMEDAD (%)						
DENSIDAD SECA						

Con el ensayo CBR se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

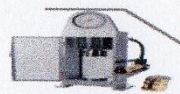
[Signature]
 BERNARDO ALANCA ARAGON
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 31105

[Signature]
 JUAN CARLOS HIDALGO FALCON
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 57116

[Signature]
 JUAN E. YEREN MACEDO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 46303

Fuente: Elaborado por el laboratorio TECNISU S.R.L: 13 de junio del 2017

Formato de laboratorio de ensayo C.B.R (Ensayo de Relación de Soporte de California)



TECNISU F&F S.R.L

TECNICOS EN INGENIERIA DE SUELOS

PAVIMENTOS - CONCRETO-ASFALTO - ROTURAS DE TESTIGOS
 CIMENTACIONES - CANTERAS - PROYECTOS DE CARRETRAS - LABORATORIO
 CALLE SUCRE N°1692-PUEBLO NUEVO - DEL 950913534 R.F.M.19559590241

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO

	HORA	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACIÓN

PENETRACION	CARGA ESTANDAR (lbs/pulg2)	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6										
		CARGA LECTURA	CORRECCION			CARGA LECTURA	CORRECCION			CARGA LECTURA	CORRECCION									
			lbs	lbs/pulg2	%		lbs	lbs/pulg2	%		lbs	lbs/pulg2	%							

Con el ensayo CBR se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

Juan E. Yeren Macedo
 JUAN E. YEREN MACEDO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 46303


Bernardo Alanoca Aragon
 BERNARDO ALANOCA ARAGON
 INGENIERO CIVIL
 Ref. CIP Nº 31105

Juan Carlos Hidalgo Falcon
 JUAN CARLOS HIDALGO FALCON
 INGELIERO CIVIL
 CIP. 57116

Fuente: Elaborado por el laboratorio TECNISU S.R.L: 13 de junio del 2017

Anexo N°3: Autorización de Publicación de tesis

Anexo N°3: Autorización de Publicación de tesis

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : FCB-PP-PP-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Sánchez Fernández María Yabeli, identificada con DNI N° 48023256, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo () , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "DISEÑO Y COMPARACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL METODO DEL RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA-CANTA (KM 82+000 AL KM 83+000), LIMA 2017"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

FIRMA

DNI: 48023256

FECHA: 27 de junio del 2017

Evaluó	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Viceministerio de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
--------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Anexo N°4: Programa Turnitin



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

..... Sanchez Fernandez Maria Yakeli

D.N.I. : 48023256

Domicilio : Av. Las Palmeras 5658 Urb. Villa del Norte

Teléfono : Fijo : Móvil : 955313630

E-mail : Yakeli.san5@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería

Escuela : Ingeniería Civil

Carrera : Ingeniería Civil

Título : Ingeniería Civil

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

..... Sanchez Fernandez Maria Yakeli

.....

Título de la tesis:

Diseño y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje en la carretera Lima - Canta (Km 78+000 al 79+000), Lima 2017

Año de publicación :

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha : 14-09-2018



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Desdiseño y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del
 oscilado en la carretera Lima-Cana (km 74-500) al km 79-000, Lima 2017

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero CIVIL

AUTOR:

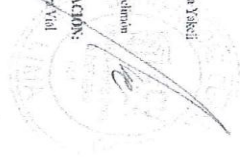
Sandoz Fernandez, Maria Yvett

ANISORE:

Mig. Córdova Sicaula, Felimon

LINEA DE INVESTIGACIÓN:
 Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PIAU
 Año 2017



20%

Resumen de coincidencias X

1	www.casavallejouni.edu.pe	1%
2	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	1%
3	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	1%
4	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	1%
5	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	1%
6	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	1%
7	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	1%
8	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	1%
9	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	<1%
10	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	<1%
11	repositorio.cepa.univalle.edu.pe	<1%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SANCHEZ FERNANDEZ MARIO YAKELI

INFORME TÍTULADO:

DISEÑO Y COMPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEJORADO POR EL MÉTODO

DEL RECICLAJE EN LA CARRETERA LIMA - COSTA (KM 78+000 AL KM 79+000), LIMA 2017.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 13/12/2017

NOTA O MENCIÓN: 16

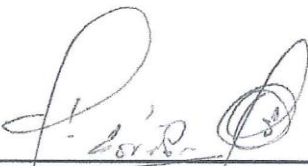

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE LOS TRABAJOS ACADÉMICOS DE LA UCV

Yo, **Felimon Córdova Salcedo**, docente de la experiencia curricular de Desarrollo de Proyecto de Investigación, del ciclo X y revisor del trabajo académico titulado "**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**" del estudiante **María Yakeli Fernández Sánchez**, he sido capacitado e instruido en el uso de la herramienta Turnitin y he constatado lo siguiente:

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud de 20%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencia mínimo que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de diciembre del 2017



Mg. Felimon Cordova Salcedo

DNI: 16647231

Asesor de tesis