

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA CON APLICACIÓN DE AFRECHO
DE UVA PARA LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, 2020**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES

BACH. RONALD HAIKEL ALVARADO ALOMIA

BACH. JHONN PERCY QUISPE CONDORI

BACH. GUSTAVO ALARCON MESARES

ASESOR

MG. ING. JOSUALDO VILLAR QUIROZ

TRUJILLO-PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por acompañarnos en todo momento y dar fuerza, inteligencia y bendiciones, para alcanzar a mis objetivos y metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Trujillo, por compartir sus conocimientos y valiosos aportes en nuestra formación profesional.

MIEMBROS DEL JURADO

Presidente

Secretario

Vocal

Aprobado por: _____ **-Fecha:** ___ / ___ / ___

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I.- INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Realidad problemática	11
1.2 Formulación del problema	12
1.3 Justificación de la investigación.....	13
1.4 Objetivo general y específicos.....	13
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos	13
1.5 Hipótesis.....	14
1.5.1 Hipótesis General.....	14
1.5.2 Hipótesis Específicas	14
II.- MARCO TEÓRICO	15
2.1 Trabajos previos	15
2.2 Teorías relacionadas al tema	17
2.3 Definición de términos básicos	42
III.- METODOLOGÍA.....	43
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	43
3.2 Variables y operacionalización	43
3.3 Población, muestra y muestreo	45
3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	45
3.5 Procedimientos	46
3.6 Método de análisis de datos	46
3.7 Aspectos éticos.....	46
IV.- RESULTADOS	47
4.1 Tesis 1: “Análisis de la incorporación del afrecho de arroz en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico”	47

4.2 Tesis 2: “Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de ceniza de caña de azúcar como agregado constitutivo”	54
V.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	70
Anexo 1: Instrumento de recolección de datos.....	71
Anexo 2: Instrumento de recolección de datos.....	72
Anexo 3: Instrumento de recolección de datos.....	73
Anexo 4: Certificados	74
Anexo 5: Certificados	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aumento de la resistencia a la compresión simple con el tiempo para varios tipos de suelos.....	37
Tabla 2. Resultados promedio de la variación del tiempo de vida por fatiga en función del contenido de asfalto y la temperatura de prueba	38
Tabla 3. Resultados estabilidad para pavimento ecológico.....	47
Tabla 4. Resultados del flujo para pavimento ecológico	48
Tabla 5. Resultados del % de vacíos para pavimento ecológico.....	49
Tabla 6. Gradación de los agregados para pavimento ecológico.....	50
Tabla 7. Especificaciones de Gradación MAC-2	50
Tabla 8. Mezcla asfáltica para pavimento ecológico	51
Tabla 9. Parámetros de Diseño Marshall MTC E 504	51
Tabla 10. Peso de Muestra Patrón.....	52
Tabla 11. Peso de Muestra con afrecho de uva al 1.0%	52
Tabla 12. Peso de Muestra con afrecho de uva al 3.0%	53
Tabla 13. Peso de Muestra con afrecho de uva al 5.0%	53
Tabla 14. Cumplimiento de Parámetros para pavimento ecológico	54
Tabla 15. Resultados de estabilidad	54
Tabla 16. Resultados del Flujo	55
Tabla 17. Resultados de porcentaje de vacíos.....	56
Tabla 18. Granulometría mezcla MSC-19	57
Tabla 19. Especificación de Gradación tipo MSC-19	58
Tabla 20. Mezcla asfáltica MSC-19.....	59
Tabla 21. Parámetros MSC-19.....	59
Tabla 22. Cumplimiento de Parámetros	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Condición de la vía sin mantenimiento.....	20
Figura 2. Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”	21
Figura 3. Estructura de un pavimento flexible	23
Figura 4. Distribución aleatoria de fallas	27
Figura 5. Distribución uniforme e intermitente de fallas.....	28
Figura 6. Distribución uniforme e intermitente de fallas.....	28
Figura 7. Distribución uniforme y frecuente de fallas.....	28
Figura 8. Fisuras piel de cocodrilo.....	30
Figura 9. Fisuras piel de cocodrilo.....	30
Figura 10. Esquema de fisura en bloque. Fotografía 4.2: Fisura en bloque	32
Figura 11. Esquema de fisura en arco	33
Figura 12. Fisura en arco	33
Figura 13. Esquema longitudinal	34
Figura 14. Esquema transversal.....	35
Figura 15. Fisura longitudinal	35
Figura 16. Fisura transversal.....	36
Figura 17. Componentes de la mezcla asfáltica.....	40
Figura 18. Resultados estabilidad para pavimento ecológico	47
Figura 19. Resultados del flujo para pavimento ecológico	48
Figura 20. Resultados del % de vacíos para pavimento ecológico	49
Figura 21. Resultados de estabilidad	55
Figura 22. Resultados del Flujo.....	56
Figura 23. Resultados de porcentaje de vacíos	57
Figura 24. Curva granulométrica de la mezcla patrón MSC-19.....	58
Figura 25. Comparación de resultados de estabilidad	61
Figura 26. Comparación de resultados de % de Vacíos	61

RESUMEN

El estudio de tesis titulado “Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de afrecho de uva para los pavimentos flexibles”, su objetivo general fue determinar la influencia de la aplicación de afrecho de uva en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles. Su diseño fue no experimental, transversal, de tipo aplicada y con nivel correlacional-causal, para lo cual se aplicó la técnica de Revisión Documental.

Se aplicó una matriz de Categorización, de la cual obtuvieron los resultados buscados y se determinaron que las dosificaciones de afrecho de uva que sustituyeron a un porcentaje del agregado logran mejorar sustancialmente las propiedades de la mezcla asfáltica en un rango de dosificación de 1 a 3% respecto a la mezcla asfáltica convencional, contribuyendo así al diseño de mezclas asfálticas, cumpliendo los parámetros de diseño descritos en el MTC ensayo Marshall E 504.

Concluyendo que dosificando óptimamente el afrecho de uva oscila en el rango de 1 a 3% y esta variación corresponde a factores externos como el tamaño a agregarse, el tipo de cemento asfáltico y las impurezas que pueda presentar el afrecho.

Palabras clave: Mezclas asfálticas, afrecho de uva, propiedades, dosificación, ensayo Marshall.

ABSTRACT

The thesis study entitled "Evaluation of asphalt mix with application of grape bran for flexible pavements", its general objective was to determine the influence of the application of grape bran on the asphalt mix for flexible pavements. His design was non-experimental, transversal, of an applied type and with a correlational-causal level, for which the Document Review technique was applied.

A Categorization matrix was applied, from which the desired results were obtained and it was determined that the grape bran dosages that replaced a percentage of the aggregate achieve substantially improve the properties of the asphalt mix in a dosage range of 1 to 3%. compared to conventional asphalt mix, thus contributing to the design of asphalt mixes, complying with the design parameters described in the MTC Marshall E 504 test.

Concluding that optimally dosing the grape bran oscillates in the range of 1 to 3% and this variation corresponds to external factors such as the size to be added, the type of asphalt cement and the impurities that the bran may present.

Keywords: Asphalt mixtures, grape bran, properties, dosage, Marshall test.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En el mundo, la característica principal referente a la construcción de pavimentos flexibles, es que son hechos mayormente de asfalto (95%), porque presentan buena flexibilidad comparándolo frente el hormigón; pero está comprobado por experiencia que su rigidez aumenta producto de la oxidación, lo cual los hace débiles y tendientes agrietarse.

A nivel latinoamericano, existen países como México, Colombia, Venezuela y Chile, donde el pavimento flexible se ha aplicado, por ser de bajo costo, pero teniendo la desventaja de ser a largo plazo objeto de mantenimiento por motivo del desgaste que sufre, por lo que, es conocido que no se realizan los mantenimientos requeridos, quedando deteriorados y afectando a la sociedad de América Latina.

En el Perú, la problemática tampoco es ajena, obras realizadas respecto a la infraestructura vial en nuestro país, muestran el lamentable estado en que se encuentran diversos pavimentos flexibles, que presentan fallas o deterioros como consecuencia del pobre material con la que son realizadas, por lo tanto, su vida útil se ve recortada y no es la que los proyectos dan a conocer. Es así, que, para evitar estas dificultades, se debe realizar el mantenimiento respectivo en forma periódica; para que así dure el período calculado. Acción que reducirán complicaciones que se presenten a través de su período de servicio, ocasionando que el pavimento cumpla con su vida útil calculada.

Hoy en día, es necesario e indispensable que se establezcan sistemas que permitan una rehabilitación y mantenimiento de pavimentos eficientes, debido a que son infinitas las fallas superficiales que se deben tratar. Esta diversidad de fallas, van a permitir que se realice una investigación coherente y efectiva, siendo necesario realizar la búsqueda y fomento de emplear novísimas tendencias para resolver los problemas que se presentan respecto al deterioro de las mismas. Actualmente el pavimento flexible que no es más que una mezcla de componentes

asfálticos, siendo el principal componente de la infraestructura vial en el Perú.

La Libertad, es una región cuyas pistas soportan diariamente un intenso tráfico (circulación vial), existiendo días donde se hace más incesante; pero a pesar que se hace el intento de mantenerlas, el esfuerzo realizado no es suficiente; por lo que los deterioros como grietas o deformaciones, son visibles en diversos tramos de ellas. Todo esto, ocasiona envejecimiento prematuro de la estructura, que ocasiona que las reparaciones a realizar, no sean suficientes y por lo tanto, se reduce el tiempo de servicio, no pudiendo cumplir con lo proyectado.

Existen diversos aditivos que se pueden adicionar en la construcción de pavimentos, mencionando a los polímeros o algunos materiales reciclables (plásticos, por ejemplo); pero los hay también orgánicos y que existen en abundancia en nuestro territorio; uno de ellos es el afrecho de uva de vino deshidratado y pulverizado, debido a su elevado poder antioxidante. Sustentado por diversos estudios realizados, donde uno de ellos demostró que las muestras de pavimento a las que se añadieron 10% de antioxidante de orujo de uva, obtuvieron como resultado, la reducción del factor de fatiga en un 14%, aparte que ayudaron en disminuir las grietas productos de la baja temperatura; es decir, es efectivo tanto en climas fríos como cálidos.

Ante lo expuesto, este estudio buscará analizar profundamente la diversidad de elementos que atacan a los pavimentos flexibles y les ocasionan daños superficiales, a través de la aplicación de una novedosa aplicación, que pretende ser una de las tantas alternativas existentes que buscará solucionar el problema presente.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la aplicación de afrecho de uva en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica realizarla porque se desea conocer a través del análisis del pavimento flexible con aplicación de afrecho de uva, si es posible mejorar el mantenimiento de pistas en la región La Libertad. Somos conscientes de su uso continuado y fluido en forma diaria, debido a su interconexión diversa con infinitos lugares del país. Razón por la cual llevar a cabo el estudio de los elementos que ocasionan deterioros en el pavimento flexible, es esencial, porque permitirá afrontar el problema y así hallar la solución o soluciones respectivas, en pro de su mejoramiento y prevención.

Siendo de necesidad urgente mantener una infraestructura vial en óptimo estado, permitirá que las vías a través de correcciones respectivas estén en buen estado. Además, el fin de realizarlo es que los profesionales respectivos a esta área, tengan una fuente de consulta que les ayudará mucho en su trabajo que desarrollan.

Así el análisis superficial de pavimentos flexibles con aplicación de afrecho de uva, es considerada como un gran aporte en el campo de la infraestructura vial, siendo un elemento fundamental en la conservación de los pavimentos.

1.4 Objetivo general y específicos

1.4.1 Objetivo general

Determinar cómo influye la aplicación de afrecho de uva en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la variación de las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando afrecho de uva, teniendo como base el diseño de mezclas convencional.
- Determinar que cumpla los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC E 504, con la aplicación de afrecho de uva, teniendo como base el diseño de mezclas convencional.

- Determinar la dosificación óptima de afrecho de uva que puede aplicarse en la mezcla asfáltica y cumpla los parámetros de ensayo Marshall del MTC E 504.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

La aplicación de afrecho de uva en la mezcla asfáltica influye positivamente en el (diseño de mezcla asfáltica) para los pavimentos flexibles.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- Mejora las propiedades del diseño la mezcla asfáltica con aplicación de afrecho de uva para los pavimentos flexibles.
- La aplicación de afrecho de uva en la mezcla asfáltica cumple los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504.
- La dosificación óptima de afrecho de uva que puede aplicarse a la mezcla asfáltica son 0.5, 1 y 3%

II.- MARCO TEÓRICO

2.1 Trabajos previos

A nivel internacional

Salamanca y Zuluaga (2015), en su estudio “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento Del César”, Universidad de Colombia. Concluyeron que la estructura de pavimento se basó en una proyección de diseño de diez años en lo que respecta a pavimentos flexibles o también su equivalencia en tiempo hasta acumular el número de ejes equivalentes de 8.2 ton adoptado en el diseño.

Rojas (2019) en su estudio “Diseño de pavimento modificado con la adición de plástico reciclado para ciclovías”, Universidad de Cuenca, Ecuador. El uso de estos plásticos reciclados significa cumplimiento con los códigos y normas de construcción. De diseño experimental, nivel exploratorio. Siendo la población igual a la muestra de 8 briquetas. Siendo los resultados hallados mediante el ensayo Marshall donde el porcentaje optimo fue de 4% cumpliendo con los requerimientos mínimos establecidos por la norma técnica para las mezclas asfálticas. Concluyendo, que es diseño de mezcla de mayor ahorro económico y cumple con los estándares actuales, a la vez es un diseño de mezcla con mayor impacto ambiental.

A nivel nacional

Silva (2018) en su tesis de ingeniería civil titulada “Influencia de la adición de cenizas de caña de azúcar en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Chiclayo 2018”. El objetivo general es del uso de la ceniza de caña de azúcar para el diseño de pavimentos flexibles, reemplazando un porcentaje del agregado fino sin descomponer el porcentaje del cemento asfáltico. De diseño experimental de nivel exploratorio y de tipo aplicada. Siendo la población y muestra de 30 briquetas, ensayos fueron realizados con diversos

porcentajes de adición de plástico reciclado y de cemento asfáltico PEN 60/70 con el objetivo de compararlos con las propiedades y características que tiene la mezcla asfáltica base. Concluyendo que la incorporación de ceniza de caña de azúcar mejora las propiedades de la mezcla asfáltica.

Silvestre (2017) en su estudio “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017”, de la Universidad Cesar Vallejo. De diseño aplicado, experimental y nivel explicativo. De población igual a la muestra, de 60 briquetas aplicando ensayo Marshall. Los resultados obtenidos de diseño de mezcla asfáltica agregando en porcentajes de plástico reciclado, de una reducción insignificativa en el flujo comparándola con la mezcla asfáltica base, agregando propiedades elásticas y de rigidez. El costo total para producir esta mezcla por m³ es más económico que una mezcla asfáltica convencional.

A nivel local

Guevara y Urcia (2019), en su tesis “Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Av. César Vallejo – Trujillo, entre las cuadras 04 al 15, mediante el método del índice de condición del pavimento”, UPAO. El objetivo fue plantear un indicador para hallar el nivel de severidad o condición del pavimento flexible, por aplicación del método PCI para el análisis superficial del Pavimento Flexible en la avenida. Luego de evaluado el pavimento flexible por uso del método del PCI (Pavement Condition Index), el estado actual de la avenida estudiada es “REGULAR” con PCI de 50.56, resultados que se sustentan en el manual del PCI, realizado por Luis R. Vásquez Varela.

Bermudez y Ramos (2019), en su estudio “Diseño estructural del pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad en la prolongación Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo, Trujillo, La Libertad”, Universidad Privada Antenor Orrego. Tomando en cuenta los volúmenes y proyecciones del tránsito, y las metodologías para llevar a cabo el diseño estructural del Pavimento Flexible. El estudio de suelos fue realizado para conocer las

características respectivas. Es decir, a través de ensayos en laboratorio y control de vehículos, se puede mejorar en la población sus condiciones de vida.

2.2 Teorías relacionadas al tema

2.2.1 Pavimentos flexibles

2.2.1.1 Definición

Según Montejo (2014) viene a ser “la capa compuesta de insumos adecuados, distribuidos entre el nivel superior de las terracerías (zona no asfaltada) y la superficie de rodamiento” (p. 43). De allí, que su función principal es la de proveer una superficie en la cual se tenga un uniforme rodamiento, con características apropiadas respecto al color y textura, buena resistencia al tránsito fluido, a la intemperie y demás elementos que les son perjudiciales. Eso sí es esencial la transmisión de los esfuerzos en forma adecuada de las cargas que genera el tránsito.

Posee una carpeta asfáltica ubicada en su superficie, pudiendo presentar deformaciones pero que sean pequeñas en sus diversas capas inferiores, pero que no significa problema alguno acerca que se rompa su estructura. Este tipo de pavimento presenta una alternativa económica al iniciar su construcción, poseyendo una vida útil de 10 a 15 años, pero siempre existe un inconveniente, el cual es que se le tiene que realizar un mantenimiento en forma periódica para que su vida útil no se vea alterada (Olivera, 2012).

Concluyendo que para que exista un efectivo tránsito vial donde exista seguridad, comodidad; las pistas deben contar con un pavimento con todas las características de calidad. Hay que tener presente que existen pavimentos rígidos y flexibles, pero solamente nos limitaremos a tratar el último mencionado (Rico, 2015).

2.2.1.2 Características

Con el fin que cumpla con un funcionamiento adecuado, éste debe presentar las siguientes características: (Montejo, 2012)

- Tener la resistencia debida ante el accionar de las cargas que le imponga el tránsito.
- La intemperie presenta características fuertes que le exige resistir a las mismas.
- Su textura superficial debe estar adaptada respecto a las velocidades promediadas de los vehículos que circulen.
- Debe resistir el desgaste producto de las llantas al generar su efecto abrasivo.
- Su superficie debe presentar una regularidad, la misma que debe prestar la comodidad respectiva a los transeúntes.
- Está demás decir que su durabilidad debe ser la máxima, y su inversión presentar la mejor economía.
- Estar preparada cuando se enfrente al drenaje.
- Debe esta conveniente moderados el ruido de rodadura presente al interno de los vehículos, para que el usuario no se vea afectado.

2.2.1.3 Ciclo de vida

Se conoce que los pavimentos a lo largo de su vida útil se van deteriorando paulatinamente, por acción de diferentes agentes, los que interactúan con ellos, mencionando al agua, el tráfico vehicular, etc. Su acción negativa, puede ser leve o grave, pero es permanente, dejándole muchas veces intransitable. Por lo que es recomendable que se les haga el mantenimiento en forma periódica, para evitar su deterioro (Menéndez, 2008).

Según Menéndez (2008) abarca cuatro fases, las que son:

Fase A: Construcción

Luego de ser construido, se le puede denominar de construcción sólida u que presenta determinados defectos constructivos. Pero

lo cierto es, que una vez terminado entra en servicio. Es aquí, donde se encuentra en buenas condiciones para que el usuario goce de todas sus necesidades. (Punto A de la figura 3.1)

Fase B: Deterioro lento y poco visible

Conforme pasan los años el pavimento se va desgastando y su debilitamiento avanza lentamente, mayormente en su primera capa (superficie de rodadura). Todo este problema está en función del número de vehículos (livianos y pesados) que transitan, además de los agentes destructivos descritos líneas arriba.

Todavía, en esta fase B, presenta un buen estado; pero las fallas menores que se encuentran dispersas a través de su longitud avanza inexorablemente. (Punto B de la figura 3.1).

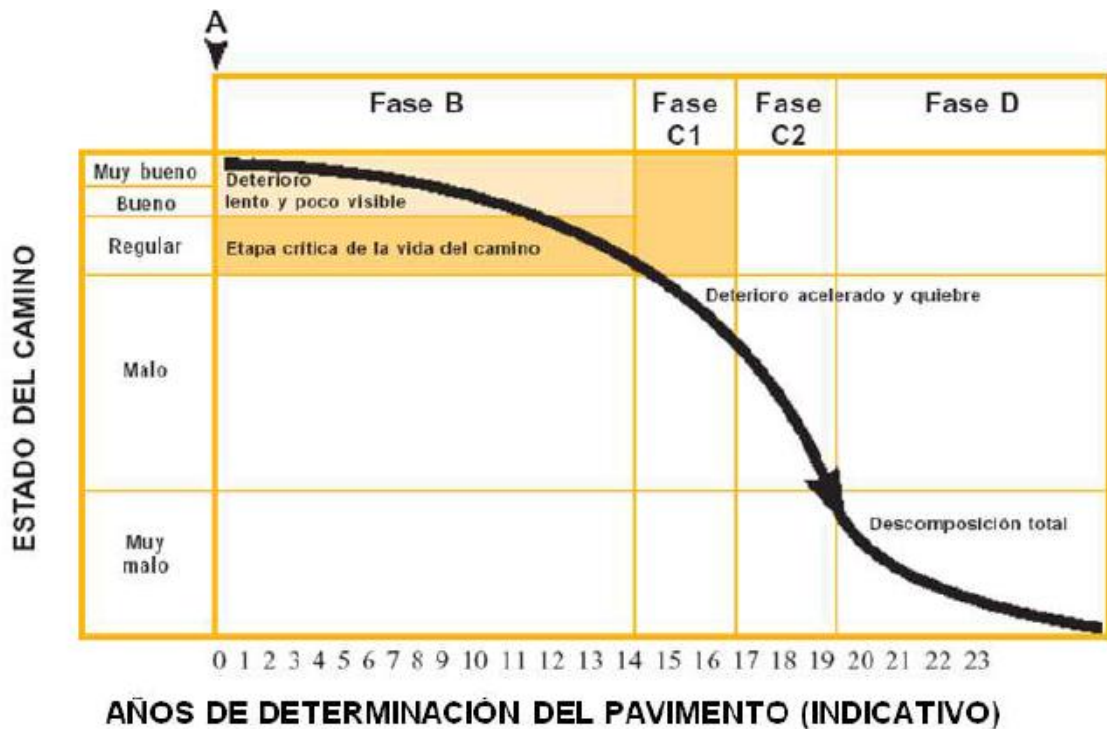
Fase C: Deterioro acelerado

Luego de ser usado (transitado) por varios años, se notan “agotados” su superficie y diversos elementos que lo integran. Así comienza su deterioro en forma acelerada, ocasionando que su resistencia disminuya drásticamente. Se comienzan a observar los daños o averías, y se extienden paulatinamente hasta afectar a la mayor parte de ellos. (Punto C de la figura 3.1).

Fase D: Descomposición total

Viene a ser la etapa final, pero todavía de acuerdo a su construcción le quedan varios años. Aquí los vehículos sufren más para transitarlos, por lo que se ven obligados a bajar su velocidad, los pavimentos existentes prácticamente son una pequeña porción del original.

Figura 1. Condición de la vía sin mantenimiento.



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas (Menéndez, 2008).

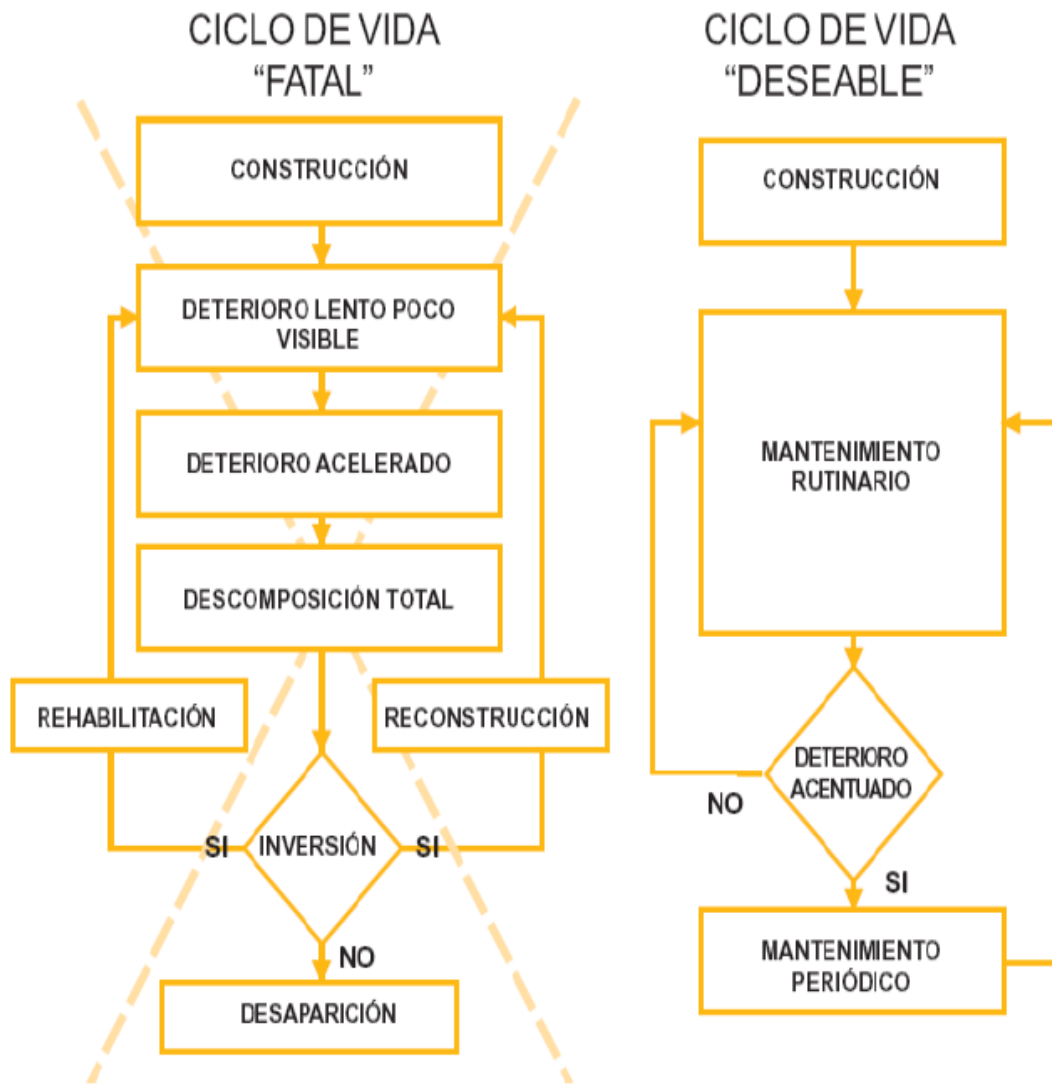
2.2.1.4 Ciclo de vida deseable

El proceso por el cual transita un pavimento con o sin mantenimiento, es mostrado por el diagrama de abajo. Se observa lo que ya se sostuvo, si no hay mantenimiento hay deterioro total; pero si existe mantenimiento rutinario, es necesario complementarlo con periodicidad de mantenimientos (Menéndez, 2008) (Figura 2).

2.2.1.5 Elementos que lo integran

Están formados por una superficie de rodadura, la cual se sustenta sobre la base, sub-base y sub-rasante; las que Coronado (2012), describe así:

Figura 2. Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (Menéndez, 2003).

a) Sub-rasante

Se encarga de soportar la estructura del pavimento a través de una capa de terreno, extendiéndose hasta una profundidad que de ningún modo tiene que afectar la carga de diseño, calculada de acuerdo al tránsito promediado. Ahora, respecto a su espesor, éste estará en función de su calidad, siendo esencial que cumpla con todas las características previstas, ya sea en resistencia, incomprensibilidad e inmunidad.

b) Sub-base

Su función es la de soportar, transmitir y distribuir en forma uniforme las cargas que se aplican a la superficie de rodadura, ocasionando

que la capa sub-rasante pueda soportarla, es decir, sea capaz de absorber las variaciones involucradas en este tipo de suelo, para que eviten dañar la sub-base. Además, ésta es la encargada de controlar las variaciones de elasticidad y volumen, porque de no ser así, afectarían seriamente al pavimento.

Otra de sus funciones es la actuar como capa de drenaje además de controlar el ascenso capilar del agua, siendo así, en su construcción mayormente se usan materiales conocidos como granulares. Así una falla común, sino se cuenta con una sub-base o sub-rasante conveniente, la presencia de fallas producto del hinchamiento del agua.

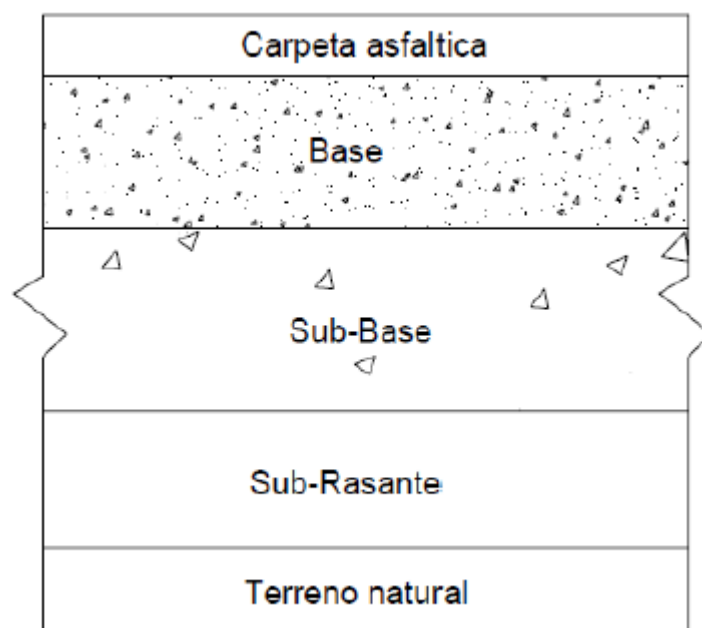
c) Base granular

Su función elemental es la de distribuir y transmitir las cargas que genera el tránsito por medio de la sub-rasante a la sub-base; siendo la capa en la que su encima se coloca la capa de rodadura. Su estructura cuenta con piedra de calidad certificada, adecuadamente triturada y mezclada con material de relleno; a su vez también puede ser resultado de combinar piedra o grava con arena y suelo. Graduar convenientemente las partículas, a su forma, fricción interior y cohesión; permitirá que tenga una mejor estabilidad.

d) Superficie de rodadura o carpeta asfáltica

Viene a ser la capa que está encima de la base. Se encarga de proteger la estructura de la vía, a través de su impermeabilización. Así evita que se filtre el agua proveniente de la lluvia, evitando que las capas subyacentes se desintegren, por el tránsito fluido.

Figura 3. Estructura de un pavimento flexible



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (Menéndez, 2003).

2.2.1.6 Drenaje

Es un componente esencial cuando se realiza el diseño de las carreteras, por ser la humedad una característica constante porque con la ayuda de otros elementos afecta los materiales constituyentes de la estructura del pavimento; por lo tanto, su comportamiento inicial ya no será el mismo. El agua en exceso aunado al alza continua de tránsito y cargas, a la larga irán poco a poco causando daño en las estructuras (Coronado, 2012).

1. Efectos del agua sobre el pavimento

Al estar ubicada en el interior de la estructura, sus efectos serían los siguientes: (Coronado, 2012)

- Al saturarse los suelos de la sub-rasante reduce su resistencia, permaneciendo a lo largo de períodos largos en iguales condiciones.
- Las partículas del suelo se desplazan ocasionando disminución de soporte por presencia de erosión.

También se presentan problemas, pero menores en cuanto a su frecuencia, como los siguientes: (Coronado, 2012)

- La humedad ocasiona desvestimiento de las partículas del pavimento porque se degrada la calidad del material.
- El hinchamiento de los suelos produce diferenciales por su desplazamiento.
- Al congelarse los suelos, el pavimento se expande y contrae.

2. Soluciones a los problemas de humedad en pavimentos

El agua puede ser tomada en cuenta por los métodos siguientes, en cuanto al diseño de los pavimentos: (Coronado, 2012)

- En lo posible se tiene que evitar que el agua penetre al pavimento.
- El pavimento debe poseer un drenaje adecuado para que el agua en exceso sea removida en el menor tiempo posible.
- Las cargas y el agua actuando combinadamente causan serios daños, por lo que es necesario que los pavimentos construidos sean fuertes.

Por lo común, se le presta mayor atención a la acción de interceptación del agua que está en la superficie y menor cuidado cuando se trata de sellar la superficie del pavimento. Esto ocasiona que agua en buena cantidad continuamente se filtra hacia el interior del pavimento, siendo necesario obligadamente construir el drenaje respectivo (Coronado, 2012).

2.2.1.7 Identificación de fallas superficiales

1. Evaluación superficial

Diversos métodos existen para realizar la respectiva evaluación superficial de los pavimentos, su aplicación es sencilla, por lo tanto, no es necesario tener equipos complejos. La inspección visual se constituye en la herramienta adecuada para aplicar y evaluar éstos, pasando a ser esencial en todo estudio.

Por lo general, se realiza en dos etapas. En la primera, el objetivo es lograr la inspección general. Para llevarla a cabo, se utiliza un vehículo conducido a velocidad mínima por toda su longitud.

En la segunda (detallada), ésta se realiza mediante la inspección a pie, donde se anotan las fallas halladas en la superficie, además de otras adicionales, que el inspector las considere útiles y que a la larga afecten la superficie. Haciendo presente que los diversos modos y clases de fallas, son descritos tomando en cuenta los severos que son, su frecuencia y donde se ubican. Todo esto se constituirá en una herramienta muy importante cuando se trate de determinar una determinada estrategia para su rehabilitación (Gutiérrez, 2016).

2. Causas del surgimiento de las fallas

Existen diversas causas, siendo su origen diferente, pero lo que sí es evidente es que afectan la superficie de rodamiento. Mencionamos las siguientes: (UNI, 2015)

- No presencia de accionar de rehabilitación y el término del período de diseño original.
- Las estimaciones realizadas no tuvieron en cuenta que el tránsito se iba a incrementar.
- Presencia de serias deficiencias en su construcción como en la calidad de los insumos utilizados.
- Construcción deficiente, al no realizarse cálculos adecuados para estimar el tránsito y las características de los insumos.

2.2.1.8 Procedimientos para la evaluación superficial de pavimentos

Se lleva a cabo por el uso de tres pasos que identificarán las fallas del pavimento.

Respecto a la evaluación superficial, son descritos a continuación los pasos seguidos: (Booz, Barriga y Wilbur, 2011)

a) Paso 1: Inspección visual de las vías

La vía es recorrida para obtener la información sistematizada, siendo esencial realizar la selección de diversos tramos, pero que sean con características y condiciones de tipo homogéneo. A bordo del vehículo, se conducirá lentamente, inspeccionando en forma visual, y se realizará la selección de tramos tomando en cuenta su uniformidad (condiciones). Por lo tanto, si se visualizan diferencias muy marcadas, por ejemplo: cambios en superficie o en secciones transversales, se procederá a subdividir los pavimentos.

Se deberá cortar los tramos por los carriles en el mismo punto, porque esa acción permitirá lograr imagen completa del pavimento entre dos puntos y así colaborar con la información que se manipula. Por ejemplo, si en determinada dirección el tramo comienza en un punto diferente de otro, se tendrá que realizar en la otra dirección, dividirla en forma artificial en dicho punto, así serán convertidos en tramos de forma apropiada para su respectiva evaluación.

b) Paso 2: Observación de fallas

La velocidad a la que debe ir el vehículo debe ser no mayor de 20 kph (zonas urbanas) y 30 kph en las áreas rurales, sólo así se determinarán correctamente el pavimento y sus condiciones. Por lo general, es recomendable realizar de dos a tres paradas por tramo, sólo así las fallas serán convenientemente evaluadas (tipo, severidad, extensión y ocurrencia).

c) Paso 3: Registro en planilla de evaluación

Todo lo que se observa debe ser correctamente anotado, por lo que las fallas serán clasificadas para darles el respectivo tratamiento. Así el pavimento será determinado por la condición, y realizar su respectivo programa de conservación.

2.2.1.9 Manifestaciones de fallas

Si se manifiestan, indican que el pavimento presenta defectos, por lo tanto, indican como se encuentran las estructuras del mismo. Las fallas se deben a muchos causales, tales como: material de baja calidad, deficiente construcción, tránsito elevado, etc. (Booz et al., 2011).

Severidad:

Es en función al estado del problema, en este caso es severo, presenta tres tipos: bajo, medio y alto.

Extensión:

Indica el tamaño del área donde está el problema. Posee tres niveles: menos del 20%, entre el 20% y 50% y mayor al 50%.

Pautas:

Se localiza únicamente en áreas localizadas, siendo menos del 20%.

Su ubicación es uniforme a través de la longitud de la vía o simplemente en áreas localizadas. Es del 20% al 50% del área afectada.

Está en forma uniforme a través de la longitud del tramo. Representa más de la mitad del área afectada.

Las siguientes figuras, ilustran casos que son similares respecto a la longitud (área focalizada del problema) a cualquier clase de falla manifestada.

Primer Caso: Distribución aleatorias de fallas

Acá el área afectada es menor al 20%, significando que las peladuras se pueden concentrar en áreas aisladas o simplemente están en forma aleatoria ubicadas.

Figura 4. Distribución aleatoria de fallas

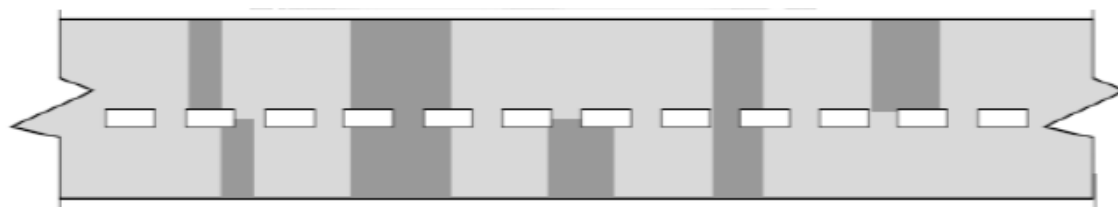


Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 2011).

Segundo Caso: Distribución uniforme e intermitente de fallas

Acá el área dañada es menor a 20%. Las fallas presentan distribución mayormente uniforme con una ocurrencia intermitente.

Figura 5. Distribución uniforme e intermitente de fallas

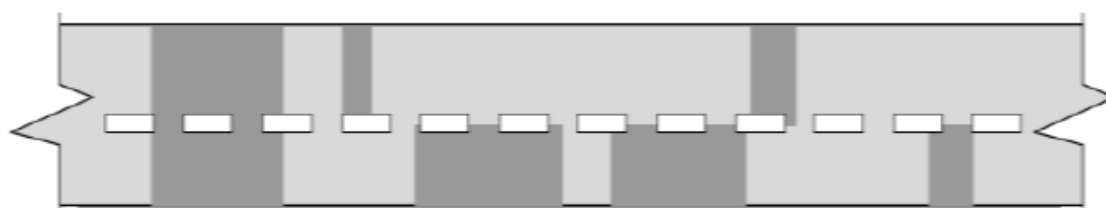


Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 2011).

Tercer Caso: Distribución uniforme y frecuente de fallas

El área afectada está en 20 a 50%. Existen tramos que presentan peladuras que están distribuidas en forma uniforme y con ocurrencia frecuente.

Figura 6. Distribución uniforme e intermitente de fallas

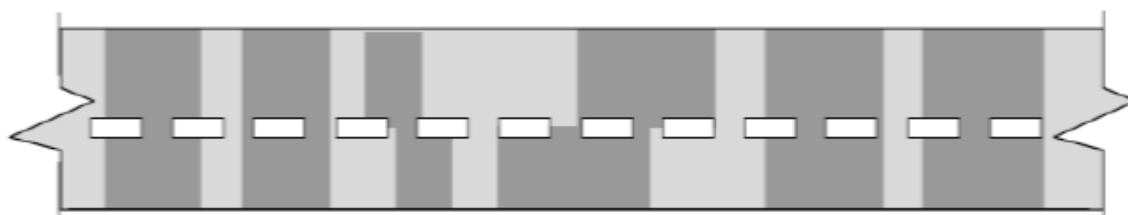


Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 2011).

Cuarto Caso: Distribución ocurrencia extensiva

Acá el área afectada es mayor al 50%. Las fallas se distribuyen uniformemente y presentan extensiva presencia.

Figura 7. Distribución uniforme y frecuente de fallas



Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 2011).

Se hace presente, que el color claro son pavimentos sin fallas y las de color oscuro, son con fallas.

2.2.1.10 Clasificación de fallas en pavimentos flexibles

Fisuras y grietas

a) Fisuras piel de cocodrilo

a.1) Descripción: Representan figuras que se interconectan dando lugar a polígonos pequeños, pero que son irregulares, con ángulos agudos. Su diámetro promedio es menor a 30 cm. Comienza en el interior de las capas asfálticas, debido al valor máximo que logran las tensiones y deformaciones.

La propagación de las fisuras a la superficie de rodamiento, se presentan a través de fisuras longitudinales paralelas, a continuación, por resultado del efecto de la repetición, continúan con su proceso evolutivo, y se interconectan logrando una malla cerrada (Coronado, 2012).

a.2) Posibles causas: La falla por fatiga de la estructura, es la causa habitual, como consecuencia de: (Gutierrez, 2016)

- La infraestructura presenta espesor no suficiente.
- La sub-rasante presenta deformaciones.
- Los materiales granulares se ven afectados por problemas de drenaje.
- Las capas granulares o asfálticas sufren compactación deficiente.
- La mezcla asfáltica se elabora con muchas deficiencias, siendo una de ellas utilización de asfalto de alta penetración (deforma la mezcla).
- El daño no se corrige por existencia de reparaciones mal efectuadas, mala implementación de reparaciones, etc.

a.3) Niveles de severidad: (Corros, Urbáez y Corredor, 2009).

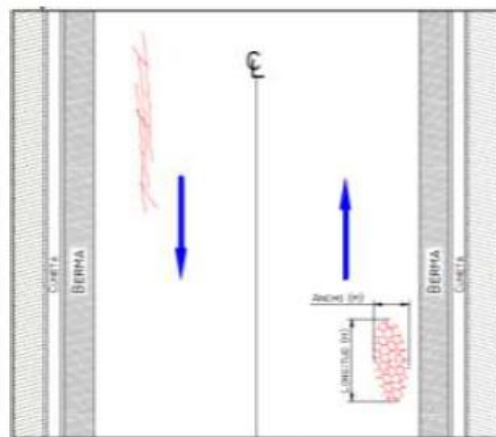
Bajo (B): Presentación de grietas finas, las cuales evolucionan paralelamente sin tener interconexión. No tienen pérdidas del material las grietas ubicadas.

Medio (M): Las grietas tipo piel de cocodrilo se desarrollan en el nivel B, presentando ligero descascaramiento. Se inicia el proceso interconexión.

Alto (A): Acá las grietas se han convertido en pedazos donde los bordes se encuentran descascarado.

a.4) Medición: Las fisuras se miden en metros cuadrados, en las áreas afectadas. Existe la dificultad de coexistencia de dos o tres niveles de severidad en un área determinada, por lo que su medida es difícil de evaluar (Corros et al., 2009).

Figura 8. Fisuras piel de cocodrilo



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

Figura 9. Fisuras piel de cocodrilo



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

b) Fisuras en bloque

b.1) Descripción: Se presentan interconexión, integrando piezas consideradas rectangulares (área de 0.10 a 9.0 m²). Se visualiza por lo general, en área grande de la pista. (Coronado, 2012).

b.2) Posibles causas:

Es causada como consecuencia que el concreto asfáltico se contrae porque la temperatura varía a lo largo del día (ciclos de esfuerzo-deformación) (Gutiérrez, 2016).

La mezcla se envejece, por lo tanto el asfalto se endurece. Otra causa puede ser que el asfalto es inadecuado.

Se recurre a la utilización de asfalto con penetración baja (combinación de agregado fino de la mezcla asfáltica).

b.3) Niveles de severidad:

Dentro de los niveles se consideran: (Corros et al., 2009)

Bajo (B): Es por la existencia de cualquiera de las siguientes condiciones:

- Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
- Grieta rellena de cualquier ancho.
-

Medio (M): Es por la existencia de cualquiera de las siguientes condiciones:

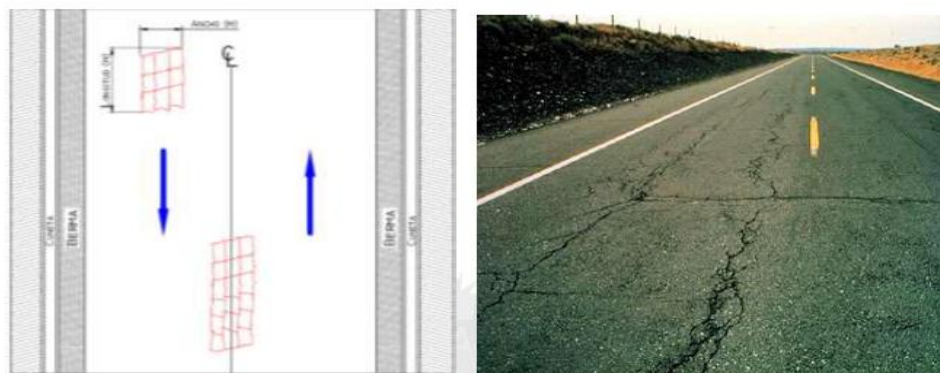
- De 10.0 mm. a 76.0 mm es el ancho de grieta sin relleno.
- Hasta 76.0 mm deben tener la grieta sin relleno, cercada de grietas pequeñas.

Alto (A): Es por la existencia de:

- Grieta, cercada de otras pequeñas a su alrededor, con severidad media o alta.
- Grieta sin relleno, que miden de 76.0 mm de ancho a más.
- Fracturamiento severo de áreas reducidas de pavimento (grietas).

b.4) Medición: Su uso el metro cuadrado, por ser un área afectada. Siendo anotada en forma separada, el nivel de severidad (Vásquez, 2012).

Figura 10. Esquema de fisura en bloque. Fotografía 4.2: Fisura en bloque



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

c) Fisuras en arco

c.1) Descripción: Como de media luna, apuntando en dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Pero esto no significa, que siempre la hagan. Ejemplo: Al frenar un vehículo que va en cuesta abajo, las fisuras se direccionan hacia arriba (Coronado, 2012).

c.2) Posibles causas: (Coronado, 2012)

- Se produce un resbalamiento y deformación sobre la superficie del pavimento como consecuencia del frenado repentino o el giro que realizan las ruedas de los vehículos.
- Existencia sobre las superficies pulidas de espesores de carpeta muy limitadas.
- Existencia de arena en forma excesiva en la mezcla.

c.3) Niveles de severidad: (Corros et al., 2009).

Bajo (B): Ancho de grieta: < 10,0 mm

Medio (M): Presencia de cualquiera de las condiciones:

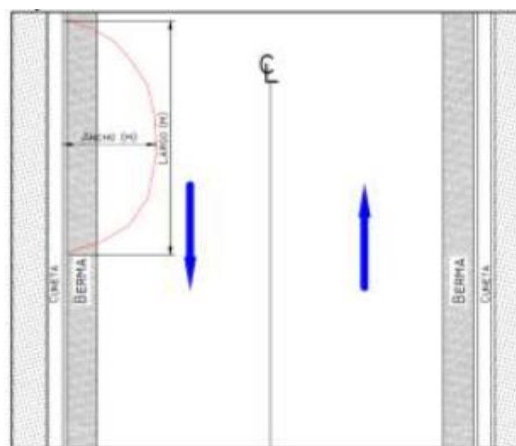
- Ancho de grieta promedio: de 10,0 a 38,0 mm
- En pequeños pedazos muy ajustados se encuentra fracturada la grieta en su alrededor (área).

Alto (A): Presencia de cualquiera de las condiciones:

- > 38,0 mm: Ancho promedio de la grieta.
- En pedazos removibles se encuentra el área que circunda la grieta.

c.4) Medición: En metros cuadrados es la unidad del área, calificándose de acuerdo al nivel de severidad presente respecto a su altitud (Vásquez, 2012).

Figura 11. Esquema de fisura en arco



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

Figura 12. Fisura en arco



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

d) Fisura longitudinal y transversal

d.1) Descripción: Paralelas al eje del pavimento. A lo largo del pavimento en ángulos rectos al eje del mismo (Corros et al., 2009).

d.2) Posibles causas:

- La pérdida de flexión ocasiona que se contraiga la mezcla asfáltica, por que envejece el asfalto, etc. Se produce por la temperatura baja y existencia de gradientes térmicos (Coronado, 2012).
- Se trabajaron en forma inadecuada las juntas de construcción.
- Se encuentran en estado duro los asfaltos y así son usados.

d.3) Niveles de severidad. (Corros et al., 2009)

Bajo (B): Se presenta cualquiera así:

- Ancho < 10.0 mm: Grieta sin relleno
- Grieta rellena de cualquier ancho.

Medio (M): Se presenta cualquiera de las condiciones:

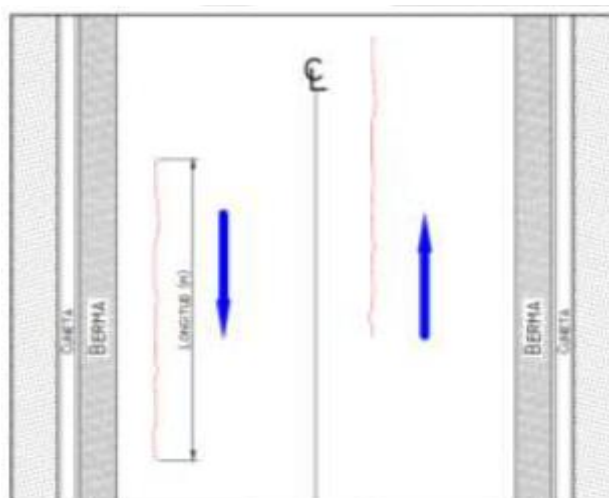
- Ancho entre 10.0 y 76.0 mm: Grieta sin relleno
- Cualquier ancho hasta 76.0 mm.

Alto (A): Se presenta cualquiera de las condiciones:

- > 76.0 mm de ancho: Grietas sin relleno.
- Pavimento se encuentra alrededor de la grieta con fractura severa: Una grieta de cualquier ancho.

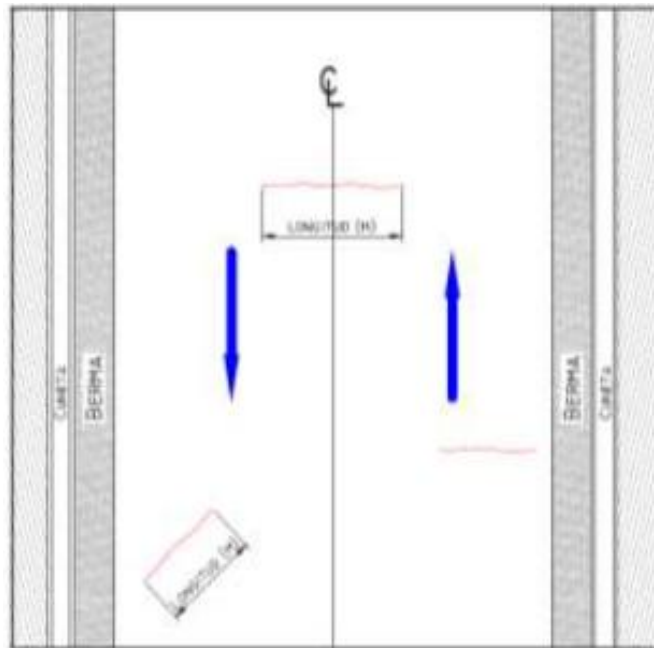
d.4) Medición: Estas son medidas en metros lineales. (Vásquez, 2012).

Figura 13. Esquema longitudinal



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

Figura 14. Esquema transversal



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

Figura 15. Fisura longitudinal



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

Figura 16. Fisura transversal



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2016).

e) Fisura de borde

e.1) Descripción: Presentan tendencia longitudinal a semicircular, se encuentran cercanas al borde de la calzada, ante la no presencia de berma están allí presentes (Gutiérrez, 2016).

e.2) Posibles causas: (Corros et al., 2009).

Las condiciones climáticas de la base o de la sub-rasante ubicadas cerca de su borde, las debilitan produciéndole daños leves o severos.

Debido a terraplenes que han sido levantados usando materiales expansivos o también por ausencia de soporte lateral.

Las cargas del tránsito provocan un deterioro acelerado.

e.3) Niveles de severidad: (Vásquez, 2102).

- Bajo (B): Presencia de grieta que no está fragmentada.
- Medio (M): Presentación de grietas con inicio de estar fragmentadas.
- Alto (A): El borde está fragmentado considerablemente.

2.2.1.11 Resistencia

El pavimento flexible presenta esfuerzos normales y cortantes en su estructura producto de las cargas que le impone el tránsito, considerándose a los cortantes como el causante elemental de falla, enfocándolo desde la perspectiva estructural, aparte también

están los que produce la aceleración, cuando los vehículos frenan, y finalmente los esfuerzos de tensión, que se presentan en los niveles superiores de la estructura (Rico y Del Castillo, 1984).

La alta resistencia a la compresión desarrollada en suelos de subrasantes y bases estabilizados con cemento generan altos valores de rigideces o módulos de resiliencia en las capas resultantes del pavimento.

En la Tabla 1 se proporcionan órdenes de magnitud de la resistencia a la compresión simple para diferentes tipos de suelos:

Tabla 1. *Aumento de la resistencia a la compresión simple con el tiempo para varios tipos de suelos*

Tipos de suelos	Resistencia a la compresión simple (kg/cm ²)	
	7 días	28 días
Gravas y arenas (A-1, A-2 y A-3)	21 – 42	28 – 70
Suelos limosos (A-4 y A-5)	17 – 35	21 – 63
Suelos arcillosos (A-6 y A-7)	14 – 28	18 – 42

En la Tabla 1 se observa que cuando la compresión es simple la resistencia es mayor, en lo que respecta a mezclas de suelos y partículas duras. Siendo mayor también en los suelos granulares respecto a los plásticos.

2.2.1.12 Fatiga

Vienen a ser daños producto del tránsito vehicular, que ocasionan grietas, localizados en el interno de la carpeta asfáltica y que poco a poco avanzan hasta verse reflejadas en la superficie, pudiendo ser longitudinales, transversales o piel de cocodrilo.

Kamel & Miller (2014) son los investigadores que lanzaron la teoría que la deformación a tensión en el fondo de la carpeta asfáltica administra la vida por fatiga del pavimento.

Tabla 2. Resultados promedio de la variación del tiempo de vida por fatiga en función del contenido de asfalto y la temperatura de prueba

Contenido de asfalto	Vida por fatiga (ciclos)	
	0°C	20°C
Óptimo	4,977,800	213,700
Alto	2,668,200	142,800
% Diferencia	-46%	-33%

Baig & Nazarian (2015) analizaron las propiedades que presenta la fatiga de mezclas. Evaluaron como el asfalto influye en una mezcla de asfalto óptimo de 4.8%. Encontraron que para un alza de asfalto de 4.25 a 4.5% aumenta la vida por fatiga en un 350% y una alza de 4.5 a 4.75% eleva la vida por fatiga en un 95%.

Baig et al (2015) concluyeron que la mejora en la resistencia a la fatiga al aumentar un porcentaje de asfalto es menos significativo al usar asfalto mayor. Kim et al. (2011) concluyeron que el efecto del asfalto es mucho más significativo para temperaturas de prueba de 0°C que para temperaturas de 20°C. Esto es, un aumento de 0.6% en el contenido de asfalto de la mezcla proveerá mas resistencia al agrietamiento por fatiga para 0°C, el cual es el rango de temperaturas donde el agrietamiento por fatiga es de gran preocupación.

2.2.1.13 Permeabilidad

Es la característica que permite que el agua de escorrentía, en un volumen considerable pasen a través del pavimento, quedando al comienzo entre la carpeta y la superficie de base, porque ésta última no la deja avanzar rápidamente por tener un alto grado de compactación. Como consecuencia el agua adquiere las cargas de los vehículos e inmediatamente las trasmite en todas las direcciones, ocasionando que esta acción ocasione su levantamiento y destrucción.

El comportamiento a la resistencia del concreto permeable varía directamente con el contenido de vacíos; si el contenido de vacíos aumenta entonces la resistencia, tanto a la flexión como a la compresión, disminuirá. Sin embargo si el porcentaje de vacíos aumenta, la permeabilidad del concreto también aumentará. Por medio de pruebas de laboratorio, el ACI ha demostrado que el porcentaje de vacíos para un concreto permeable debe estar en un rango de 14% a 31%, pero ya en la práctica se utiliza un porcentaje de vacíos de 15% a 25%, obteniendo resistencias mayores a 140 kg/cm² (ACI Committee 522, 2010).

2.2.1.14 Diseño de mezcla de pavimento flexible (diseño patrón)

Agregados pétreos

Contribuyen a la estabilidad mecánica, soportan la carga del tráfico y al mismo tiempo transmiten la carga a la subbase a una unidad de presión considerablemente reducida. Lo constituyen: Piedra machacada, grava y arena.

- Partículas duras (tamaño y forma estable)
- Rol fundamental en la fabricación de mezclas asfálticas, conforman del 88% al 96% del peso de la mezcla y algo más del 75% del volumen del mismo.
- Su análisis adquiere gran importancia para obtener una mezcla de calidad.
- Para utilizarse de modo confiable:
 - No debe degradarse
 - No debe segregarse
 - No debe contaminarse

Asfalto

Es un material viscoso, muy pegajoso, siendo identificado por su color negro. Su uso se limita a las mezclas asfálticas como aglomerante, para construir carreteras y autopistas. Su uso también es como impermeabilizante. Está presente en el petróleo crudo y compuesto casi por completo de material bituminoso.

Es impermeable, adherente y cohesivo, o resiliente ante esfuerzos puntuales, hacen que sea ideal a la hora de convertirse en el contacto entre las autopistas y los neumáticos. Su adherencia hace que estos últimos se agarren con firmeza, aumentando la seguridad al volante, especialmente en vehículos como motos. Constituyen el 4,25% a 4,75% del pavimento.

2.2.4 Mezcla asfáltica

Según Coronado (2012) son consecuencia de la mezcla de asfalto y agregados minerales pétreos, los mismos que poseen una proporción ya determinada cuando se trata de realizar pavimentos. A continuación, se muestra una figura de sus componentes.

Figura 17. Componentes de la mezcla asfáltica



Fuente: Ingeniería vial fundamental

2.2.3 Afrecho de uva

2.2.3.1 Definición

Una clase de bagazo es el resto de uva que queda después de extraer el mosto. Está constituido por el hollejo o piel de la uva, las semillas y los cabos de los racimos. Este bagazo recibe el nombre de afrecho (Canabi, 2012).

El profesor Guillermo Thenoux, y su equipo investigador (Universidad Católica de Chile), redujeron en un 14% la fatiga y el agrietamiento de los pavimentos de asfalto, gracias a la acción antioxidante del afrecho de uvas provenientes de las cepas Cabernet Sauvignon (Pontificia Universidad de Chile (UC), 2015).

En el mundo, un 95% de los pavimentos están contruidos de asfalto debido a su flexibilidad respecto al hormigón. Con el paso del tiempo, aumenta su rigidez cuando existe mayor oxidación, se vuelve frágil y predispuesto a sufrir agrietamientos. Las técnicas principales para reducir el envejecimiento del asfalto, son el uso de químicos que disminuyan su tasa de oxidación y prolonguen su vida útil. De ahí la idea de incorporar el afrecho de uva pulverizado, porque es un producto con una alta capacidad antioxidante”, destacó el profesor Thenoux.

Los resultados demostraron que las muestras de pavimentos con un 10% de adición de antioxidante de afrecho de uva, redujeron el factor de fatiga en un 14%. Además, mejoraron su comportamiento frente al agrietamiento que experimentan a baja temperatura”, precisó el ingeniero de la UC.

Una de las mayores dificultades que presentó el estudio, fue aislar y probar el efecto del antioxidante en asfalto. Para esta investigación, se caracterizó a nivel de laboratorio el comportamiento del material modificado con afrecho. En paralelo, las muestras fueron sometidas a tratamientos de envejecimiento de corto y largo plazo, según los estándares internacionales para el desarrollo de pavimentos asfálticos de alto desempeño.

Para el profesor de la UC estos resultados sugieren que el afrecho de uva podría constituir una alternativa factible para la reducción del daño oxidativo en ligantes asfálticos, contribuyendo así a mejorar la durabilidad de los pavimentos.

2.3 Definición de términos básicos

Pavimentos flexibles

Según Montejo (2014) viene a ser “la capa compuesta de insumos adecuados, distribuidos entre el nivel superior de las terracerías (zona no asfaltada) y la superficie de rodamiento” (p. 43).

Drenaje

Es un componente esencial cuando se realiza el diseño de las carreteras, por ser la humedad una característica constante porque con la ayuda de otros elementos afecta los materiales constituyentes de la estructura del pavimento; por lo tanto, su comportamiento inicial ya no será el mismo. El agua en exceso aunado al alza continua de tránsito y cargas, a la larga irán poco a poco causando daño en las estructuras (Coronado, 2012).

Mezcla asfáltica

Según Coronado (2012) son consecuencia de la mezcla de asfalto y agregados minerales pétreos, los mismos que poseen una proporción ya determinada cuando se trata de realizar pavimentos. A continuación, se muestra una figura de sus componentes.

Afrecho de uva

Una clase de bagazo es el resto de uva que queda después de extraer el mosto. Está constituido por el hollejo o piel de la uva, las semillas y los cabos de los racimos. Este bagazo recibe el nombre de afrecho (Canabi, 2012).

III.- METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo

Es una investigación aplicada: Como consecuencia de usar los conocimientos ya adquiridos, los cuales están en función de los resultados y avances sustentados en una base teórica. A su vez se va obtener beneficios que servirán a la sociedad, además de incrementar sus conocimientos (Hernández et al., 2016).

3.1.2 Diseño

Diseño no experimental, se refiere a los que se usan y no son objeto de ningún tipo de modificaciones en cualquiera de sus variables y que son analizadas a continuación (Hernández et al., 2016).

Es una Investigación descriptiva y correlacional-causal, porque el fin es el de responder al modo cómo influye una variable o en la otra. (Hernández et al, 2016).

Es de carácter transversal porque se sustenta en la recolección de información teórica, basándose en tesis, libros y entre otras fuentes, para así poder realizar la teoría en lo que respecta al tema”.

El presente estudio fue realizado durante la crisis ocasionada por la pandemia del Covid-19, razón por la cual no se pudo acceder a los laboratorios para realizar los respectivos ensayos, solamente se limita a realizar la respectiva revisión documental.

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

Variable independiente: Afrecho de uva como adición en Mezcla Asfáltica

Variable Dependiente: Propiedades de la Mezcla asfáltica

Cuadro: Operacionalización de la variable

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Mezcla Asfáltica	Según Coronado (2012) son consecuencia de la mezcla de asfalto y agregados minerales pétreos, los mismos que poseen una proporción ya determinada cuando se trata de realizar pavimentos. A continuación, se muestra una figura de sus componentes.	Su elaboración es a través de las pruebas de laboratorio	Porcentaje de vacíos	Ensayo Marshall MTC E 504	Razón
			Estabilidad	Ensayo Marshall MTC E 504	Razón
			Flujos	Ensayo Marshall MTC E 504	Razón
Afrecho de uva	Una clase de bagazo es el resto de uva que queda después de extraer el mosto. Está constituido por el hollejo o piel de la uva, las semillas y los cabos de los racimos. Este bagazo recibe el nombre de afrecho (Canabi, 2012)	Se elaborará recurriendo a la recolección de información y observación directa	Composición	Propiedades Físicas Propiedades Químicas	Razón
			Función	Ventajas Desventajas	Razón
			Dosificación	Dosificación de 0.5, 1 y 3%	razón

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Población se usa en estadística para expresar lo que se observa o se mide. En este estudio, lo constituyen las briquetas mencionadas en la tesis del autor Zubeida, M. (46) y del señor Berrío A. (41).

3.3.2 Muestra

Viene a ser una parte de la población, siendo representativa. En este caso, es considerada igual a la población, para mejor alcance práctico. Se consideran a las briquetas de la tesis del autor Zubeida M. correspondiente a 12 briquetas patrón y 34 briquetas con la adición de afrecho de uva en sus dosificaciones de 1, 3 y 5%; además de la tesis del autor Berrío A. donde considera 16 briquetas patrón y 25 briquetas con la adición de afrecho de uva en dosificaciones de 0.5, 1 y 2%.

3.3.3 Muestreo

Su definición engloba un método el cual es utilizado para inferir en forma numérica las unidades dentro de la población con la que se realizará la investigación (Hernández et al., 2016). Se recurre al muestreo censal a consecuencia que la muestra es considerada como no representativa, por esto, se toma toda la población, 46 briquetas de la tesis 1 y 41 briquetas de la tesis 2.

3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

Se recurrirá a la técnica denominada Revisión Documental, que viene a ser un procedimiento usado para obtener la información respectiva (Hernández et al., 2016).

3.4.2. Instrumento

En lo que respecta al instrumento, en este estudio será usada la matriz de categoría, porque es a través de ella el que se recurre al contenido escrito, comprendiendo datos logrados por mediciones ya elaboradas por otras personas hasta textos que comprenden los sucesos de estudio (Hernández et al., 2016).

Además es aplicado con el objetivo de responder a los objetivos específicos ya delineados y así poder determinar como influye el afrecho de uva en las propiedades inherentes a la mezcla asfáltica, que si bien es cierto, debe cumplir con los parámetros establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

3.5 Procedimientos

Se aplicó la matriz de categorización para recoger la información de todos los estudios respecto al tema de estudio, finalmente se ubicaron dos tesis con bastante similitud en cantidad de ensayos y objetivos. Se analizaron los resultados recogidos de los dos estudios, interpretando y obteniendo los resultados del informe de investigación. Los procedimientos de los ensayos realizados se sustentan en los parámetros del diseño de mezclas asfálticas Marshall correspondiente al MTC E504 y al manual del INVIAS de Colombia.

3.6 Método de análisis de datos

Se procedió aplicar la matriz de categorización en Excel V19, para recolectar la información y luego se analizaron los resultados logrados de los dos estudios a compararse, luego se interpretaron y elaboraron gráficos; y así se lograron estos resultados y sus respectivas figuras. Se contrastó en función a las normas del Ensayo Marshall MTC E504, sustentados en la norma ASTM-D6926 y ASTM D-6927. Así se elaboraron las tablas y figuras comparativos con la mezcla asfáltica convencional.

3.7 Aspectos éticos

Se prestó mucha atención a la ética y el cumplimiento de la información recopilada con fines académicos, manteniéndose los datos recogidos de los entrevistados en absoluta confiabilidad. Para el marco teórico se aplicaron las normas APA para citar a los autores.

IV. RESULTADOS

4.1 Tesis 1: “Análisis de la incorporación del afrecho de arroz en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico”

Autor: Chero Milena

Objetivo 1

Determinar cómo varían las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando afrecho de uva, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

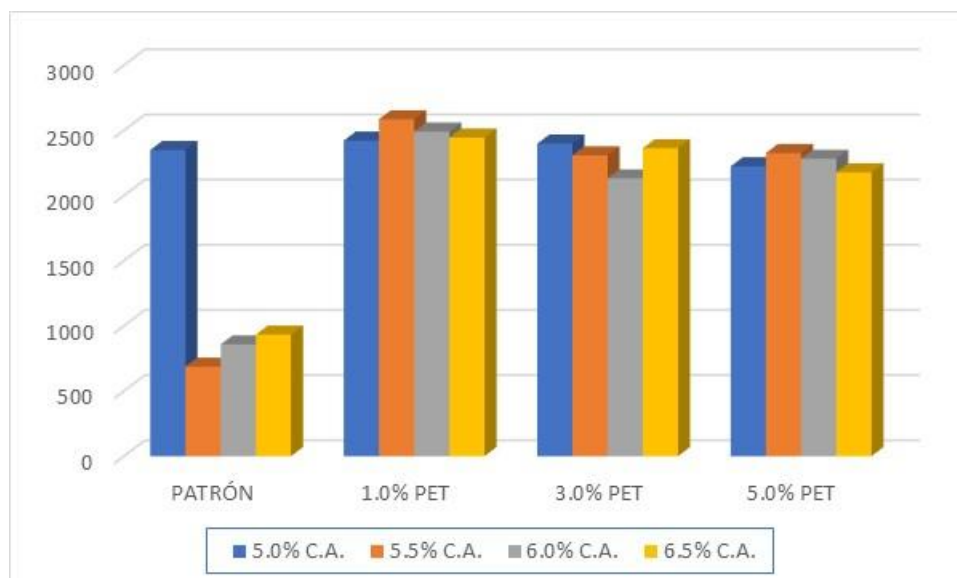
Variación de estabilidad de mezcla asfáltica Método Marshall MTC E 504

Tabla 3. Resultados estabilidad para pavimento ecológico

MEZCLA	5.0% C.A.	5.5% C.A.	6.0% C.A.	6.5% C.A.
PATRÓN	2350	687	858	933
1.0% A.A	2422	2586	2491	2445
3.0% A.A	2399	2309	2132	2364
5.0% A.A	2225	2327	2283	2179

Fuente: Chero M.

Figura 18. Resultados estabilidad para pavimento ecológico



Fuente: Tabla 3

Los resultados hallados muestran que realizando la sustitución con afrecho de uva se consigue que la estabilidad mejore sustancialmente en un 29.75%, lo cual cumple con los parámetros expresados en el Manual de Ensayo de Materiales.

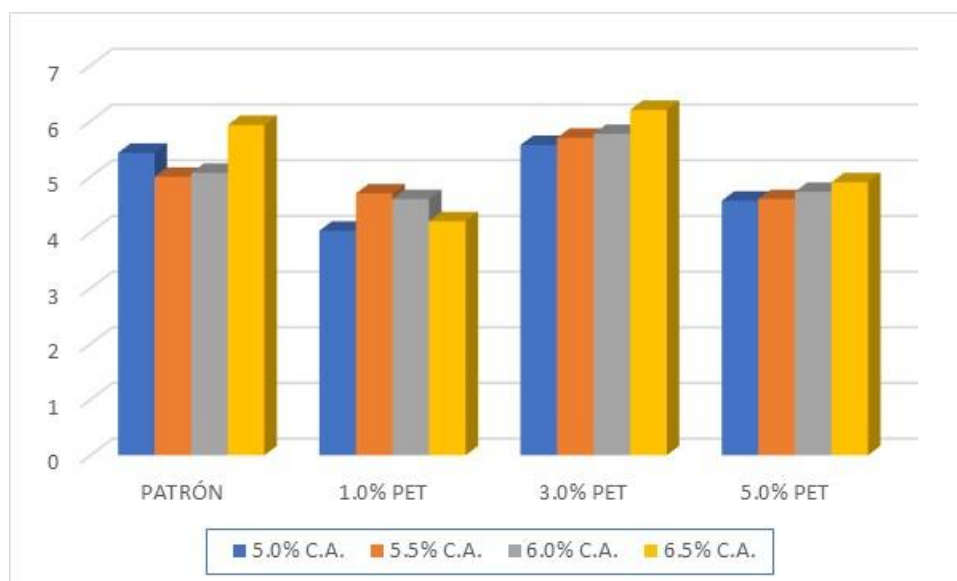
Variación del Flujo de la mezcla asfáltica Método Marshall MTC E 504

Tabla 4. Resultados del flujo para pavimento ecológico

FLUJO	5.0% C.A.	5.5% C.A.	6.0% C.A.	6.5% C.A.
PATRÓN	5.43	5	5.07	5.93
1.0% A.A	4.03	4.7	4.6	4.2
3.0% A.A	5.57	5.7	5.77	6.2
5.0% A.A	4.57	4.6	4.73	4.9

Fuente: Chero M.

Figura 19. Resultados del flujo para pavimento ecológico



Fuente: Tabla 4

Los resultados hallados muestran que la sustitución del 3% de afrecho de uva con un 5.5% de cemento asfáltico se logró una disminución positiva de 0.03 mm en comparación a la mezcla patrón y respecto a los porcentajes de 5,6 y 6.5% la variación resultó negativa, por lo cual se produjo un aumento del flujo, como consecuencia de la adición del 3% de afrecho de uva, ésta contribuye de forma positiva en combinación con el cemento asfáltico.

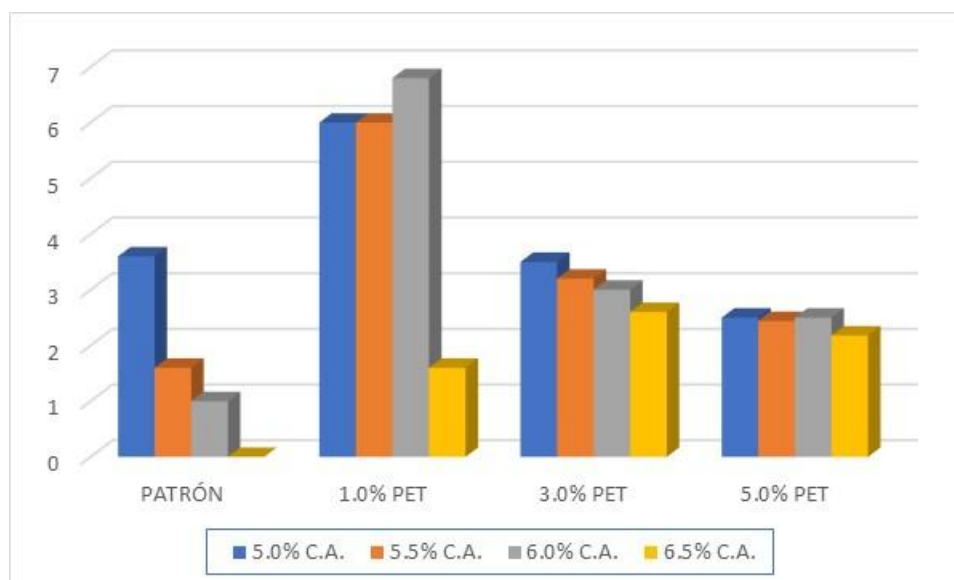
Variación del % de vacíos de la mezcla asfáltica Método Marshall MTC E 504

Tabla 5. Resultados del % de vacíos para pavimento ecológico

% DE VACÍOS	5.0% C.A.	5.5% C.A.	6.0% C.A.	6.5% C.A.
PATRÓN	3.6	1.6	1	0
1.0% A.A	6	6	6.8	1.6
3.0% A.A	3.5	3.2	3	2.6
5.0% A.A	2.5	2.44	2.5	2.18

Fuente: Chero M.

Figura 20. Resultados del % de vacíos para pavimento ecológico



Fuente: Tabla 5

Los resultados hallados, muestran que en un 5.5% de Cemento Asfáltico y con el 3% de aplicación de afrecho de uva, se logra un porcentaje de vacíos de 3.2%, por lo cual se cumple con los parámetros del MTC.

Objetivo 2

Determinar el cumplimiento de los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504 con la aplicación de afrecho de uva, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

Gradación de los agregados para mezclas asfálticas en caliente

Tabla 6. Gradación de los agregados para pavimento ecológico

Tamiz	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25.0 mm (1")	100	-	-
19.0 mm (3/4")	80 - 100	100	-
12.5 mm (1/2")	67 - 85	80 - 100	-
9.5 mm (3.8")	60 - 77	70 - 88	100
4.75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2.00 m (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 mm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 mm (N° 80)	08 - 17	08 - 17	09 - 20
75 mm (N° 200)	04 - 08	04 - 08	05 - 10

Fuente: Adaptado del Manual de ensayo de materiales, MTC

El manual de ensayo Marshall del MTC da a conocer la gradación de los agregados, los cuales deben ser aplicados para determinado tipo de mezcla asfáltica.

Mezcla de agregados

Tabla 7. Especificaciones de Gradación MAC-2

Agregados	Cantidad en Porcentaje
Grava chancada	45.00%
Arena chancada y zarandeada	55.00%
Especificaciones de gradación	MAC-2

Fuente: Chero M.

Las especificaciones del MAC-2 están relacionadas al porcentaje de 45% de grava chancada y al 55% de arena chancada y zarandeada.

Mezcla asfáltica en caliente

Tabla 8. Mezcla asfáltica para pavimento ecológico

Especificaciones de Grad.	MAC-2
Tipo de asfalto	PEN 60/70
Porcentaje óptimo de cemento asfáltico (C.A.)	5.52%

Fuente: Chero M.

La mezcla asfáltica de la tesis tiene relación con las especificaciones de Gradación tipo MAC-2 y con un tipo de Asfalto PEN 60/70 el cual posee su certificado, el porcentaje óptimo de C.A se determinó con los ensayos en laboratorio con respecto a una muestra patrón.

Parámetros de las propiedades de las mezclas asfálticas Método Marshall.

Tabla 9. Parámetros de Diseño Marshall MTC E 504

Parámetro de diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8.15 kN	5.44 kN	4.53 kN
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
5. Vacíos en el agregado mineral	Vert Tabla 423-10		
Inmersión - Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa min	2.1	2.1	1.4
2. Resistencia retenida % (min)	75	75	75
Relación Polvo - Asfalto (2)	0.6-1.3		
Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm) (3)	1.700 - 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO 283	80 Mín		

Fuente: MTC ensayo de materiales

Los parámetros especificados por el MTC en lo que concierne a un diseño usando el método Marshall determina los rangos de los valores a obtener con el fin que la mezcla asfáltica logre las propiedades correctas de diseño.

Objetivo 3

Determinar la dosificación óptima de afrecho de uva que puede aplicarse en la mezcla asfáltica, cumpliendo con los parámetros de diseño del MTC.

Tabla 10. *Peso de Muestra Patrón*

% de Líquido asfáltico	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Peso líquido asphalt.	60	66	72	77.4
Peso piedra	513	510	507.6	505.2
Peso arena	570	567	564	561.3
Peso cal	57	56.7	56.4	56.1
PESO DE BRIQUETA	1200 g	1200 g	1200 g	1200 g

Fuente: Chero M

De los ensayos llevados a cabo en laboratorio para ensayo Marshall se realizó el cálculo del peso de la muestra patrón, luego se procede hacer una comparación con las muestras con afrecho de uva en diferentes dosificaciones.

Tabla 11. *Peso de Muestra con afrecho de uva al 1.0%*

Líquido asfáltico	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Peso líquido asphalt.	60	66	72	77.4
Peso piedra	513	510.3	507.6	505.2
Peso arena	564.3	561.3	558.4	555.7
Peso afrecho de uva	5.7	5.67	5.64	5.61
Peso cal	5.7	5.67	56.4	56.13
PESO DE BRIQUETA	1200 g	1200 g	1200 g	1200 g

Fuente: Chero M.

En concordancia a los ensayos realizados en Laboratorio para ensayo Marshall se determinó el peso de la muestra empleando una dosificación de 1.0% y la variación que crea en las dosificaciones generales respecto al diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 12. *Peso de Muestra con afrecho de uva al 3.0%*

% de Líquido asfáltico	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Peso líquido asfalt.	60	66	72	77.4
Peso piedra	513	510.3	507.6	505.2
Peso arena	552.9	555.7	547.1	544.5
Peso afrecho de uva	17.1	11.3	16.9	16.8
Peso cal	5.7	56.7	56.3	56.1
PESO DE BRIQUETA	1200 g	1200 g	1200 g	1200 g

Fuente: Chero M.

Respecto a los ensayos llevados a cabo en Laboratorio para ensayo Marshall se determinó el peso de la muestra respecto a la dosificación de 3.0% y la variación que crea en las dosificaciones generales en lo que concierne al diseño de la mezcla asfáltica. De la cual en los resultados de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos; se llegó a determinar que la dosificación óptima de afrecho de uva es del 3.0%.

Tabla 13. *Peso de Muestra con afrecho de uva al 5.0%*

% de Líquido asfáltico	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Peso líquido asfalt.	60	66	72	77.4
Peso piedra	513	510.3	507.6	505.2
Peso arena	541.5	538.6	564	533.2
Peso afrecho de uva	28.5	28.4	28.2	28.1
Peso cal	57	56.7	56.4	56.1
PESO DE BRIQUETA	1200 g	1200 g	1200 g	1200 g

Fuente: Chero M.

Los ensayos llevados a cabo en Laboratorio para ensayo Marshall llegaron a determinar el peso de la muestra con una dosificación de 5.0% y la variación que origina en las dosificaciones generales del diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 14. *Cumplimiento de Parámetros para pavimento ecológico*

Característica	Unidad	Norma	A	C.A=5.52%	Verificación
Compactación	Golpes/cara	MarsahII MTC E504	75	75	Cumple
Estabilidad	Kn	MarsahII MTC E504	> 8.15	22.6	Cumple
Flujo	mm	MarsahII MTC E504	8-14	5.7	No cumple
Vacíos con aire (Va)	%	MarsahII MTC E504	3 – 5	3.1	Cumple

Respecto a los resultados logrados en laboratorio, confeccionando el respectivo análisis y revisando los parámetros de diseño Marshall del MTC E 504, se llega a concluir respecto a su determinación que cumple con los parámetros de diseño, a excepción del flujo que no cumple con la norma, pero que si se compara con la mezcla patrón conserva un flujo similar.

4.2 Tesis 2: “Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de ceniza de caña de azúcar como agregado constitutivo”

Autor: Andy Alzate

Objetivo 1

Determinar cómo varían las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando afrecho de uva, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

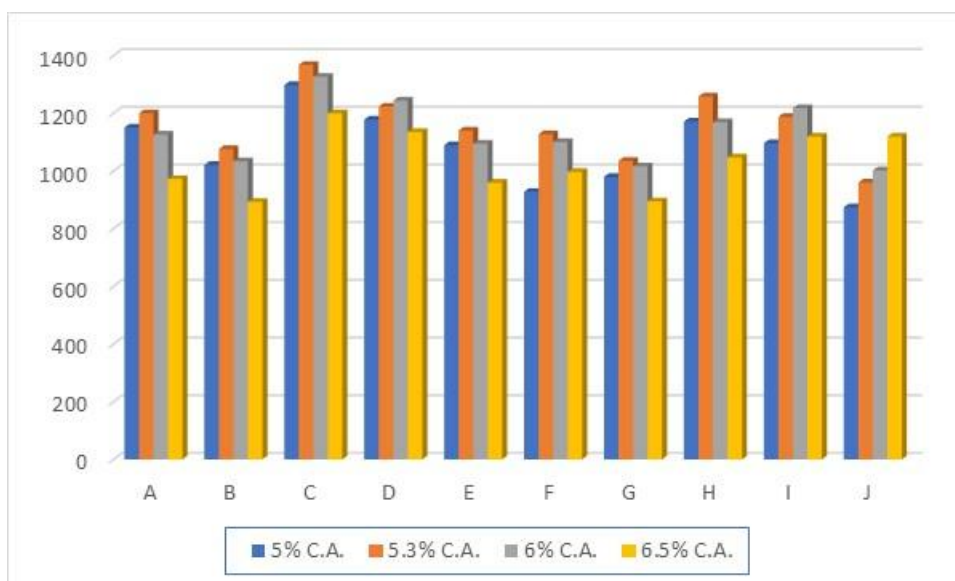
Variación de la estabilidad de la mezcla asfáltica Método Marshall

Tabla 15. *Resultados de estabilidad*

Mezcla	5% C.A.	5.3% C.A.	6% C.A.	6.5% C.A.
A	1150	1200	1126	972
B	1020.8	1075.8	1033.8	892.8
C	1297.5	1367.5	1326.5	1199.5
D	1177.9	1222.9	1243.9	1134.9
E	1088.9	1139.9	1094.9	958.9
F	927.5	1127.5	1100.5	996.5
G	979.6	1035	1015.8	894.8
H	1170.9	1257.9	1168.9	1046.9
I	1095.9	1186.9	1217.9	1118.9
J	873.7	959.7	1001.7	1118.9

Fuente: Alzate A.

Figura 21. Resultados de estabilidad



Fuente: Tabla 15

Los resultados logrados en laboratorio permiten observar que las mezclas con nomenclatura C y H tiene una reacción positiva en las propiedades de estabilidad, 16 [%] y 7 [%] superando a la mezcla patrón, respectivamente.

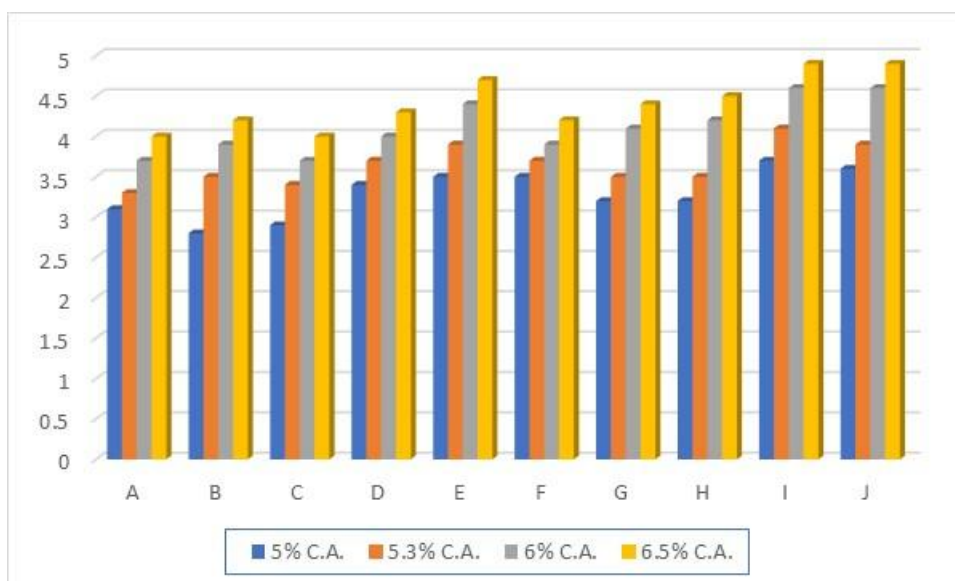
Variación del Flujo de la mezcla asfáltica Método Marshall

Tabla 16. Resultados del Flujo

Mezcla	5% C.A.	5.3% C.A.	6% C.A.	6.5% C.A.
A	3.1	3.3	3.7	4
B	2.8	3.5	3.9	4.2
C	2.9	3.4	3.7	4
D	3.4	3.7	4	4.3
E	3.5	3.9	4.4	4.7
F	3.5	3.7	3.9	4.2
G	3.2	3.5	4.1	4.4
H	3.2	3.5	4.2	4.5
I	3.7	4.1	4.6	4.9
J	3.6	3.9	4.6	4.9

Fuente: Alzate A.

Figura 22. Resultados del Flujo



Fuente: Tabla 16

Observando los resultados, y basándonos en la norma INVIAS, el límite del flujo para las briquetas ensayadas resultó ser 3.5 mm. Se visualiza que en la Figura 15 las mezclas B, C y H son las que cumplen con el parámetro del INVIAS.

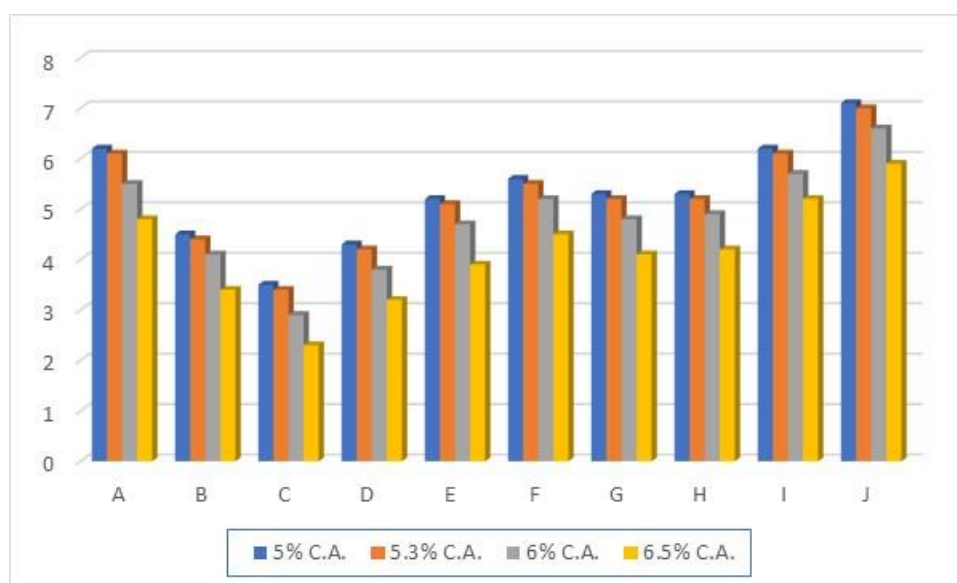
Variación del % de Vacíos de la mezcla asfáltica Método Marshall

Tabla 17. Resultados de porcentaje de vacíos

Mezcla	5% C.A.	5.3% C.A.	6% C.A.	6.5% C.A.
A	6.2	6.1	5.5	4.8
B	4.5	4.4	4.1	3.4
C	3.5	3.4	2.9	2.3
D	4.3	4.2	3.8	3.2
E	5.2	5.1	4.7	3.9
F	5.6	5.5	5.2	4.5
G	5.3	5.2	4.8	4.1
H	5.3	5.2	4.9	4.2
I	6.2	6.1	5.7	5.2
J	7.1	7.0	6.6	5.9

Fuente: Alzate A.

Figura 23. Resultados de porcentaje de vacíos



Fuente: Tabla 17

Observando los resultados, la mezcla con nomenclatura C logró los porcentajes de vacíos más bajos como consecuencia a la proporción óptima de afrecho de uva triturado en su gradación más pequeña, llenando algunos de los espacios con aire dentro de la matriz.

Objetivo 2

Determinar el cumplimiento de los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504 con la aplicación de afrecho de uva, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

Gradación de los agregados para mezclas asfálticas en caliente

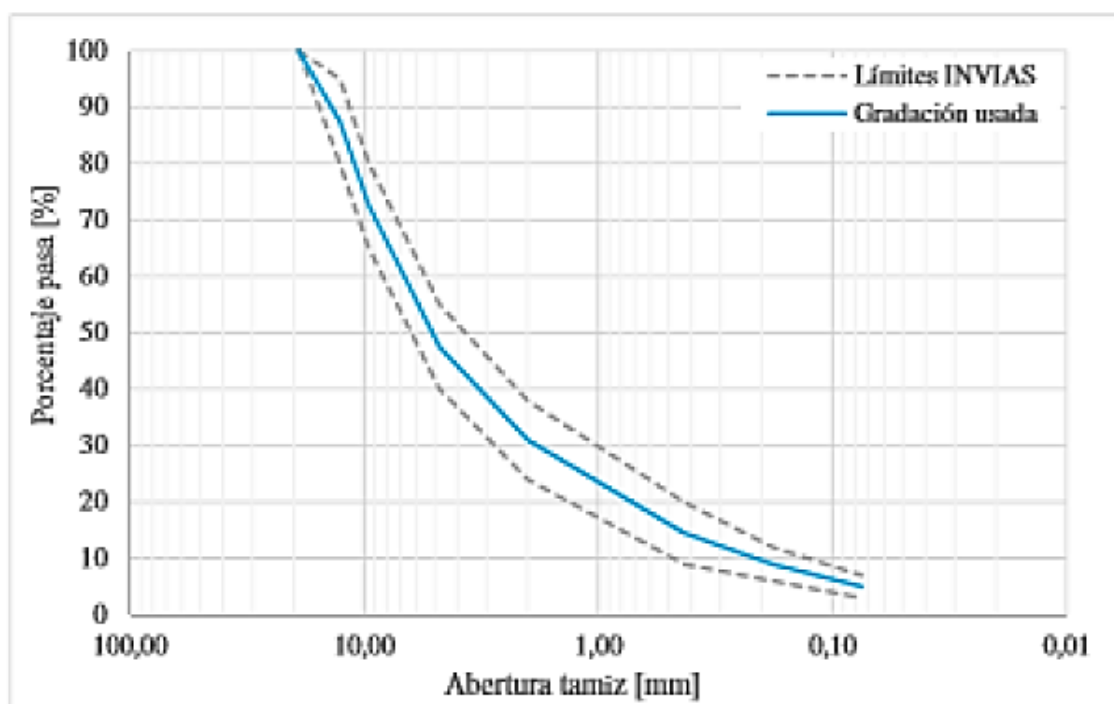
Tabla 18. Granulometría mezcla MSC-19

Tamiz	Abert (mm)	% Pasa Max	% Pasa Min	% Pasa Medio	% Ret Medio	Peso de brigueta (g)
3/4"	19	100	100	100	0	0
1/2"	12.7	95	80	87.5	12.5	150
3/8"	9.53	80	65	72.5	15	180
N° 4	4.76	55	40	47.5	25	300
N° 10	2	38	24	31	16.5	198
N° 40	0.43	20	9	14.5	16.5	198
N° 80	0.18	12	6	9	5.5	66
N° 200	0.075	7	3	5	4	48
Fondo		0	0	0	5	60

Fuente: INVIAS (2013)

La gradación de los respectivos agregados para mezclas asfálticas sigue la granulometría de mezcla MSC-19 el que se encuentra detallada en la norma del INVIAS en lo que respecta al diseño de mezclas asfálticas por el método Marshall.

Figura 24. Curva granulométrica de la mezcla patrón MSC-19.



Fuente: Alzate A.

Los resultados logrados permiten determinar que la gradación usada cumple con los límites determinados por el INVIAS, elaborándose el correcto diseño de mezclas asfálticas.

Mezcla de agregados

Gradación convencional MSC-19

Contenido de cemento asfáltico – 5,3 [%] Densidad Bulk – 2.320 [kg/m³]

Tabla 19. Especificación de Gradación tipo MSC-19

AGREGADOS	CANTIDAD EN PORCENTAJE
Grava	42.615%
Arena	52.085%
Especificaciones de Gradación	MSC-19

Fuente: Berrío A.

Para MSC-19 La especificación de Gradación, posee un porcentaje casi igual al tipo MAC-2, llegándose a determinar un porcentaje para Grava del 42.615% y Arena del 52.085%.

Mezcla asfáltica en caliente

Tabla 20. *Mezcla asfáltica MSC-19*

Especificación de Gradación	MSC-19
Tipo de asfalto	PEN 60/70
Porcentaje óptimo de C:A	5.3%

Fuente: Berrío A.

En lo que respecta al diseño de la mezcla asfáltica en caliente, la correspondiente especificación de gradación el MSC-19 con un tipo de asfalto PEN 60/70; siendo el porcentaje Óptimo obtenido es en función a un análisis de los resultados logrados en los ensayos del laboratorio.

Parámetros de las propiedades de las mezclas asfálticas Método Marshall.

Tabla 21. *Parámetros MSC-19*

ESPECIFICACIONES DEL INVIAS PARA MEZCLA ASFALTICA	
Gradación	MSC-2
Estabilidad	Mínimo 900 Kg
Flujo	Entre 2 – 3.5 mm
Vacíos en la mezcla total	Entre 4 – 6%
Vacíos en los agregados	Mínimo 15%
Relación llenante/ligante efectivo	0.8 – 1.2
Relación estabilidad/flujo	300 – 600 Kg/mm
Tracción Indirecta	Mínimo 80%

Fuente: INVIAS (2013)

Los parámetros especificados por el INVIAS en lo que respecta a la elaboración de un diseño aplicando el método Marshall por los parámetros MSC-19, llega a determinar los rangos de los valores que se debe lograr para que la mezcla asfáltica obtenga las propiedades correctas de diseño.

Objetivo 3

Determinar la dosificación óptima de afrecho de uva que puede aplicarse en la mezcla asfáltica, cumpliendo con los parámetros de diseño del MTC.

Tabla 22. *Cumplimiento de Parámetros*

Características	Unidad	Norma	Especificación Tránsito - NT3	Valor experimental Asf = 5.3%	Verificación
Compactación	Golpes/cara	INV-E-748-13	75	75	Cumple
Estabilidad	kn	INV-E-748-13	>9.0	11.61	Cumple
Flujo	mm	INV-E-748-13	2.0 - 3.5	3.33	Cumple
Relación Estab/Flujo	kN/mm	INV-E-748-13	3.0 - 6.0	3.49	Cumple
Vacíos con aire (Va)	%	INV-E-748-13	4.0 - 7.0	6.26	Cumple
Vacíos agregado mineral (VAM)	%	INV-E-748-13	>15.0	19.5	Cumple
Vacíos llenos asfalto (VFA)	%	INV-E-748-13	65.0 - 75.0	68.02	Cumple
Relación llenante/Pbe	-	INV-E-748-13	0.8 - 1.2	1	Cumple

Fuente: Adaptado de INVIAS 2013

Los resultados logrados en laboratorio, procediendo a la elaboración y realizando el respectivo análisis y procediendo a revisar los parámetros de diseño Marshall de la norma INV-E-748-13, se puede afirmar que cumple con los parámetros de diseño que brinda la norma, con un porcentaje de cemento asfáltico de 5.3%.

Figura 25. Comparación de resultados de estabilidad

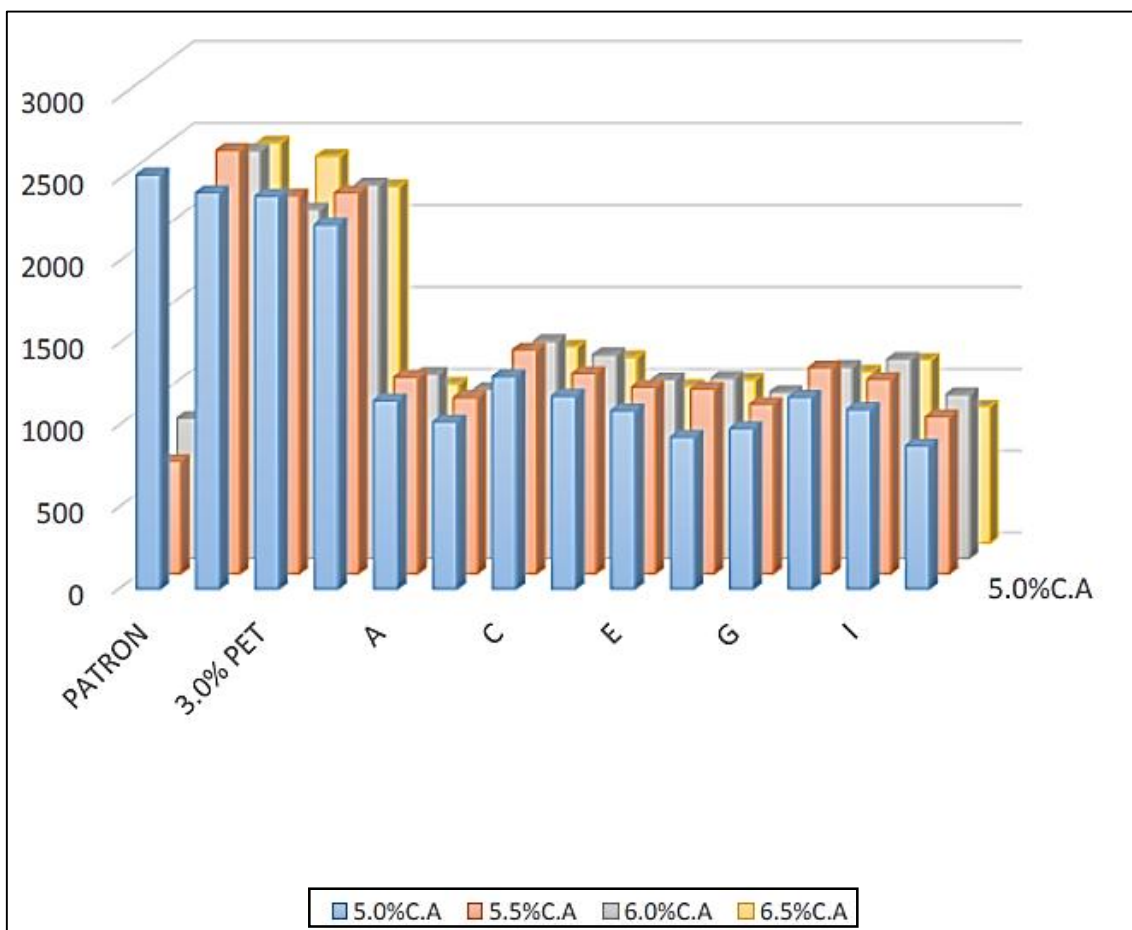
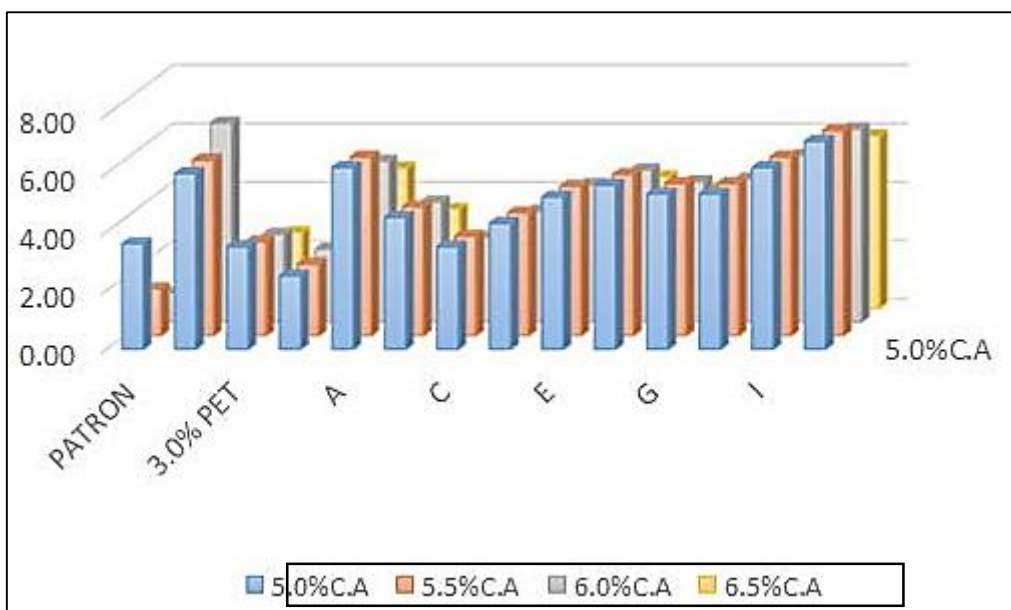


Figura 26. Comparación de resultados de % de Vacíos



V.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En lo que respecta a la variación de las propiedades de la mezcla asfáltica empleando afrecho de uva, basándose en el diseño de mezclas convencionales, concuerda con el estudio realizado por Silvestre (2017) que planteó como objetivo general el determinar un mejor comportamiento de la carpeta asfáltica con ceniza de caña de azúcar y su comparación con la carpeta asfáltica patrón. Luego de analizar los ensayos en laboratorio, llevó a cabo un conjunto de mezcla patrón para así lograr sostener un control y los respectivos ensayos experimentales, a través de modificar la mezcla con ceniza de caña de azúcar. Así los resultados demostraron que la disminución fue mínima respecto al flujo si se le comparaba con la mezcla patrón. Concluyendo que contribuye con la mezcla asfáltica aplicando propiedades elásticas, además de elevar la rigidez. Complementándose con la obtención de la mezcla con dos características fundamentales respecto a la resistencia. Resultados hallados que concuerdan con los hallados por Chero y Alzate, donde se la estabilidad lograda fue mayor en un 29.75, 16 y 7% respectivamente, haciendo mención que la disminución del flujo fue de 0.03 mm, afirmando que la ceniza de caña de azúcar influye de modo positivo respecto a las mezclas asfálticas ocasionando la presencia de una variación relacionada con la mezcla asfáltica convencional, la cual fue mantenida como la muestra patrón.

Respecto a la dosificación óptima de afrecho de uva, a adicionarse respectivamente en la mezcla asfáltica, de acuerdo a Silva (2018) en su estudio, utilizó ceniza de caña de azúcar como opción para lograr pavimentos flexibles, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible (combatiendo la contaminación ambiental), así la dosificación empleada fue del 1% sustituyendo a un porcentaje de agregados. Luego procedió a la elaboración de diversas mezclas asfálticas utilizando la ceniza de caña de azúcar, variando los porcentajes de cemento asfáltico PEN 60/70, luego lo comparó con las propiedades de la mezcla (flujo, estabilidad y porcentaje de vacíos), para finalmente concluir que adicionando ceniza de caña de azúcar, éste influye de modo positivo respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica, logrando así que aumente la estabilidad y se mejore paulatinamente el flujo. Concordando

con los resultados hallados cuando se llevar a cabo la revisión documentaria de los estudios de Chero y Alzate (tesis), donde los resultados hallados fueron de 3% y 1% respectivamente, afirmándose que la dosificación máxima que se puede aplicar en esta mezcla está entre el 1 al 3%, haciendo mención que puede variar el resultado en función al porcentaje de cemento asfáltico.

Respecto al cumplimiento de los diversos parámetros respecto al diseño de mezclas asfálticas Marshall MTC E 504, aplicando afrecho de uva, basándose en el diseño de mezclas convencionales. Según Rojas (2019) el método para el diseño de la mezcla asfáltica es el Marshall, partiendo de los parámetros que son necesarios para lograr que el diseño sea el correspondiente. Así obtuvo las dosificaciones de 1,2 y 3%, reemplazando una parte mínima de los agregados, evaluando así las briquetas. Sus resultados hallados respecto a la estabilidad y el flujo, cumplieron con los parámetros determinados por el método Marshall, los cuales están indicados en la normatividad del MTC, respecto a la dosificación del 3% reemplazando al agregado. Concluyendo que es bueno para que la durabilidad sea mejor y ayuda a disminuir las deformaciones que se producen en los vehículos.

Así, luego de realizar la respectiva comparación de los resultados hallados, se puede afirmar que al dosificar el 3% respecto al afrecho de uva, éste cumple relativamente con los parámetros de diseño de mezclas asfálticas de acuerdo a lo señalado por la revisión documentaria de las tesis de Chero y Alzate, que hallaron resultados de 3% y 1% respectivamente, influye de modo importante el cemento asfáltico agregado en un porcentaje importante en la mezcla, siendo del 5.52% y el 5.3%.

En lo concerniente a la dosificación óptima de afrecho de uva que se puede aplicarse en la mezcla asfáltica, de acuerdo a Silva (2018) recurrir a la ceniza de caña de azúcar es otra opción importante para poder fabricar pavimentos flexibles. Siendo utilizado en el 1% en reemplazo de un porcentaje de la cantidad de agregados. También concuerda con lo hallado por el profesor Guillermo Thenoux, y su equipo investigador (Universidad Católica de Chile), quienes disminuyeron en un 14% la fatiga y el agrietamiento de los pavimentos de asfalto,

gracias a la acción antioxidante del afrecho de uvas provenientes de las cepas Cabernet Sauvignon (Pontificia Universidad de Chile (UC), 2015). Conociéndose que en el mundo, un 95% de los pavimentos están contruidos de asfalto debido a su flexibilidad respecto al hormigón. Con el paso del tiempo, aumenta su rigidez cuando existe mayor oxidación, se vuelve frágil y predispuesto a sufrir agrietamientos. Las técnicas principales para reducir el envejecimiento del asfalto, son el uso de químicos que disminuyan su tasa de oxidación y prolonguen su vida útil. De ahí la idea de incorporar el afrecho de uva pulverizado, porque es un producto con una alta capacidad antioxidante. Así sus resultados hallados demostraron que las muestras de pavimentos con un 10% de adición de antioxidante de afrecho de uva, redujeron el factor de fatiga en un 14%. Además, mejoraron su comportamiento frente al agrietamiento que experimentan a baja temperatura.

Por lo que se concluye los resultados hallados sugieren que el afrecho de uva podría constituir una alternativa factible para la reducción del daño oxidativo en ligantes asfálticos, contribuyendo así a mejorar la durabilidad de los pavimentos.

CONCLUSIONES

a. Conclusión general

Aplicar afrecho de uva ocasiona la presencia de una influencia positiva respecto a la mezcla asfáltica; contribuyendo por lo tanto a la disminución de la contaminación ocasionada por los residuos sólidos, por lo que es posible que sea aplicado en pavimentos de tránsito pesado y mediano.

b. Conclusiones específicas

Conclusión específica 1

Aplicar afrecho de uva para reemplazar el agregado ocasiona la presencia de mejores propiedades del diseño de la mezcla asfáltica siempre tomando en cuenta la norma MTC Ensayo Marshall E 504 la misma recibe la dosificación óptima.

Conclusión específica 2

Respecto a los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504 lo constituyen rangos donde a través de ellos se demuestra la factibilidad de las respectivas propiedades de la mezcla asfáltica, por lo tanto, aplicar el afrecho de uva en dosificación entre 1 a 3% muestran la tendencia a establecer lo que los parámetros establecidos indican, pero con la presencia de variaciones de acuerdo a la cantidad de afrecho.

Conclusión específica 3

Por otro lado, la dosificación óptima de afrecho de uva para sustituir al agregado se encuentra en la proporción de 1 a 3%, resultado que cumple con lo señalado en el manual MTC Ensayo Marshall E 504, haciendo la salvedad que influye el tipo y porcentaje del cemento asfáltico aplicado, así como la cantidad de afrecho utilizado.

RECOMENDACIONES

Las tecnologías de avanzada están actualizándose día a día, siendo su objetivo que la sociedad tenga un desarrollo sostenible, así la aplicación de afrecho de uva para la mezcla asfáltica para el pavimento flexible, viene a ser una contribución importante.

Se recomienda que se deben realizar estudios donde se investiguen otros componentes orgánicos o inorgánicos, que de alguna u otra manera puedan ser utilizados como agregados a la mezcla asfáltica, para así hallar sus propiedades, para luego compararlas con el diseño de mezclas convencional. A través de ensayos experimentales en campo, es decir en pavimentos de estado lamentable, ya sea estén en mantenimiento o de rehabilitación.

Es recomendable continuar con el aumento respecto a la dosificación que puede ser hasta 5% de afrecho de uva, y así determinar si éste cumple con los parámetros de diseño ensayo Marshall del MTC E 504.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 522. (2010). *ACI 522R-10. Report on Pervious Concrete*. Farmington Hills, MI, USA.
- Baig, S. & Nazarian, S. . (2015). *Determination of Resilient Modulus of Subgrades Using Bender Elements” Transportation Research Record No. 1504*.
- Bermudez, C., y Ramos, Y. (2019). *Diseño estructural del pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad en la prolongación Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo, Trujillo, La Libertad*. [Tesis de pregrado]: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/5380/1/T_CIV_CARLOS.BERMUDEZ_YUVICKZA.RAMOS_DISE%c3%91O.ESTRUCTURAL_DATOS.pdf.
- Booz, H., Barriga, D. y Wilbur, S. (2011). *Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos*. Lima, Perú: Libertad.
- Canabi, A. (2012). *Control del envejecimiento del asfalto a travez de la adición del polvo deshidratado de orujo, bioproducto de la industria enologica*. Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile.
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamerica. (2014). *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. España.
- Coronado, J. (2012). *Manual centro americano de mantenimiento de carreteras – Tomo III*. Guatemala: Idelpa.
- Corros, M., Urbáez, E. y Corredor, G. (2009). *Manual de evaluación de pavimentos*. Venezuela: Alfil.
- Cuba, W. (2017). *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Método del PCI en un tramo de la Av. República de Polonia – Distrito de San Juan de Lurigancho*. [Tesis de pregrado]: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18764/Cuba_AWI.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Guevara, C. y Urcia, E. (2019). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Av. César Vallejo – Trujillo, entre las cuadras 04*

- al 15, mediante el método del índice de condición del pavimento. [Tesis de pregrado]: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/5913>.
- Gutiérrez, F. (2016). *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Bogotá: Lerida.
- Hernández, R. et al. (2016). *Metodología de la Investigación*. (6a. ed.). México: Mc Graw Hill.
- Kamel, N. & Miller, L. . (2014). *Comparative Performance of Pavement Mixes Containing Conventional and Engineered Asphalts*". *Transportation Research Record No. 1454*.
- Kerkhoven, R., & Dormon, M. (2010). *Some Considerations on the California Bearing Ratio Method for the Design of Flexible Pavement*. *Shell Bitumen Monograph No. 1*. USA.
- Kim, Y. et al. . (2011). *Effect of Temperature and Mixture Variables on Fatigue Life Predicted by Diametral Fatigue Testing*". *Transportation Research Record No. 1317*.
- Menéndez, J. (2008). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas – Manual técnico*. Lima, Perú: Aries.
- Montejo, A. (2012). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia : Agora editores.
- Montejo, A. (2014). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Agora editores.
- Olivera, F. (2012). *Estructuración de vías terrestres*. México: Llean.
- Pontificia Universidad de Chile (UC). (2015). *Usan orujos de uvas para mejorar pavimentos*. <https://www.ing.uc.cl/boletines/usan-orujos-de-uvas-para-mejorar-pavimentos/>.
- Rico, A. (2015). *La ingeniería de suelos en vías terrestres; carreteras, ferrocarriles, y aeropistas* . México: Editorial Limusa S.A.
- Rojas, N. (2019). *Diseño de pavimento modificado con la adición de plástico reciclado para ciclovías*. [Tesis de pregrado]:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32429/3/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n.pdf>.

Salamanca, M. y Zuluaga, S. (2015). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento Del César*. [Tesis de pregrado]: <http://docplayer.es/61426410-Diseno-de-la-estructura-de-pavimento-flexible-barranca-lebrija-1.html>.

Silva, J. (2018). *Influencia de la adición de residuos plásticos en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Chiclayo 2018*. [Tesis de pregrado]: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14265/Silva%20Mantilla%20Jhon%20Albert-Parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Silvestre, D. (2017). *Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017*. [Tesis de pregrado]: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1506/Silvestre_VDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

UNI. (2015). *Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles*. Lima: Aries.

Vásquez, L. (2012). *Ingeniería de pavimentos PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales, Colombia: Alfil.

Veramendi, J. (2018). *Proyecto de pavimento flexible de la vía Paltay – Lucma, del distrito de Taricá, Huaraz – Ancash – 2018*. [Tesis de pregrado]: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26765>.

Wang, J. e. (2010). *Mechanistic Analysis of Asphalt Pavement, using Superpave Shear Tester and Hamburg Wheel-Tracking Device*". *Transportation Research Record No.1767*.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de recolección de datos

Matriz de Categorización de Tesis 1

N	AUTOR	TESIS	AÑO	VARIABLES	DIMENSIONES	MUESTRA	RESULTADOS	CONCLUSIONES																								
1	Chero Millena	"Análisis de la incorporación de afrecho de arroz en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico"	2017	Afrecho de arroz	Dosificación 1%	12 briquetas con 1% 12 briquetas con 3% 12 briquetas con 5% 12 briquetas patrón todas con variación en el % de cemento asfáltico (5, 5.5 y 6.5%)	La dosificación del afrecho es del 3% como óptimo para el cemento asfáltico de 5.5% de agregado grueso y 52% de agregado fino	El diseño de mezcla asfáltica con afrecho de arroz es óptimo en 3%, con 5.5% de cemento asfáltico, 45% de agregado grueso, 52% de agregado fino																								
					Dosificación 3%																											
					Dosificación 5%																											
				Propiedades de flexibilidad	Estabilidad	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Estabilidad</th> <th>5.0%C.A</th> <th>5.5%C.A</th> <th>6.0%C.A</th> <th>6.5%C.A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Patrón</td> <td>2530</td> <td>687</td> <td>858</td> <td>933</td> </tr> <tr> <td>1.0% A.A</td> <td>2422</td> <td>2586</td> <td>2491</td> <td>2445</td> </tr> <tr> <td>3.0% A.A</td> <td>2399</td> <td>2309</td> <td>2132</td> <td>2364</td> </tr> <tr> <td>5.0% A.A</td> <td>2225</td> <td>2327</td> <td>2283</td> <td>2179</td> </tr> </tbody> </table>	Estabilidad	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A	Patrón	2530	687	858	933	1.0% A.A	2422	2586	2491	2445	3.0% A.A	2399	2309	2132	2364	5.0% A.A	2225	2327	2283	2179	Se determinó que al sustituir afrecho de arroz mejora la estabilidad en un 29.7%, manteniéndose dentro de los rangos que exige el Manual de Ensayo de Materiales
Estabilidad	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A		6.5%C.A																											
Patrón	2530	687	858		933																											
1.0% A.A	2422	2586	2491	2445																												
3.0% A.A	2399	2309	2132	2364																												
5.0% A.A	2225	2327	2283	2179																												
				Flujo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Flujo</th> <th>5.0%C.A</th> <th>5.5%C.A</th> <th>6.0%C.A</th> <th>6.5%C.A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Patrón</td> <td>5.43</td> <td>6</td> <td>5.07</td> <td>5.83</td> </tr> <tr> <td>1.0% AA</td> <td>4.03</td> <td>4.7</td> <td>4.6</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>3.0% AA</td> <td>5.57</td> <td>5.7</td> <td>5.77</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td>5.0% AA</td> <td>4.57</td> <td>4.8</td> <td>4.73</td> <td>4.9</td> </tr> </tbody> </table>	Flujo	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A	Patrón	5.43	6	5.07	5.83	1.0% AA	4.03	4.7	4.6	4.2	3.0% AA	5.57	5.7	5.77	6.2	5.0% AA	4.57	4.8	4.73	4.9	Se determinó que al sustituir afrecho de arroz disminuye las propiedades de flexibilidad del pavimento, pero manteniéndose dentro de los rangos que exige el Manual de Ensayo de Materiales	
Flujo	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A																												
Patrón	5.43	6	5.07	5.83																												
1.0% AA	4.03	4.7	4.6	4.2																												
3.0% AA	5.57	5.7	5.77	6.2																												
5.0% AA	4.57	4.8	4.73	4.9																												
				% de vacíos		Finalmente se concluye que al utilizar el afrecho de arroz dentro del pavimento flexible ecológico mejora las propiedades de flexibilidad a la deformación y estamos contribuyendo con el medio ambiente al realizar estos tipos.																										

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

Matriz de Categorización de Tesis 2

N	AUTOR	TESIS	AÑO	VARIABLES	DIMENSIONES	MUESTRA	RESULTADOS	CONCLUSIONES
2	Alzate Andy	"Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de ceniza de caña de azúcar como agregado constitutivo"	2017	Ceniza de caña de azúcar	0.5% -(0.5-2.0) mm	Mezcla B	La mezcla C con 1% de AA de 0.5 a 2.0(mm) y la mezcla H con 0.5% de AA triturado de 5.0 (mm) tuvieron mejor análisis de estabilidad y flujo con valores 1367.5 (kg) y 1257.9 (kg)	Para tamaños pequeños (0.5 a 2.0 mm) se presentó un porcentaje de adición óptimo cuya estabilidad decrece en la medida que aumenta o disminuye la dosificación
					0.5% -(2.0) mm	Mezcla C		
					0.5% -(5.0) mm	Mezcla D		
					1% -(2.0) mm	Mezcla E	Las mezclas C y H muestran un comportamiento favorable, 16% y 7% respectivamente por encima de la mezcla patrón	
					1% -(5.0) mm	Mezcla F		
					1% -(0.5-2.0) mm	Mezcla G		
					2% -(5.0) mm	Mezcla H		
					2% -(2.0) mm	Mezcla I	El porcentaje óptimo es de 1% de AA, con 5.3% de cemento asfáltico	
				2% -(0.5-2.0) mm	Mezcla J Mezcla A			
				Propiedades de flexibilidad	Estabilidad	Nomenclatura por cada tipo de dosificación y tamaño influyendo la muestra patrón		
Flujo		Del diseño de una estructura típica variando al diseño de mezcla asfáltica C, se obtuvo que duplica a los EE						
		% de Vacíos						Se puede llegar a incorporar 3000 kg de AA por cada km de vía construida, lo que evidentemente puede considerarse una solución a la problemática global de disposición de materiales orgánicos.

Anexo 3: Instrumento de recolección de datos

Evaluación de mezcla asfáltica – Método Marshall			
Gravedad específica del cemento asfáltico (Gb)=			
Gravedad específica Bulk del agregado (Gsb)=			
Gravedad específica Aparente del agregado (Gsap)=			
Mezcla N°	Plástico		%
Muestra	1	2	3
Diámetro (m)			
Esfuerzo (golpes/c lado)			
Espesor (cm)			
Masa seca en el aire (g)			
Masa superficialmente seca (g)			
Volumen (cc)			
Gravedad específica de masa, Bulk (kg/m ³)			
Gravedad específica efectiva			
Gravedad específica			
Vacíos de aire (%)			
Vacíos de aire (%) Promedio			
V.M.A.			
V.M.A promedio			
Contenido de asfalto absorbido=			
Contenido de asfalto efectivo=			
Gravedad específica máxima teórica=			
Flujo (0.001 pulg)			
Flujo (%)			
Estabilidad (Lb)			
Factor de correlación			
Estabilidad (Lb) corregido			
PORCENTAJE DE ASFALTO			
Masa con asfalto			
Masa sin asfalto			
Afrecho de uva			
Porcentaje de asfalto de la mezcla (%)			
Porcentaje de asfalto por agregado (%)			
Porcentaje de afrecho de uva en la mezcla (%)			

Fuente: Elaborado por Marcillo Piña Valeria


El instrumento para recopilar la información de los resultados de los ensayos elaborados por el autor Chero M. y Alzate A.

Anexo 4:

CERTIFICADOS

Tesis 1: “Análisis de la incorporación de afrecho de arroz en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico”

Autor: Chero Milena




**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
 TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 28/12/2018

ENSAYO METODO MARSHALL, ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ITEM	DESCRIPCION	CALCULO			PROMEDIO
		1	2	3	
1	SP de Mezcla				
2	Carácter: Indicado en peso de Inductor	%	4.8	9.9	4.8
3	Carácter: Indicado en peso de Mezcla (Peso SP)	%	802.00	807.00	804.50
4	Carácter: Indicado en Peso de la Mezcla (Peso SP)	%	867.00	867.00	867.00
5	Elber: Peso en Peso de la Mezcla (Peso SP) Agrega a Mesa (P. 200)	%	55.50	55.50	55.50
6	Peso Especifico Agregado de la Mezcla	g/cm ³	1.02	1.02	1.02
7	Peso Especifico Base de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.71	2.71	2.71
8	Peso Especifico Agregado de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.82	2.82	2.82
9	Peso Especifico Base de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.88	2.88	2.88
10	Peso Especifico Agregado de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.78	2.78	2.78
11	Peso Especifico Agregado de Base	g/cm ³			
12	Carácter: Frecuencia de la Mezcla	mm	8.00	8.00	8.00
13	Peso de la Mezcla (Peso de la Mezcla)	g	109.0	109.0	109.0
14	Peso de la Mezcla (Peso de la Mezcla)	g	107.0	106.0	106.5



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
 TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 28/12/2018

ENSAYO METODO MARSHALL, ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ITEM	DESCRIPCION	CALCULO			PROMEDIO
		1	2	3	
1	SP de Mezcla				
2	Carácter: Indicado en peso de Inductor	%	9.9	9.9	9.9
3	Carácter: Indicado en peso de la Mezcla (Peso SP)	%	807.00	807.00	807.00
4	Carácter: Indicado en Peso de la Mezcla (Peso SP)	%	864.00	864.00	864.00
5	Elber: Peso en Peso de la Mezcla (Peso SP) Agrega a Mesa (P. 200)	%	55.50	55.50	55.50
6	Peso Especifico Agregado de la Mezcla	g/cm ³	1.02	1.02	1.02
7	Peso Especifico Base de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.71	2.71	2.71
8	Peso Especifico Agregado de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.82	2.82	2.82
9	Peso Especifico Base de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.88	2.88	2.88
10	Peso Especifico Agregado de la Mezcla + 1% ASTM C 137, AASHTO T 95, MTC E 288	g/cm ³	2.78	2.78	2.78
11	Peso Especifico Agregado de Base	g/cm ³			
12	Carácter: Frecuencia de la Mezcla	mm	8.00	8.00	8.00
13	Peso de la Mezcla (Peso de la Mezcla)	g	117.4	106.0	116.7



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TEMA : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
 Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/12/2018

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHITO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	SP en gramos				
2	Contenido de áridos en peso de la mezcla	%	8.5	8.8	8.5
3	Áridos totales en peso de la mezcla (masa/SP)	%	604.90	604.90	604.90
4	Áridos compactados en peso de la mezcla (masa/SP)	%	661.00	661.00	661.00
5	Flujo (masa en peso de la mezcla) (masa/SP) (masa/100)	%	56.10	56.10	56.10
6	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	1.033	1.033	1.033
7	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.774	2.774	2.774
8	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.826	2.826	2.826
9	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.867	2.867	2.867
10	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.736	2.736	2.736
11	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c			
12	Áridos Finos de la Grava	cm	6.40	6.50	6.35
13	Peso de la Grava Seca en el PAV (g)	g	1164.6	1169.9	1167.0



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TEMA : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
 Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 29/12/2018

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHITO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	SP en gramos				
2	Contenido de áridos en peso de la mezcla	%	8.5	8.8	8.5
3	Áridos totales en peso de la mezcla (masa/SP)	%	604.90	604.90	604.90
4	Áridos compactados en peso de la mezcla (masa/SP)	%	661.00	661.00	661.00
5	Flujo (masa en peso de la mezcla) (masa/SP) (masa/100)	%	56.10	56.10	56.10
6	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	1.033	1.033	1.033
7	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.774	2.774	2.774
8	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.826	2.826	2.826
9	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.867	2.867	2.867
10	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c	2.736	2.736	2.736
11	Peso Capa de Base de la Grava + 1/4 (ASTM C 137, AASHO T 85, MTC E-200)	gr/c			
12	Áridos Finos de la Grava	cm	6.40	6.50	6.35
13	Peso de la Grava Seca en el PAV (g)	g	1164.6	1169.9	1167.0



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

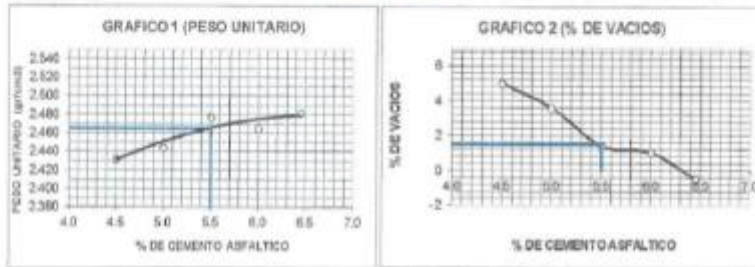
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

INFORME N°-1

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
 TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
 Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 29/12/2016

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

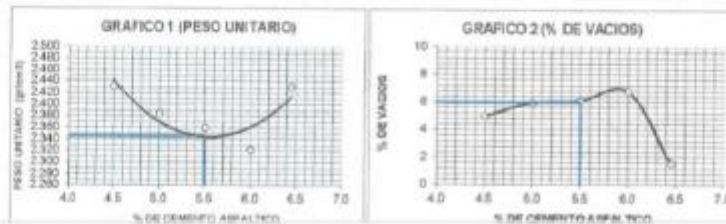
INFORME N°-1

EXPERIMENTAL - 1% PET

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
 TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
 Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION EN UN PAVIMENTO ECOLOGICO
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 29/12/2016

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

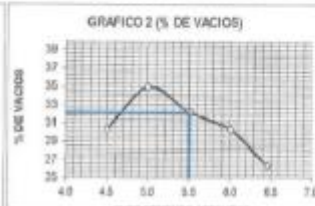
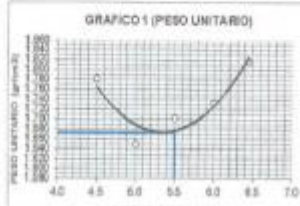
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

INFORME N°-1
EXPERIMENTAL - 3% PET

SOLICITA : ZUBEDA MILIJNA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION EN UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/12/2018

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

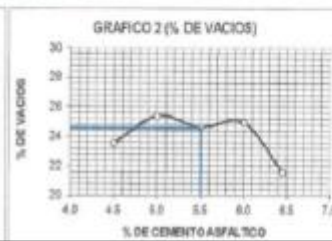
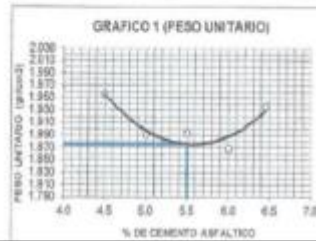
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

INFORME N°-1
EXPERIMENTAL - 5% PET

SOLICITA : ZUBEDA MILIJNA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION EN UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 28/12/2018

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL




Anexo 5:


CERTIFICADOS

Tesis 2: “Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de ceniza de caña de azúcar como agregado constitutivo”
 Autor: Andy Alzate


A.2 Reporte ensayo – Desgaste en máquina de Los Ángeles

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrio Alzate																																																																																																																																																					
		Revisó PnD. Jorge Becer Córdoba																																																																																																																																																					
RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS EN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES - INV-E-218-13																																																																																																																																																							
PROYECTO Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de terrafalta de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																																																																																																																							
FUENTE: Agregados San Javier DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Triturado FECHA DE ENSAYO: 27/05/2017																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Paso tamiz</th> <th colspan="2">Retenido en tamiz</th> <th colspan="7">Peso y granulometría de la muestra para ensayo (g)</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>(alt)</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75</td> <td>3"</td> <td>65</td> <td>2 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500 +/- 50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>2 1/2"</td> <td>60.0</td> <td>2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2600 +/- 50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>2"</td> <td>37.5</td> <td>1 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 50</td> </tr> <tr> <td>37.5</td> <td>1 1/2"</td> <td>25</td> <td>1"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 25</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>1"</td> <td>19</td> <td>3/4"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 25</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>3/4"</td> <td>12.5</td> <td>1/2"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>1/2"</td> <td>9.5</td> <td>3/8"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.5</td> <td>3/8"</td> <td>6.3</td> <td>1/4"</td> <td></td> <td></td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>1/4"</td> <td>4.75</td> <td>Nº 4</td> <td></td> <td></td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td>Nº 4</td> <td>2.56</td> <td>Nº 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">TOTALES</td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 10</td> <td>10000 +/- 100</td> <td>10000 +/- 75</td> <td>10000 +/- 50</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">NÚMERO DE ESPERAS</td> <td>12</td> <td>11</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">NÚMERO DE REVOLUCIONES</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>1000</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>			Paso tamiz	Retenido en tamiz		Peso y granulometría de la muestra para ensayo (g)							mm	(alt)	A	B	C	D	E	F	G	75	3"	65	2 1/2"					2500 +/- 50		60	2 1/2"	60.0	2"					2600 +/- 50		50	2"	37.5	1 1/2"					5000 +/- 10	5000 +/- 50	37.5	1 1/2"	25	1"	1250 +/- 25					5000 +/- 25	25	1"	19	3/4"	1250 +/- 25					5000 +/- 25	19	3/4"	12.5	1/2"	1250 +/- 25	2500 +/- 10					12.5	1/2"	9.5	3/8"	1250 +/- 25	2500 +/- 10					9.5	3/8"	6.3	1/4"			2500 +/- 10				6.3	1/4"	4.75	Nº 4			2500 +/- 10				4.8	Nº 4	2.56	Nº 8				5000 +/- 10			TOTALES			5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	10000 +/- 100	10000 +/- 75	10000 +/- 50	NÚMERO DE ESPERAS			12	11	8	6	12	12	12	NÚMERO DE REVOLUCIONES			500	500	500	500	1000	1000	1000
Paso tamiz	Retenido en tamiz			Peso y granulometría de la muestra para ensayo (g)																																																																																																																																																			
	mm	(alt)	A	B	C	D	E	F	G																																																																																																																																														
75	3"	65	2 1/2"					2500 +/- 50																																																																																																																																															
60	2 1/2"	60.0	2"					2600 +/- 50																																																																																																																																															
50	2"	37.5	1 1/2"					5000 +/- 10	5000 +/- 50																																																																																																																																														
37.5	1 1/2"	25	1"	1250 +/- 25					5000 +/- 25																																																																																																																																														
25	1"	19	3/4"	1250 +/- 25					5000 +/- 25																																																																																																																																														
19	3/4"	12.5	1/2"	1250 +/- 25	2500 +/- 10																																																																																																																																																		
12.5	1/2"	9.5	3/8"	1250 +/- 25	2500 +/- 10																																																																																																																																																		
9.5	3/8"	6.3	1/4"			2500 +/- 10																																																																																																																																																	
6.3	1/4"	4.75	Nº 4			2500 +/- 10																																																																																																																																																	
4.8	Nº 4	2.56	Nº 8				5000 +/- 10																																																																																																																																																
TOTALES			5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	10000 +/- 100	10000 +/- 75	10000 +/- 50																																																																																																																																														
NÚMERO DE ESPERAS			12	11	8	6	12	12	12																																																																																																																																														
NÚMERO DE REVOLUCIONES			500	500	500	500	1000	1000	1000																																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Gradación usada</th> <th>Peso de la muestra inicial seca P1 (g)</th> <th>Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)</th> <th>DESGASTE SECO %</th> <th>Especificación Máximo 8.0%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gradación A 100 REVOLUCIONES</td> <td>5002.3</td> <td>4692.2</td> <td>0.1</td> <td>CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>			Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 8.0%	Gradación A 100 REVOLUCIONES	5002.3	4692.2	0.1	CUMPLE																																																																																																																																											
Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 8.0%																																																																																																																																																			
Gradación A 100 REVOLUCIONES	5002.3	4692.2	0.1	CUMPLE																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Gradación usada</th> <th>Peso de la muestra inicial seca P1 (g)</th> <th>Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)</th> <th>DESGASTE SECO %</th> <th>Especificación Máximo 4.0 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gradación A 500 REVOLUCIONES</td> <td>5002.3</td> <td>3679.1</td> <td>0.3</td> <td>CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>			Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 4.0 %	Gradación A 500 REVOLUCIONES	5002.3	3679.1	0.3	CUMPLE																																																																																																																																											
Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 4.0 %																																																																																																																																																			
Gradación A 500 REVOLUCIONES	5002.3	3679.1	0.3	CUMPLE																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES: Especificación para concreto hidráulico, desgaste 500 revoluciones máximo 4.0%; pavimento máximo 25%.																																																																																																																																																							


A.3 Reporte ensayo – Sanidad de los agregados

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrío Abate								
		Revisó Ph.D. Jorge Eliecer Córdoba								
SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO - INV.E-228-11										
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-10 con incorporación de terrefluido de polietileno reciclado como agregado constitutivo									
FUENTE:	Agregados San Javier									
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Titulado 3/4" - INV - AG - 25 arena triturada									
FECHA DE ENSAYO:	13/05/2017									
N° DE OCLOS	5									
TIPO DE SULFATO	Sulfato de sodio									
FRACCIÓN GRUESA										
Análisis cuantitativo										
FRACCIÓN ANÁLISIS										
Pasa tamiz	Retenido tamiz		Peso requerido	% Gradación original	% Gradación original ponderado	Peso fracción antes de ensayo (g)	Peso fracción después de ensayo (g)	Pérdida real por fracción %	Pérdida corregida por fracción %	
mm	(#)	mm	(#)	g						
63,0	2 1/2"	50,0	2"	3000 +/- 300	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
50,0	2"	37,5	1 1/2"	2000 +/- 200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
37,5	1 1/2"	25,0	1"	1000 +/- 50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25,0	1"	19,0	3/4"	500 +/- 30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19,0	3/4"	12,5	1/2"	670 +/- 10	25,5	26,1	670,5	659,4	1,66	0,43
12,5	1/2"	9,5	3/8"	330 +/- 5	37,3	38,1	332,1	322,2	2,99	1,14
9,5	3/8"	4,75	N° 4	300 +/- 5	35,0	35,8	301,2	297,6	4,45	1,59
						97,8	100,0	PÉRDIDA TOTAL	3,2	
Análisis cualitativo										
FRACCIÓN ANÁLISIS		N° inicial de partículas	N° final de partículas	OBSERVACIONES						
Pasa tamiz	Retenido en tamiz									
2 1/2"	1 1/2"									
1 1/2"	3/4"									
FRACCIÓN GRUESA										
Análisis cuantitativo										
FRACCIÓN ANÁLISIS										
Pasa tamiz	Retenido tamiz		Peso requerido	% Gradación original	% Gradación original ponderado	Peso fracción antes de ensayo (g)	Peso fracción después de ensayo (g)	Pérdida real por fracción %	Pérdida corregida por fracción %	
mm	(#)	mm	(#)	g						
6,50	3/8"	4,8	N° 4	100	35,0	26,1	100	97,1	2,9	0,8
4,75	N° 4	2,30	N° 8	100	25,3	18,9	100	89,8	10,2	1,8
2,30	N° 8	1,15	N° 15	100	15,6	11,6	100	87,2	12,8	1,5
1,15	N° 15	0,6	N° 30	100	12,4	9,3	100	84,6	15,4	1,4
0,60	N° 30	0,30	N° 50	100	10,8	8,1	100	88,1	11,9	1,0
0,30	N° 50	0,15	N° 100	100	8,9	6,6				
0,15	N° 100			100	7,0	19,4				
						100,0	100,0	PÉRDIDA TOTAL	0,0	
OBSERVACIONES:			Sulfato de sodio máx. 12%, sulfato de magnesio máx 10%							


A.4 Reporte ensayo – Gravedad específica llenante mineral

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE			Ejecuto Andrés Barrio Alzate																																																	
				Revisó Ph.D. Jorge Eliecer Córdoba																																																	
	DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELOS Y LLENANTE MINERAL - INV E 128-13																																																				
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																				
FUENTE:	Agregados San Javier																																																				
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Llenante Mezcla diseño (pasa N° 200)																																																				
FECHA DE ENSAYO:	20/05/2017																																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBAS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>PROMEDIO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PICNÓMETRO N°</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA °C</td> <td>10,7</td> <td>10,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W2 (g)</td> <td>664,99</td> <td>658,53</td> <td></td> <td></td> <td>Peso de agua y picnómetro</td> </tr> <tr> <td>W1 (g)</td> <td>700,15</td> <td>694,07</td> <td></td> <td></td> <td>Peso picnómetro, agua y suelo</td> </tr> <tr> <td>Ws (g)</td> <td>55,0</td> <td>55,5</td> <td></td> <td></td> <td>Peso suelo seco = peso de sólidos</td> </tr> <tr> <td>$G_s = W_o * K / (W_o + W_2 - W_1)$</td> <td>2,767</td> <td>2,771</td> <td></td> <td>2,769</td> <td>Peso específico nominal</td> </tr> <tr> <td>FACTOR DE CORRECCIÓN K</td> <td>1,00006</td> <td>1,00004</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN	PICNÓMETRO N°	2	3				TEMPERATURA °C	10,7	10,8				W2 (g)	664,99	658,53			Peso de agua y picnómetro	W1 (g)	700,15	694,07			Peso picnómetro, agua y suelo	Ws (g)	55,0	55,5			Peso suelo seco = peso de sólidos	$G_s = W_o * K / (W_o + W_2 - W_1)$	2,767	2,771		2,769	Peso específico nominal	FACTOR DE CORRECCIÓN K	1,00006	1,00004			
PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN																																																
PICNÓMETRO N°	2	3																																																			
TEMPERATURA °C	10,7	10,8																																																			
W2 (g)	664,99	658,53			Peso de agua y picnómetro																																																
W1 (g)	700,15	694,07			Peso picnómetro, agua y suelo																																																
Ws (g)	55,0	55,5			Peso suelo seco = peso de sólidos																																																
$G_s = W_o * K / (W_o + W_2 - W_1)$	2,767	2,771		2,769	Peso específico nominal																																																
FACTOR DE CORRECCIÓN K	1,00006	1,00004																																																			
OBSERVACIONES:	Factor de corrección por temperatura a 20 °C = 1,00																																																				


A.5 Reporte ensayo – Gravedad específica agregado fino

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrio Azzate Revisó PhD. Jorge Eliecer Córdoba																																																																																							
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO- INV E-222-13																																																																																									
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																																																								
FUENTE:	Agregados San Javier																																																																																								
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Arena pava N° 4 ret. N° 200																																																																																								
FECHA DE ENSAYO:	20/05/2017																																																																																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">PRUEBAS</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">3</th> <th style="width: 10%;">PROMEDIO</th> <th style="width: 45%;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PICNÓMETRO N°</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA °C</td> <td>23</td> <td>22,8</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B (g)</td> <td>633,17</td> <td>664,62</td> <td>658,1</td> <td></td> <td>Masa del picnómetro aforado lleno de agua</td> </tr> <tr> <td>C (g)</td> <td>951,92</td> <td>962,92</td> <td>975,75</td> <td></td> <td>Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua</td> </tr> <tr> <td>A (g)</td> <td>496,0</td> <td>496,1</td> <td>496,0</td> <td></td> <td>Masa al aire de la muestra seca</td> </tr> <tr> <td>S (g)</td> <td>500,0</td> <td>500,0</td> <td>500,0</td> <td></td> <td>Masa de la muestra saturada y superficialmente seca</td> </tr> <tr> <td>$V_s = B + A - C$ (cm³)</td> <td>177,3</td> <td>177,8</td> <td>177,4</td> <td></td> <td>Volumen de sólidos</td> </tr> <tr> <td>$W_w = S - A$ (g)</td> <td>4,0</td> <td>3,9</td> <td>4,0</td> <td></td> <td>Agua en los poros de las partículas</td> </tr> <tr> <td>$V_{ss} = (V_s + W_w)$ (cm³)</td> <td>181,3</td> <td>181,7</td> <td>181,4</td> <td></td> <td>Volumen sólidos saturados con humedad equivalente</td> </tr> <tr> <td>$G_{ob} = A / V_{ss}$ (g/cm³)</td> <td>2,737</td> <td>2,730</td> <td>2,735</td> <td>2,734</td> <td>Gravedad específica bulk</td> </tr> <tr> <td>$G_{ob\ sss} = S / V_{ss}$ (g/cm³)</td> <td>2,759</td> <td>2,752</td> <td>2,757</td> <td>2,756</td> <td>Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca</td> </tr> <tr> <td>$G_{sa} = A / V_s$</td> <td>2,737</td> <td>2,730</td> <td>2,735</td> <td>2,734</td> <td>Gravedad específica aparente</td> </tr> <tr> <td>$\% Abs = (W_w / A) * 100$</td> <td>0,798</td> <td>0,782</td> <td>0,800</td> <td>0,794</td> <td>Absorción</td> </tr> </tbody> </table>					PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN	PICNÓMETRO N°	1	2	3			TEMPERATURA °C	23	22,8	23			B (g)	633,17	664,62	658,1		Masa del picnómetro aforado lleno de agua	C (g)	951,92	962,92	975,75		Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	A (g)	496,0	496,1	496,0		Masa al aire de la muestra seca	S (g)	500,0	500,0	500,0		Masa de la muestra saturada y superficialmente seca	$V_s = B + A - C$ (cm ³)	177,3	177,8	177,4		Volumen de sólidos	$W_w = S - A$ (g)	4,0	3,9	4,0		Agua en los poros de las partículas	$V_{ss} = (V_s + W_w)$ (cm ³)	181,3	181,7	181,4		Volumen sólidos saturados con humedad equivalente	$G_{ob} = A / V_{ss}$ (g/cm ³)	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica bulk	$G_{ob\ sss} = S / V_{ss}$ (g/cm ³)	2,759	2,752	2,757	2,756	Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca	$G_{sa} = A / V_s$	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica aparente	$\% Abs = (W_w / A) * 100$	0,798	0,782	0,800	0,794	Absorción
PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN																																																																																				
PICNÓMETRO N°	1	2	3																																																																																						
TEMPERATURA °C	23	22,8	23																																																																																						
B (g)	633,17	664,62	658,1		Masa del picnómetro aforado lleno de agua																																																																																				
C (g)	951,92	962,92	975,75		Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua																																																																																				
A (g)	496,0	496,1	496,0		Masa al aire de la muestra seca																																																																																				
S (g)	500,0	500,0	500,0		Masa de la muestra saturada y superficialmente seca																																																																																				
$V_s = B + A - C$ (cm ³)	177,3	177,8	177,4		Volumen de sólidos																																																																																				
$W_w = S - A$ (g)	4,0	3,9	4,0		Agua en los poros de las partículas																																																																																				
$V_{ss} = (V_s + W_w)$ (cm ³)	181,3	181,7	181,4		Volumen sólidos saturados con humedad equivalente																																																																																				
$G_{ob} = A / V_{ss}$ (g/cm ³)	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica bulk																																																																																				
$G_{ob\ sss} = S / V_{ss}$ (g/cm ³)	2,759	2,752	2,757	2,756	Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca																																																																																				
$G_{sa} = A / V_s$	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica aparente																																																																																				
$\% Abs = (W_w / A) * 100$	0,798	0,782	0,800	0,794	Absorción																																																																																				
OBSERVACIONES	_____ _____ _____																																																																																								


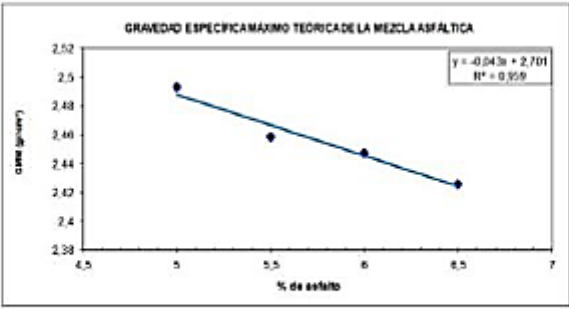
A.6 Reporte ensayo – Gravedad específica agregado grueso

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó																																																																								
		Andrés Berrio Alzate																																																																								
		Revisó																																																																								
		PhD. Jorge Elecer Córdoba																																																																								
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO - INV-E-223-13																																																																										
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																																									
FUENTE:	Agregados San Javier																																																																									
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Texturado 3/4" retenido N° 4																																																																									
FECHA DE ENSAYO:	20/05/2017																																																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBAS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A. Peso en aire de la muestra seca</td> <td>1790,5</td> <td>1787,9</td> <td>1786,4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B. Peso en aire de la muestra saturada, superficie seca</td> <td>1804,5</td> <td>1801,7</td> <td>1800,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C. Peso en agua de la muestra saturada, superficie seca</td> <td>1154,1</td> <td>1151,2</td> <td>1149,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B - C</td> <td>650,4</td> <td>650,5</td> <td>651</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A - C</td> <td>636,4</td> <td>636,7</td> <td>636,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B - A</td> <td>14,0</td> <td>13,8</td> <td>14,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica Bulk (A/B-C) = Gsb</td> <td>2,718</td> <td>2,719</td> <td>2,719</td> <td></td> <td>2,719</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica Bulk SSS (B/B-C) = Gbsss</td> <td>2,738</td> <td>2,740</td> <td>2,741</td> <td></td> <td>2,740</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica aparente (A/A-C) = Gsa</td> <td>2,778</td> <td>2,779</td> <td>2,780</td> <td></td> <td>2,779</td> </tr> <tr> <td>ABSORCION % = (B-A)/A*100</td> <td>0,78</td> <td>0,77</td> <td>0,79</td> <td></td> <td>0,78</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA DE ENSAYO</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>25</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		PRUEBAS	1	2	3	4	PROMEDIO	A. Peso en aire de la muestra seca	1790,5	1787,9	1786,4			B. Peso en aire de la muestra saturada, superficie seca	1804,5	1801,7	1800,6			C. Peso en agua de la muestra saturada, superficie seca	1154,1	1151,2	1149,6			B - C	650,4	650,5	651			A - C	636,4	636,7	636,8			B - A	14,0	13,8	14,2			Gravedad específica Bulk (A/B-C) = Gsb	2,718	2,719	2,719		2,719	Gravedad específica Bulk SSS (B/B-C) = Gbsss	2,738	2,740	2,741		2,740	Gravedad específica aparente (A/A-C) = Gsa	2,778	2,779	2,780		2,779	ABSORCION % = (B-A)/A*100	0,78	0,77	0,79		0,78	TEMPERATURA DE ENSAYO	25	25	25		
PRUEBAS	1	2	3	4	PROMEDIO																																																																					
A. Peso en aire de la muestra seca	1790,5	1787,9	1786,4																																																																							
B. Peso en aire de la muestra saturada, superficie seca	1804,5	1801,7	1800,6																																																																							
C. Peso en agua de la muestra saturada, superficie seca	1154,1	1151,2	1149,6																																																																							
B - C	650,4	650,5	651																																																																							
A - C	636,4	636,7	636,8																																																																							
B - A	14,0	13,8	14,2																																																																							
Gravedad específica Bulk (A/B-C) = Gsb	2,718	2,719	2,719		2,719																																																																					
Gravedad específica Bulk SSS (B/B-C) = Gbsss	2,738	2,740	2,741		2,740																																																																					
Gravedad específica aparente (A/A-C) = Gsa	2,778	2,779	2,780		2,779																																																																					
ABSORCION % = (B-A)/A*100	0,78	0,77	0,79		0,78																																																																					
TEMPERATURA DE ENSAYO	25	25	25																																																																							
OBSERVACIONES:																																																																										

A.10 Reporte ensayo – Penetración cemento asfáltico

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó: Andrés Berrio Alzate <hr/> Revisó: Ph.D. Jorge Eliecer Córdoba																
PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS - INV-E-706-13																		
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																	
FUENTE:	MPI - Barrancabermeja - Lote 204-655-749 - 25/06/2017																	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Cemento asfáltico 60/70																	
FECHA DE ENSAYO:	3/07/2017																	
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">ENSAYO DE PENETRACIÓN</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Muestra</th> <th style="text-align: center;">lectura (Décimas de mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">63</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">62</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">65</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PROMEDIO</td> <td style="text-align: center;">63</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Especificación</td> <td style="text-align: center;">60 - 70</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>			ENSAYO DE PENETRACIÓN		Muestra	lectura (Décimas de mm)	1	63	2	62	3	65	PROMEDIO	63	Especificación	60 - 70		CUMPLE
ENSAYO DE PENETRACIÓN																		
Muestra	lectura (Décimas de mm)																	
1	63																	
2	62																	
3	65																	
PROMEDIO	63																	
Especificación	60 - 70																	
	CUMPLE																	
OBSERVACIONES: 																		

A.15 Reporte ensayo – Gravedad específica máxima mezcla asfáltica

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Bernal Alzate Revisó P.D. Jorge Eliecer Córdoba																																							
	GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS DE PAVIMENTOS, MÉTODO RICE - INV.E-735-13																																								
	PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constructivo																																							
FUENTE:	Agregados San Javier + AC 60-70 MPF - Barracabrerija - Lote 204-655-749 - 25/07/2017																																								
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Mezcla asfáltica MSC-19																																								
FECHA DE ENSAYO:	24/06/2017																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra N°</th> <th>% de asfalto</th> <th>Peso muestra en el aire (A)</th> <th>Peso recipiente lleno con agua (B)</th> <th>Peso recipiente lleno con agua y muestra (C)</th> <th>T° Agua</th> <th>Máx. medido a 25°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5.0</td> <td>2000,5</td> <td>7355,0</td> <td>8555,0</td> <td>26,0</td> <td>2,493</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5.5</td> <td>2000,0</td> <td>7355,0</td> <td>8541,5</td> <td>26,0</td> <td>2,459</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.0</td> <td>2000,5</td> <td>7355,0</td> <td>8538,0</td> <td>26,0</td> <td>2,447</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6.5</td> <td>2000,0</td> <td>7355,0</td> <td>8530,5</td> <td>26,0</td> <td>2,428</td> </tr> </tbody> </table>						Muestra N°	% de asfalto	Peso muestra en el aire (A)	Peso recipiente lleno con agua (B)	Peso recipiente lleno con agua y muestra (C)	T° Agua	Máx. medido a 25°C	1	5.0	2000,5	7355,0	8555,0	26,0	2,493	2	5.5	2000,0	7355,0	8541,5	26,0	2,459	3	6.0	2000,5	7355,0	8538,0	26,0	2,447	4	6.5	2000,0	7355,0	8530,5	26,0	2,428
Muestra N°	% de asfalto	Peso muestra en el aire (A)	Peso recipiente lleno con agua (B)	Peso recipiente lleno con agua y muestra (C)	T° Agua	Máx. medido a 25°C																																			
1	5.0	2000,5	7355,0	8555,0	26,0	2,493																																			
2	5.5	2000,0	7355,0	8541,5	26,0	2,459																																			
3	6.0	2000,5	7355,0	8538,0	26,0	2,447																																			
4	6.5	2000,0	7355,0	8530,5	26,0	2,428																																			
																																									
OBSERVACIONES	_____ _____ _____																																								