



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA USANDO MATERIAL
RECICLADO PARA OPTIMIZAR COSTOS DE MATERIALES
EN EL TRAMO KM 18+000 AL KM 19+000 DE LA AVENIDA
UNIVERSITARIA UBICADO EN EL DISTRITO DE LOS
OLIVOS – DEPARTAMENTO DE LIMA**

**PRESENTADA POR
CARLOS ANTONIO BARAHONA SOTO**

**ASESOR
JORGE CABRERA SALVATIERRA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2021



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA USANDO MATERIAL RECICLADO PARA
OPTIMIZAR COSTOS DE MATERIALES EN EL TRAMO KM 18+000 AL KM
19+000 DE LA AVENIDA UNIVERSITARIA UBICADO EN EL DISTRITO DE LOS
OLIVOS – DEPARTAMENTO DE LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

BARAHONA SOTO, CARLOS ANTONIO

ASESOR

ING. JORGE CABRERA SALVATIERRA

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Consagro esta tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza para superar todas las dificultades.

A la memoria de mi padre. Fredi Barahona quien me inculcó la importancia del estudio y los buenos valores.

A mi madre, Reyna Soto por su fortaleza, su amor incondicional y por siempre estar impulsándome a cumplir mis objetivos.

A mi hermana Carlita, por ser mi apoyo incondicional en todo este proceso estudiantil, por ser mi ejemplo

A mi hermana Carito, por ser mi cómplice y motor para seguir adelante en esta etapa universitaria,

Por último a mi novia Melissa por su confianza, tiempo y consejos, siempre impulsándome a cumplir mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Jorge Cabrera Salvatierra, por la oportunidad, su guía y conocimientos teórico-prácticos que fueron de mucha importancia para el desarrollo de la tesis.

Al personal de servicio del laboratorio HIS Consultores, por el acceso para realizar los ensayos con el material reciclado, agregado grueso y fino.

A mi casa de estudios, La Universidad de San Martín de Porres, por todos los conocimientos y por la excelente plana de docentes que nos ayudan en nuestra formación profesional impartiendo nuevos conocimientos y apoyándonos constantemente a lograr nuestros objetivos formándonos como líderes y siendo competitivos en el mundo laboral.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Justificación e importancia	4
1.5 Alcances y limitaciones	4
1.6 Viabilidad del estudio	
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de investigación	5
2.2 Bases Teóricas	7
2.3 Diseño de mezcla asfáltica en caliente - método Marshall	14
2.4 Ensayos de laboratorio	16
2.5 Definición de términos básicos	16
2.6 Hipótesis	30
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 Tipología de la investigación	31
3.2 Nivel de investigación	31
3.3 Diseño de la investigación	31

3.4	Variables	31
3.5	Población y muestra	32
3.6	Técnicas de la investigación	32
CAPÍTULO IV. DESARROLLO		
4.1	Ubicación del proyecto	35
4.2	Procedimiento de desarrollo	36
4.3	Cálculo de índice de condición del pavimento	37
4.4	Fresado y traslado de carpeta asfáltica a planta de tratamiento	57
4.5	Ejecución de ensayos de laboratorio	59
CAPÍTULO V. RESULTADOS		
5.1	Interpretación de resultados de la mezcla asfáltica reciclada	106
5.2	Interpretación de resultados del ensayo de calidad del agregado grueso	108
5.3	Interpretación de resultados del ensayo de calidad del agregado grueso	111
5.4	Diseño de mezcla asfáltica en caliente reciclada	113
5.5	Diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional	115
5.6	Análisis comparativo entre las resistencias del pavimento reciclado y convencional	118
5.7	Análisis comparativo de costos de materiales entre el pavimento reciclado y convencional	120
5.8	Análisis comparativo de costos en las partidas del proceso constructivo	121
5.9	Resumen de optimización de costos en todo el proceso de pavimentación	127
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS		
6.1	Contrastación de hipótesis	128
6.2	Contrastación de antecedentes	129

CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES	132
FUENTES DE INFORMACIÓN	133
ANEXOS	136

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Requisitos para agregados finos	13
Tabla 2. Requisitos para agregados finos	13
Tabla 3. Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC	14
Tabla 4. Índice del pavimento	25
Tabla 5. Unidad de muestra 1 ICP	37
Tabla 6. Unidad de muestra 2 ICP	38
Tabla 7. Unidad de muestra 3 ICP	39
Tabla 8. Unidad de muestra 4 ICP	40
Tabla 9. Unidad de muestra 5 ICP	41
Tabla 10. Unidad de muestra 6 ICP	42
Tabla 11. Unidad de muestra 7 ICP	43
Tabla 12. Unidad de muestra 8 ICP	44
Tabla 13. Unidad de muestra 9 ICP	45
Tabla 14. Unidad de muestra 10 ICP	46
Tabla 15. Unidad de muestra 11 ICP	47
Tabla 16. Unidad de muestra 12 ICP	48
Tabla 17. Unidad de muestra 13 ICP	49
Tabla 18. Unidad de muestra 14 ICP	50
Tabla 19. Unidad de muestra 15 ICP	51
Tabla 20. Unidad de muestra 16 ICP	52
Tabla 21. Unidad de muestra 17 ICP	53
Tabla 22. Unidad de muestra 18 ICP	54
Tabla 23. Unidad de muestra 19 ICP	55
Tabla 24. Unidad de muestra 20 ICP	56
Tabla 25. Resumen de las unidades de muestra	57

Tabla 26. Determinación de la resistencia a la gradación piedra huso 67	72
Tabla 27. Cantidad de esferas según el tipo de gradación	73
Tabla 28. Análisis de briqueta al 3% de cemento asfáltico	101
Tabla 29. Análisis de briqueta al 3.5% de cemento asfáltico	102
Tabla 30. Análisis de briqueta al 4% de cemento asfáltico	103
Tabla 31. Análisis de briqueta al 4.5% de cemento asfáltico	104
Tabla 32. Análisis de briqueta al 5% de cemento asfáltico	105
Tabla 33. Análisis granulométrico del material reciclado	107
Tabla 34. Análisis granulométrico del agregado grueso huso 67	108
Tabla 35. Análisis granulométrico del confitillo	109
Tabla 36. Resumen de requerimiento para el agregado grueso	110
Tabla 37. Análisis granulométrico del agregado fino	111
Tabla 38. Resumen de requerimiento para el agregado fino	112
Tabla 39. Porcentajes para mezcla requerida	113
Tabla 40. Análisis granulométrico de mezcla mejorada	113
Tabla 41. Características Marshall de la mezcla mejorada	115
Tabla 42. Porcentajes para mezcla convencional	116
Tabla 43. Análisis granulométrico de mezcla convencional	116
Tabla 44. Características Marshall de la mezcla mejorada	118
Tabla 45. Comparativo de resultados Marshall	119
Tabla 46. Análisis de precios unitarios para el pavimento convencional	120
Tabla 47. Análisis de precios unitarios para el pavimento reciclado	120
Tabla 48. Análisis de precios unitarios del fresado mecánico	122
Tabla 49. Análisis de precios unitarios del riego de liga	122
Tabla 50. Análisis de precios unitarios de mezcla y colocación de carpeta asfáltica convencional de 2"	123
Tabla 51. Análisis de precios unitarios de mezcla y colocación de carpeta asfáltica reciclada de 2"	124
Tabla 52. Análisis de precios unitario de mantenimiento y control de tránsito	125
Tabla 53. Análisis de precios unitario de control de calidad	127
Tabla 54. Resumen de costos por partidas	127

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estado del pavimento y su proyección al año 2021	2
Figura 2. Estructura del pavimento	10
Figura 3. Curvas Marshall	16
Figura 4. Estructura del pavimento	17
Figura 5. Pavimento fresado	20
Figura 6. Falla de pavimentos flexibles por PCI	25
Figura 7. Falla piel de cocodrilo	26
Figura 8. Falla fisura en bloque	26
Figura 9. Falla por hundimiento	27
Figura 10. Falla por desplazamiento	28
Figura 11. Falla por desplazamiento	28
Figura 12. Falla por desprendimiento de agregado	29
Figura 13. Falla por exudación	29
Figura 14. Mapa político del departamento del Lima	35
Figura 15. Tramo Km18+000 al Km19+000 de la Av. Universitaria	36
Figura 16. Máquina fresadora	58
Figura 17. Máquina fresadora eliminando material reciclado	58
Figura 18. Máquina barredora de pavimento	.59
Figura 19. Pavimento después del proceso de fresado	59
Figura 20. Proceso de extracción de materiales en maquina separadora	.60
Figura 21. Anillos filtrantes para separación de material	61
Figura 22. Granulometría del material reciclado	62
Figura 23. Granulometría del agregad o grueso	.66
Figura 24. Zarandeo de tamices	.69
Figura 25. Máquina de Ángeles en proceso de gradación	72
Figura 26. Saturación del agregado en agua por 16 horas	74

Figura 27. Agregados para ser separados según ancho y longitud	75
Figura 28. Separación de agregados en función a sus tamices	76
Figura 29. Separación de agregados en función a sus tamices	77
Figura 30. Máquina calibrador proporcional	78
Figura 31. Combinación de agregado grueso con cemento asfáltico	81
Figura 32. Extracción acuosa	81
Figura 33. Proceso de evaporización	82
Figura 34. Sulfato de magnesio	85
Figura 35. Combinación de materiales con sulfato de magnesio	85
Figura 36. Proceso de combinación con líquido stock	88
Figura 37. Probetas en reposo	89
Figura 38. Peso de la fiola antes de mezclar con la arena	91
Figura 39. Máquina Cuchara Casagrande	93
Figura 40. Agregado fino en maquina Cuchara Casagrande	93
Figura 41. Tamizado de fino en malla n°200	95
Figura 42: Varilla de vidrio con azul metileno	96
Figura 43. Reporte de aureola pronunciada con azul metileno	97
Figura 44. Briquetas en distintos porcentajes	99
Figura 45. Compactación de briquetas	100
Figura 46. Briquetas	100
Figura 47. Curvas granulométricas del material reciclado	107
Figura 48. Curvas granulométricas del agregado grueso huso 67	109
Figura 49. Curvas granulométricas del confitillo	110
Figura 50. Curvas granulométricas del agregado fino	112
Figura 51. Curvas granulométricas de la mezcla corregida	114
Figura 52. Graficas de resistencia bituminosa	115
Figura 53 Curva granulométrica de la mezcla convencional	117
Figura 54. Graficas de resistencia bituminosa	118

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Matriz de consistencia	138
Anexo 2. Resultado ensayo de laboratorios	139
Anexo 3. Ficha técnica de aditivo mejorado de adherencia	176

RESUMEN

La presente tesis promueve el uso del material reciclado como alternativa económica a los trabajos de ejecución o mantenimiento de una vía, La metodología empleada fue aplicativa porque aborda un problema específico, enfoque cuantitativa porque realizamos ensayos para calcular las características del agregado y descriptiva debido a que se observaron parámetros positivos y negativos en el diseño del mezcla asfáltica mejorada siguiendo los ensayos según las especificaciones técnicas del *Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG-2013*. Se realizó investigación permanente de campo a base de las especificaciones técnicas de construcción y el Manual de carreteras. La problemática de este proyecto se analizó en función a los altos costos en ejecución y la sobreexplotación de recursos no renovables. Asimismo, el objetivo general consistió en diseñar una mezcla asfáltica con material reciclado a fin de optimizar costos para el tramo Km18+000 al Km19+000 de la Avenida Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos en el departamento de Lima. En conclusión, se diseñó un nuevo pavimento mejorado que cumpliera con las especificaciones establecidos para el pavimento convencional, añadiendo agregados a este material reciclado con la finalidad de cumplir sus especificaciones.

Palabras claves: material reciclado, manual de carreteras EG-2013, diseño de mezcla asfáltica

ABSTRACT

This thesis promotes the use of recycled material as an economic alternative to the execution or maintenance of a road. The methodology used was applicative because it addresses a specific problem, a quantitative approach because we carried out tests to calculate the characteristics of the aggregate and descriptive because Positive and negative parameters were observed in the design of the improved asphalt mixture following the tests according to the technical specifications of the Highway Manual of the Ministry of Transport and Communications EG-2013. Permanent field research was carried out based on the technical construction specifications and the Highway Manual. The problem of this project was analyzed based on the high costs in execution and the overexploitation of non-renewable resources. Likewise, the general objective was to design an asphalt mix with recycled material in order to optimize costs for the section Km18+000 to Km19+000 of Avenida Universitaria, located in the district of Los Olivos in the department of Lima. In conclusion, a new improved pavement was designed that meets the specifications established for conventional pavement, adding aggregates to this recycled material in order to meet its specifications.

Keywords: recycled material, road manual EG-2013, asphalt mix design

INTRODUCCIÓN

Como antecedentes de este trabajo se han investigado diferentes alternativas económicas para la ejecución de una vía. Esta práctica habitual requiere de un presupuesto muy elevado, debido a los costos que cada etapa requiere y sumado a ello, la sobreexplotación de canteras nuevas y existentes y ejecutar mantenimientos periódicos superficiales con el uso de nuevos agregados.

La tesis promueve el uso del material reciclado, siendo esta una alternativa económica para el mantenimiento o ejecución de una vía. La utilidad de esta técnica muestra un continuo desarrollo al que no escapan los problemas actuales de contaminación medioambiental y carencia de materiales. Los trabajos con material reciclado proveniente del fresado tienen ventajas del ahorrar energía, no gastan los ligantes asfálticos y son métodos económicos en comparación a la pavimentación tradicional.

La problemática para este proyecto plantea que se tiene una práctica poco fomentada o falta de cultura sobre el reciclaje. Esta práctica habitual requiere de un presupuesto muy elevado debido a los costos que cada etapa del mantenimiento requiere y sumado a ello la sobreexplotación de canteras nuevas y existentes; demandando una mayor cantidad de asfalto nuevo presentando un impacto ambiental negativo.

Por lo tanto, se justifica como alternativa de solución reutilizar el

material reciclado para la reelaboración de pavimento cumpliendo las especificaciones y estándares de calidad indicados en Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones EG-2013.

Asimismo, es preciso citar que el objetivo general del proyecto consiste en obtener un diseño de mezcla asfáltica utilizando material reciclado. Este objetivo presenta tres objetivos específicos. Primero, determinar la cantidad del porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con material reciclado para optimizar costos de material bituminoso para el tramo Km18+000 al Km19+000 de la Avenida Universitaria en el distrito de Los olivos. Segundo, determinar la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado para optimizar costos de materia prima para el tramo Km18+000 al Km19+000 de la Avenida Universitaria en el distrito de Los Olivos. Y tercero, determinar la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado para optimizar costos de materia prima para el tramo Km18+000 al Km19+000 de la Avenida Universitaria en el distrito de Los Olivos

En las hipótesis, se propone el uso de una mezcla asfáltica usando material reciclado optimizando los costos de materiales para el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria. Eso se propone conseguir aumentando el porcentaje de cemento asfáltico, agregado grueso y agregado fino.

La estructura de la tesis comprende seis (6) capítulos. El primero describe la realidad problemática, el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación e importancia, el alcance y limitaciones, y la viabilidad del estudio. En el segundo, se trata sobre el marco teórico, listando los

antecedentes referentes al tema en estudio. En el tercero, se describe la metodología de investigación, variables, técnicas e instrumentos y procesamiento de datos. En el cuarto, se presenta el desarrollo de la investigación, donde se detalla cómo se realizó el procedimiento, mediante el uso de método y técnicas de estudio. En el quinto, se analizan los resultados constatados en los ensayos, explicando detalladamente cada procedimiento. Y, el sexto capítulo abarca la discusión de la investigación, donde se analiza e interpreta cada resultado en función a las bases teóricas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Los pavimentos son estructuras formadas por subrasante, subbase, base y carpeta asfáltica, todos ellos apoyados sobre un suelo de fundación teniendo un comportamiento bastante complejo; debido a que toda la estructura se encuentra en constante radiación solar, cambios de temperatura, lluvia y cargas propias de la naturaleza.

Este comportamiento producido por el planeta y en determinados casos por acción del hombre genera la reducción de la capacidad mecánica del asfalto, siendo la carpeta asfáltica la primera en recibir el daño para posteriormente comprometer toda la estructura del pavimento.

Este mismo problema lo manifiesta el tramo del Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria. Esta se encuentra totalmente dañada por la propia acción del clima y el poco cuidado por parte de los pobladores.

Todo cambio de carpeta asfáltica por el método tradicional o bien llamado pavimentación en caliente genera costos elevados en materia prima, teniendo como uso principal los agregados y como consecuencia la sobre explotación de recursos no renovables como las canteras, sumado a ello la generación de residuos sólidos en contra del medio ambiente. Lo que resulta ser una gran problemática a causa del crecimiento del sector construcción.

Según la figura 1 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, esta expresa una proyección de vías a pavimentar al año 2021, siendo las líneas rojas las vías ya pavimentadas y las azules las vías por pavimentar. Teniendo en consideración que las vías ya pavimentadas requieren de un

mantenimiento de vías y las faltantes por pavimentar requieren de materia prima para su ejecución. Por ende, se debe tomar medidas o alternativas diferentes que resulten eficientes, rentables y ecológicamente sostenibles.

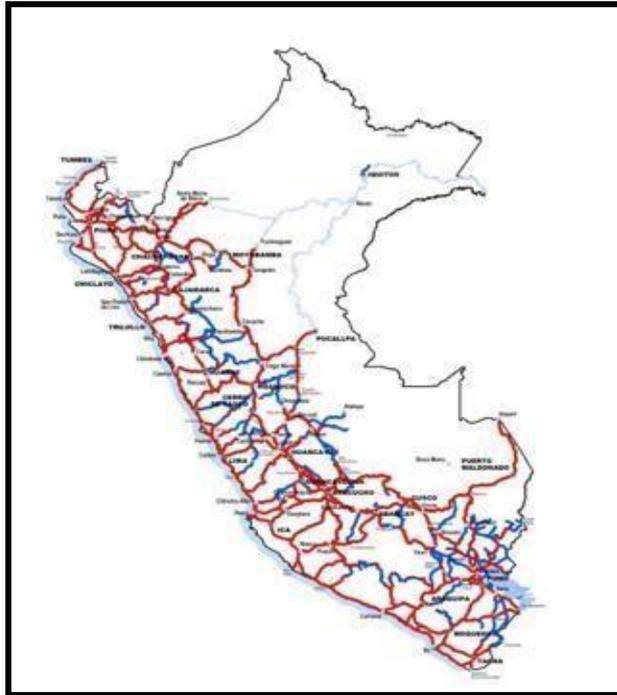


Figura 1: Estado del pavimento y su proyección al año 2021.
Fuente: MTC, 2019, p14

Ante esta problemática, la presente investigación busco obtener y crear una carpeta asfáltica reciclada, permitiendo reducir costos y mitigando el impacto ambiental. Esto se podría resumir con el propósito de reciclar el pavimento en mal estado o deteriorado para reusarlo como componente principal en la fabricación del nuevo pavimento.

El pavimento reciclado ayuda tener una alternativa rentable, muy económica y de mucho cuidado al medio ambiente. En el Perú resulta una práctica muy poco fomentada, ya sea por desconocimiento o por falta de cultura sobre el reciclaje. La idea de la tesis es motivar la práctica del reciclaje como alternativa económica y ambiental, usando el pavimento reciclado como aditivo para reincorporar a la mezcla asfáltica, fabricando especímenes y realizando ensayos, con la finalidad de verificar de esta manera la capacidad de la técnica.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿De qué manera el diseño de una mezcla asfáltica usando material reciclado influye en los costos de materiales para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria?

1.2.2 Problemas específicos:

¿De qué manera el porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con material reciclado influye en el costo de material bituminoso para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria?

¿De qué manera la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado influye en el costo de materia prima para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria?

¿De qué manera la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado influye en el costo de materia prima para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Diseñar una mezcla asfáltica usando material reciclado a fin de optimizar costos de materiales para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria

1.3.2 Objetivos específicos:

Determinar la cantidad de porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con material reciclado necesario para optimizar costos de material bituminoso en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria.

Determinar la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado necesario para optimizar costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria.

Determinar la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado necesario para optimizar costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria.

1.4 Justificación e importancia

Esta tesis de investigación propone una solución reutilizando material reciclado para la reelaboración de pavimento usando material dañado Debido a la falta de cuidado al medio ambiente y elevados costos en el presupuesto de ejecución y mantenimiento de una vía, existe una necesidad de reducir el uso de los agregados, aglomerante y equipos. Una alternativa a estos problemas referidos, es la reutilización de material existente para la ejecución o mantenimiento de una vía, beneficiando así al sector transporte reduciendo los costos de ejecución y mantenimiento.

1.5 Alcances y limitaciones

El reciente estudio tiene como finalidad determinar la resistencia pavimento reciclado y con ello reducir los costos de inversión en la ejecución de un pavimento, realizando y obteniendo muestras en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria dando como resultado información sobre la resistencia del pavimento.

1.6 Viabilidad del estudio

Esta investigación se logrará llevar a cabo gracias al apoyo en información e instalaciones para ensayos de laboratorio por parte de las empresas asfalteras Moro SRL y Cah. SAC, sustentando los resultados que se mencionarán en esta investigación bajo aplicaciones realizadas en distintos proyectos ejecutados por estas empresas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Los precedentes hallados para este trabajo de investigación sobre el uso del reciclado de carpeta asfáltica, fueron importantes para tomar como referencia y plasmar en este trabajo algunos datos importantes y algunas novedades que no se aplican en el Perú, pero si en otros países

2.2.1 Nacionales

En su trabajo de investigación, Rengifo y Vargas (2017) estudiaron las características de un pavimento, obtenidas mediante el reciclado de pavimento flexible en mal estado y verifico que tanto influye el uso de diferentes emulsiones en el diseño de un pavimento reciclado.

Los autores concluyeron que es una alternativa viable a la reutilización de un pavimento cumpliendo sus características físicas mecánicas del pavimento, permitiendo un ahorro en agregados pétreos mayores a un 40%.

En su trabajo de investigación, Fano y Chávez (2017) estudiaron las propiedades físicas y mecánicas del material reciclado adicionando cemento portland y conocer sus limitaciones económicas en un contrato de conservación vial.

Los autores concluyeron que este pavimento reciclado con cemento portland cumple con las características físicas y mecánicas teniendo un proceso constructivo en función a una pavimentación en frio y no en caliente contribuyendo de manera regular la conservación vial.

2.2.2 Internacionales

En su trabajo de investigación, Rodríguez Molina (2004) estudio la evaluación y mejoramiento de pavimento flexible por el sistema del reciclaje teniendo una alternativa diferente a la pavimentación tradicional.

El autor concluyo que este método es una alternativa que reduce los costos de materiales, mano de obra y equipo, trayendo consigo opciones como la de reutilizar la materia prima que conforma en pavimento.

En el trabajo de Echevarría Romero (2012), se estudiaron los procedimientos de compactación usados en un laboratorio para diseño de mezclas recicladas.

El autor brindo información sobre la secuencia de compactación usando laboratorios, para materiales reciclados en frio con emulsión, que permita extender de manera confiable la materia prima puesta en obra, este material tendrá que ser puesto a ensayos teniendo una respuesta semejante al comportamiento cuando este pavimento sea puesto en ejecución.

A través de su estudio, Paive Ipanaque y Ramos Vilcarromero (2013) estudiaron el reciclado de pavimento asfaltico y su nueva utilización para mezcla asfáltica.

Los autores utilizaron el método Marshall para diseñar mezclas con el uso de materia prima reciclada, para así obtener probetas con altas tasas de reciclado. Que permita reducir el uso de recursos no renovables, previniendo la formación de desechos y llenar botaderos, reduciendo la necesidad de transportar estos materiales.

2.2 Bases teóricas

2.2.3 Estado situacional del pavimento

Se usará la metodología PCI (Índice de condición del pavimento), donde se realiza el cálculo de una muestra, con la finalidad de ver el seguimiento de como efectuar la evaluación, conseguir el índice de condición y conocer la situación del pavimento. Tomando como ejemplo la unidad "UM01" de nuestro proyecto.

2.2.1.1 Descripción de la metodología

El PCI es un índice numérico, que tiene como finalidad obtener el valor de falla de la superficie del firme y la situación operativa de este. El PCI tiene un rango de 0 para pavimentos en mal estado y un valor de 100 para firmes en magnífica situación. El siguiente cuadro presenta valores del PCI con la siguiente condición de un pavimento (Vasquez, 2002).

2.1.1.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

Método para el estudio del pavimento que comprende:

- Una fase para trabajos de campo en donde se identifiquen los daños considerando su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos.
- La fase dos que viene a ser trabajos de cálculos.

Para su estudio, **La clase**, está vinculada con el modelo degenerativo que muestra la superficie del pavimento, teniendo entre ellos la forma de degeneración mostrada en la carpeta de un pavimento, donde se tiene piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, todas las fallas descritas en el Manual de fallas en la Evaluación de la Condición de Pavimentos (Vasquez, 2002).

La severidad, presenta la parte crítica dañada y progresiva del pavimento; cuanto más crítico sea el daño, más considerable tendrá que ser la acción para su efectiva corrección. Siendo la forma, de calcular la calidad del recorrido, ósea, la apreciación que muestra el evaluador para circular en un vehículo a velocidad frecuente (Vasquez, 2002).

Dividiéndose en:

- Bajo (B)
- Medio (M)
- Alto (A)

La extensión, refiere a la distancia o área que se encuentra dañada por los diferentes modelos de fallas, para la valoración del pavimento la calificación será presentada por el número de veces que repite la falla en el firme. Dependiendo del tipo de estructura con la que ejecuta la evaluación, completando el formato correcto, donde se apunta los datos obtenidos. (Vasquez, 2002).

a) Determinación de los valores deducidos

- Obtener el total según el tipo y nivel de severidad y registrarlo en columna de "Total" del formato. El deterioro puede calcularse según el área, longitud o por su número según sea el tipo.
- Dividir la "Cantidad total" de cada tipo de daño, en función a su nivel de severidad, esto dividido entre la "unidad de muestra" y expresando el resultado en porcentajes. La respuesta es llamada como "densidad" del daño.
- Determinar el "Valor Deducido" para los diferentes tipos de daño y su nivel de severidad en función a curvas o tablas denominadas "valor deducido del daño", el cual se ubica en el anexo dependiendo el tipo de falla en el pavimento. (Vasquez, 2002).

b) Calcular de número máximo permitido de valor deducido

- Si uno o ninguno de los "valores deducidos" resulta mayor a 2, se usará el "valor deducido total" reemplazando el "valor deducido corregido" (CDV), caso opuesto, se deberá seguir los pasos del punto a. Apunte los valores deducidos de forma individual de mayor a menor.
- Determinar el "Número Máximo de Valores Deducidos" (m), usando la ecuación siguiente, para vías pavimentadas:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \times 100 - \text{HDV} \leq 10$$

c) Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV)

- Determinar el valor deducido (q) mayor que 2.
- Determinar el “valor deducido total” mediante la suma de todos los valores deducidos individuales.
- Determinar el CDV con el q y el “valor deducido total” en la curva de corrección, dependiendo del tipo de pavimento.
- Reducir a 2 el valor más pequeño de los valores deducidos individuales, que sea mayor a 2 y repita las etapas a hasta c.
- El “máximo CDV” es el máximo valor de los CDV obtenido como resultante en el desarrollo indicado.

d) Calculo del PCI

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

2.2.2 Pavimentos

Construcción vial conformada por diversos elementos. Este puede definirse como la construcción que se desarrolla sobre la superficie del subrasante (superficie de los caminos sobre las cuales se construirán los pavimentos), la cual está constituida por dos partes esenciales: la primera la conforman dos o más capas de materiales granulares que han sido compactados; la segunda parte la constituye la carpeta de rodadura, la cual tiene una doble finalidad: por una parte, distribuir las cargas que se producen sobre el pavimento por acción del tránsito de vehículos; por otra parte, soportar los efectos de diversos factores degradantes, como los efectos meteorológicos que merman la vida útil del pavimento (Rondon, 2015).

Los pavimentos tienen tipologías especiales que están en función de su carpeta asfáltica, estas variantes reciben características diferentes que dependen de la forma en la que se constituya la carpeta de rodadura:

Los diferentes pavimentos que existentes son los siguientes:

- Pavimento flexible
- Pavimento rígido
- Pavimento mixto

2.2.2.1 Tipos de pavimento

Existen tres modelos de pavimento, las cuales se explicarán de manera detallada para su respectivo análisis (Rondon, 2015).

Pavimento rígido

Formado por losas de concreto, tienen mayor costo de ejecución comparado con el pavimento flexible. Tienen un ciclo de vida que oscila entre 25 a 45 años; teniendo como punto a favor el poco mantenimiento que este requiere y solo tratamientos en las juntas de todo el recorrido de la losa (Rondon, 2015).

Pavimento flexible

Pavimento mas economico en comparacion al pavimento rigido, considerando su cimentacion inicial, cuentan con un ciclo de trabajabilidad que varía de 8 y 20 años, sin embargo, su desventaja es la de necesitar mantenimiento rutinario con la finalidad de poder cumplir su tiempo de vida. Este pavimento está estructurado por la carpeta de rodadura, súbbase y subrasante. (Rondon, 2015).

2.2.2.2 Componentes de pavimento

Hace mencion a las propiedades referentes de cada elemento que forma el sistema vial, tales como: grosor, resistencia y tiempo de vida en condiciones de servicio (Rondon, 2015). Las propiedades pueden congregarse de la siguiente manera:

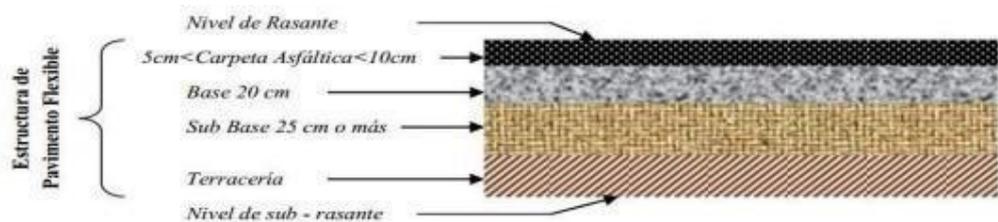


Figura 2: Estructura del pavimento

Fuente: Zambrano, 2014, p14

Subrasante

Viene a ser una de las capas mas valiosas de un pavimento, para plantear o diseñar correctamente un pavimento, esencialmente los pavimentos flexibles. Se deben hacer diferentes análisis e investigaciones de la subrasante, ya bien en terreno como en laboratorio, comprendiendo análisis topográficos, geológicos y estudios de mecánica de suelos. La principal ocupación de la subrasante es resistir las cargas que transfieren el firme y dar soporte, asimismo de ser el cimiento del pavimento. Cuando la subrasante sea de mejor calidad el espesor de esta será mucho menos debido a la capacidad que esta tenga, teniendo una conservación económica sin bajar las condiciones de calidad. Algunas propiedades que debe cumplir son: f máximo de 2.5", desarrollo máximo del 6%, compactación mínima del 90%; grosor mínimo de 25cm para vías de bajo tránsito y de 45cm en vías para tráfico promedio diario anual > de 2100 vehículos. (Rondon, 2015).

Subbase

Es la capa basica para poder cambiar una cierta anchura de la capa base a un grosor similar de material de sub-base, frena al agua de las terracerías empine por capilaridad e impedir que el firme se reduzca por la sub-rasante. (Rondon, 2015).

Base

Capa que admite la mayoría de las cargas realizados por los vehículos. Esta carpeta es puesta encima porque el espacio de carga del material friccionante es pequeña en el terreno por carencia de confinamiento.

En ocasiones esta capa requiere de un modelo de mantenimiento llamado consolidación para poder sosegar las fuerzas del tránsito vehicular, evitando deformaciones y dando una correcta transferencia de cargas hacia los niveles inferiores. La capacidad cementante en una base es imprescindible con la finalidad de facilitar un respaldo adecuado a la carpeta de rodadura. En caso opuesto, cuando esta capa se construye con material inerte y se da paso al tránsito vehicular, los vehículos producen deformidad transversal en todo el recorrido de la carretera, además se sugiere no compactar los materiales en

las diferentes capas del pavimento donde tengan humedad que supere su límite plástico (Rondon, 2015).

En la actualidad se pueden considerar como base a estos tipos:

- Base granular: formada por grava tratada y composición de agregados y suelo.
- Base estabilizada: conformada por material cementante, cal y material bituminoso. Un cimiento granular de buenas condiciones necesita materiales fracturados con granulometría continua, esta capa debe estar muy bien compactada, teniendo un buen drenaje y un excelente impermeabilizado.

Cemento Asfáltico

El (MTC, 2013) señala que el cemento asfáltico es un elemento sólido o semisólido de color oscuro, se suaviza temporalmente al subir su temperatura y cuyos componentes dominantes son hidrocarburos de alto valor, que se da como resultante de la depuración del petróleo. Este fue usado con éxito en los trabajos de pavimentación de una vía debido básicamente a su capacidad como material altamente cementante, repelente al agua y es fuerte ante el ataque de ácidos y sales. Este tipo de cementos brinda una excelente unión y sellante entre agregados incrementando su resistencia en espesores pequeños, Para las mezclas asfálticas se tiene que colocar un porcentaje que varía entre 3% a 5% de la masa total de la mezcla del pavimento (Rondon, 2015).

Agregados

Son materiales granulares, usados de manera fragmentada o en partículas graduadas. Estos agregados complementan el pavimento aproximadamente entre el 85% y el 90% de la totalidad de la mezcla asfáltica. Sus propiedades son de mucha consideración ya que la capacidad de resistencia de esta mezcla depende directamente de la participación de los agregados. (Rondon, 2015).

Según el (MTC, 2013), los agregados deben cumplir requisitos para ser usados en una mezcla asfáltica:

Tabla 1: Requisitos para agregados finos

AGREGADO GRUESO PIEDRA HUSO 67			
ENSAYOS	NORMA	REQUISITOS	
		MINIMO	MAXIMO
Durabilidad (al sulfato de sodio)	MTC E 209	-	18%
Abrasion de angeles	MTC E 207	-	40%
Peso especifico y abrasion	MTC E 206	-	1%
Particulas chatas y alargadas	MTC E 223	-	10%
Porcentaje de caras fracturadas	MTC E 210	85/50	-
Adherencia de ligantes bituminosos	MTC E 517	-	+95
Sales solubles	MTC E 219	-	0.5%

Fuente: MTC, 2013, p. 560

Tabla 2: Requisitos para agregados finos

AGREGADO FINO			
ENSAYOS	NORMA	REQUISITOS	
		MINIMO	MAXIMO
Durabilidad (al sulfato de sodio)	MTC E 209	-	18%
Equivalente de arena	MTC E 114	60	
Peso especifico y abrasion fino	MTC E 205	-	0.5%
Indice de plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Lavado en agregados	NTP 400.018	-	15%
Riedel weber	MTC E 220	-	5
Sales solubles	MTC E 219	-	0.5%
Azul de metileno	ASSTHO T 330-07	-	8

Fuente: MTC, 2013, p. 560.

Tabla 3: Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC

MALLAAMERICANA	ABERTURA (mm)	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
1 1/2"	38.10			
1"	25.40	100		
3/4"	19.05	80-100	100	
1/2"	12.70	68-85	80-100	
3/8"	9.53	60-77	70-88	100
1/4"	6.35			
N°4	4.76	43-54	51-68	65-87
N°6	3.36			
N°8	2.38			
N°10	2.00	29-45	38-52	43-61
N°16	1.19			
N°20	0.84			
N°30	0.59			
N°40	0.43	14-25	17-28	16-29
N°50	0.30			
N°80	0.18	8-17	8-17	9-19
N°100	0.15			
N°200	0.07	4-8	4-8	5-10
Resto	-			

Fuente: MTC, 2013, p. 561

2.3 Diseño de mezcla asfáltica en caliente usando método Marshall

Este tipo de diseño reside en formular mezclas en caliente avalado según el (MTC, 2013) ensayo MTC E 504 resistencia de mezcla bituminosa mediante el uso del método Marshall.

Se usan probetas cilíndricas 2 1/2" de altura y 4" de diámetro con diferentes porcentajes de asfalto variando entre ellos 0.5% respecto al otro.

Las características volumétricas de las probetas son las siguientes:

1. Medición del peso específico aparente.
2. Calculo de porcentaje de vacíos de aire.
3. Calculo de porcentaje de vacíos del mineral.
4. Calculo del porcentaje de vacíos presentes en el cemento asfáltico.

Las probetas son pasadas por el aparato Marshall para obtener los siguientes datos:

1. Estabilidad
2. Flujo

La estabilidad que muestran las probetas se determina por la carga máxima que soporta la probeta antes de su punto de falla, después de llegar a ese punto se mide el flujo, el cual es medido por la reducción del diámetro vertical en la muestra.

Estos resultados son mostrados a través de curvas en donde se comparan el porcentaje de cemento asfáltico presente en cada muestra con respecto a las siguientes magnitudes.

1. Peso específico
2. Estabilidad
3. Porcentaje de vacíos
4. Vacíos llenos con CA
5. Porcentaje de vacíos mínimos del agregado
6. fluencia

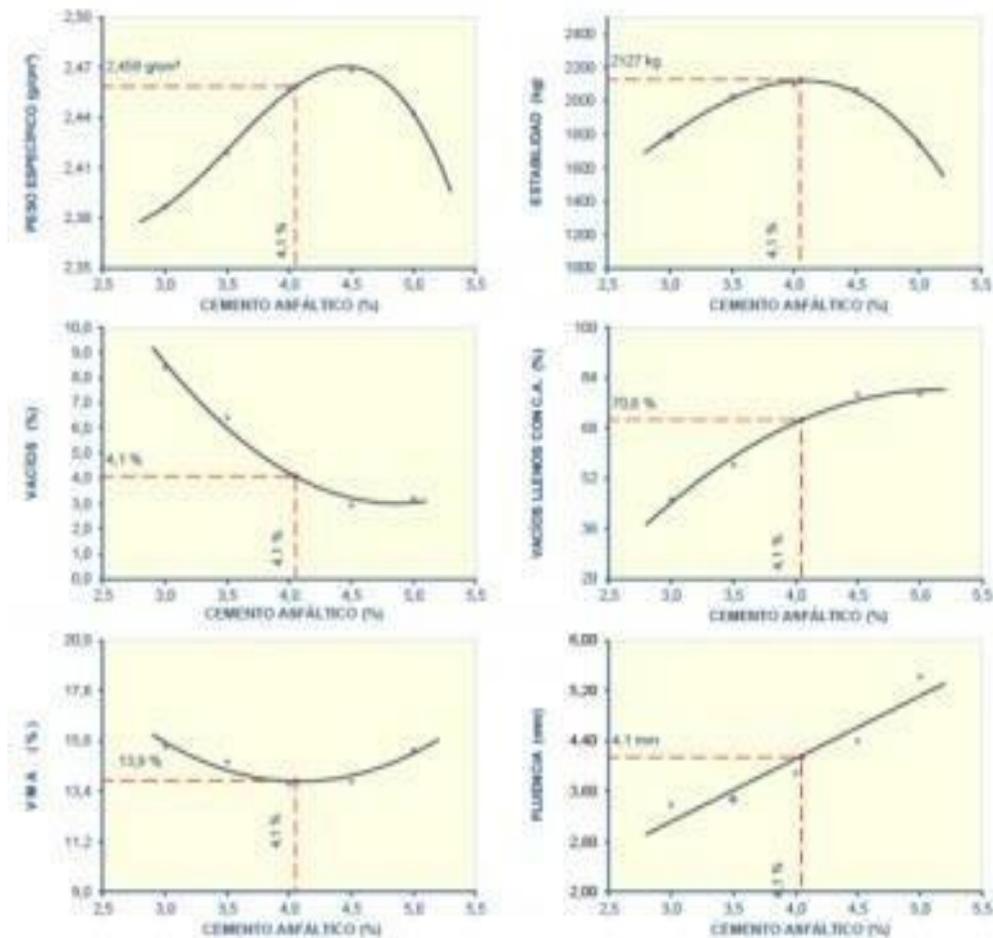


Figura 3. Curvas Marshall
Fuente: Recuenco, 2014, p186

2.4 Ensayos de laboratorio

Todos los ensayos fueron realizados basándonos en el manual de ensayos de materiales del (MTC, 2013), a través de formas de desarrollo y elaboración de ensayos.

2.5 Definición de términos básicos

Carpeta Asfáltica

Las carpetas de rodaduras con mezcla caliente son las que se construyen por medio del tendido de mezcla y su posterior compactación del material pétreo y material cementante, usando calor a través de rodillo

compactadores para brindar una carpeta de rodadura lisa y manejable, que resista al derrapamiento, segura y confiable. Estas bases tienen mayormente el grosor superior a 2" teniendo funciones como la de sostener y repartir las cargas producidas por los vehiculos hacia los niveles inferiores de la estructura. (Rondon, 2015).

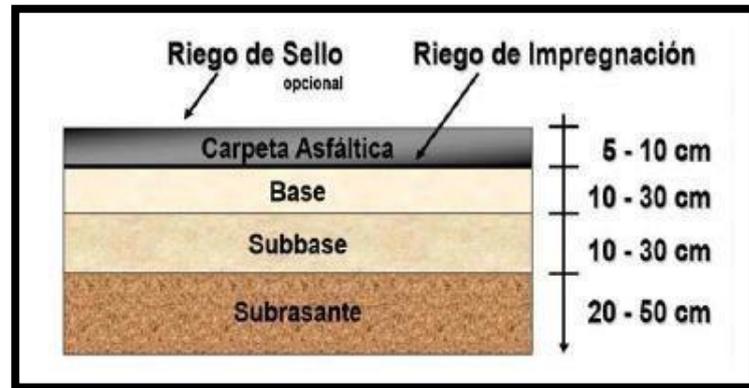


Figura 4. Estructura del pavimento

Fuente: Ortiz, 2013, p.8

Clasificación de los pavimentos flexibles

Es un tipo de pavimento donde el material predominante es el asfalto y cuya superficie bituminosa fluye bajo la acción de cargas repetidas. Esta mezcla bituminosa es una composición de agregados rocosos de alta condiciones y propiedades especiales con asfalto líquido o cementos asfálticos que tienen como función trabajos de ligante (Rondon, 2015). Estos pavimentos pueden clasificarse por el tipo de material bituminoso que los compone, pudiendo ser:

- Mezcla asfáltica en frío
- Mezcla asfáltica en caliente
- Tratamiento superficial

Mezcla asfáltica en frío

Composición de agregados y un ligante bituminoso que tienen como finalidad la de mezclarse y compactarse a temperaturas ambiente. En algunas oportunidades los agregados pueden llegar a subir su temperatura ligeramente. Dichas mezclas usan en sus diseños ligantes bituminosos con

niveles de viscosidad menor en comparación a la mezcla en caliente. Como es el caso de alquitrán, betún asfáltico y emulsiones. Cabe mencionar que la preparación de esta mezcla puede darse in situ o en plantas mezcladoras. (Rondon, 2015).

Mezcla asfáltica en caliente

Mejor llamada mezcla tradicional, ya que es la mas usada en los diferentes trabajos de ejecución o mantenimiento de una vía, la cual esta compuesta por agregados petreos y un ligante botuminoso, estos materiales son mezclados en una planta donde son puestos a altas temperaturas para producir una mezcla uniforme. (Rondon, 2015).

Tratamiento superficial

Mantenimiento superficial que usa material bituminoso que puede usarse para efectuar los siguientes trabajos:

- Proporcionar un terreno solido al escurrimiento.
- Proteger los pavimentos existentes y brindar cierto incremento en la resistencia.

Mantenimiento

Son todos los trabajos de limpieza y conservación dados de forma temporal y de manera estructurada en una vía con la finalidad de asegurar su buena funcionalidad y cumplir su tiempo de vida. (Rondon, 2015).

- Mantenimiento rutinario.
- Mantenimiento periódico.
- Mantenimiento de preventivo.
- Mantenimiento de emergencia.

Mantenimiento rutinario

Son las funciones requeridas para cumplir el tiempo de vida de un pavimento conservando su estado y vida útil, siendo repetidas más de una vez al año. También considera los trabajos de mantenimiento vial destinados a rescatar los elementos pequeños y poco dañados (Rondon, 2015).

Mantenimiento periódico

Son trabajos de protección vial reiterativos en ciclos mayores a un año, con la finalidad de conservar el estado vial en un estado óptimo de servicio. También considera la colocación de capas sobre suelos en mal estado. Este mantenimiento se refiere a los trabajos de conservación con una continuidad mayor a un año (Rondon, 2015). Los trabajos de mantenimiento periódico incluyen:

- Suministro de sellos en pavimentos asfálticos
- Colocación de lechada asfáltica en tratamientos de pavimento.
- Trabajos de recapeo constituyente para la colocación de una pequeña capa de asfalto sobre el pavimento existente.

Mantenimiento preventivo

Son las actividades que tienen como función principal la prevención de fallas en el pavimento antes de que estas aparezcan. Tratamientos aplicados que tienen como finalidad mantener la estructura en buen estado y prolongar el tiempo de vida sin aumentar su carga estructural. (Rondon, 2015). Este tipo de mantenimiento abarca:

- Lechada Asfáltica
- Mantenimientos Superficiales
- Fresado y reutilización de pavimentos
- Reutilización de carpeta de rodadura

Mantenimiento de emergencia

Son los mantenimientos realizados de carácter obligatorio por la importancia y urgencia que estas llevan como resultado, tomando como ejemplo problemas ambientales y desastres naturales con el propósito de disponer de una vía libre para el tránsito vehicular (Rondon, 2015).

Mejoramiento

Son trabajos de mejora que se le da a todo tipo de pavimentos ya sea en estado bueno, regular o mal estado que presente la carretera con la

finalidad de dotarla de mejores condiciones de trabajabilidad de las que tenía precedentemente (Rondon, 2015).

Reciclado

Proceso que tiene como objetivo la reutilización de materiales usando los desechos como materia prima y renovándolos en nuevos productos para evitar la sobre explotación de canteras y la contaminación del medio ambiente evitando el uso de agregados. Este procedimiento es uno de los métodos de innovación ya que ayuda a reducir los costos en materia prima (Rondon, 2015).

Reciclado en Frio

Es un método que trata en la extracción por medio de trabajos de fresado de la capa asfáltica de una vía, estando este en estado envejecido o ya habiendo cumplido su tiempo de vida. Este nuevo material ya extraído se regula y se compacta para trabajar como un pavimento nuevo. (Rondon, 2015).

Fresado

Proceso de trituración de la carpeta asfáltica utilizando una maquina fresadora, que tiene como finalidad extraer la carpeta de rodadura en mal estado para ser reemplazada por otra.



Figura 5. Pavimento fresado

Elaboración: El autor

Fresadora

Es una máquina que provee mantenimiento a pavimentos y tiene aplicación en la renovación de pavimentos de grandes autopistas, vías urbanas y aeropuertos. También puede ser utilizada para remover capas de concreto (Rondon, 2015).

Mezcla asfáltica

Es una mezcla asfáltica con una mezcla de material bituminoso y agregados pétreos en partes exactamente diseñadas que se usan para cimentar firmes. Los diseños en función a la proporción de cada una de partes de esta mezcla definen las propiedades físicas de esta. Estas mezclas se emplean en la construcción de pavimento flexible brindando al pavimento una superficie pareja, cómoda y muy económica en comparación a los otros tipos de pavimentos permitiendo una correcta movilización del tránsito vehicular (Rondon, 2015).

Agregado Grueso

Se les llama agregado grueso a aquellos materiales extraídos de canteras, triturados y procesados, cuya singularidad comprenden tamaños desde unos 4.5 milímetros hasta pulgadas para los partes de mayor tamaño. Por sus características, es importante que las gravas provengan de canteras en buen estado ya que estas brindan materia prima resistente, duraderos y sin contaminantes. La relación de los agregados retenidos en el tamiz #8, se llamará agregado grueso y estará compuesto por piedra, grava triturada o escoria. Mencionando que estos materiales deben cumplir con las siguientes especificaciones (Rondon, 2015).

Agregado Fino

Este tipo de agregados es el resultado de la desegregación química de rocas en estado de meteorización y abrasión, siendo estas arenas extraídas de ríos, lagos, depósitos o arenas artificiales. Cuando estos agregados terminan su etapa de formación terminando siendo puntiagudas y angulosas siendo pequeñas y redondeadas debido a la fricción constante

producida por el agua y el viento. Estos agregados están conformados teniendo un rango de partículas de entre 4.70 a .0070 mm (Rondon, 2015).

Relleno Mineral (“Filler”)

Material de relleno de origen mineral, indispensable para rellenar vacíos en los pavimentos, cuya finalidad es también la de mejorar la adherencia en la mezcla. (Rondon, 2015).

Asfalto

Material cementante, de color sombrío y de consistencia cambiante. Este tipo de materia prima a temperatura ambiente se presenta en estado sólido o semisólido, pero cuando la materia prima se expone a temperaturas muy elevadas, el asfalto se convierte en estado líquido, teniendo esta condición permite y ayuda que cubrir todos los espacios dejados por los agregados, permitiendo tener una mezcla homogénea. Cabe mencionar que los materiales bituminosos reaccionan al oxígeno haciendo que estos pierdan sus propiedades y volviéndolos duros y frágiles. (Rondon, 2015).

Asfalto Líquido

Cemento licuado con solventes como la gasolina, el kerosene o petróleo, cuando este es sometido al aire libre, se volatiliza el destilado, quedando básicamente el cemento asfáltico (Rondon, 2015).

Existen tres tipos: de cura rápida (RC), mediana (MC), lenta (SC)

Emulsión asfáltica

Mezcla constante e uniforme de 2 fluidos que no pueden combinarse. Para el caso de una emulsión asfáltica los 2 líquidos no miscibles son el agua y el asfalto. Conformada por 3 componentes fundamentales, el asfalto, el agua y un aditivo emulsivo, la mayoría de casos es factible adicionarle aditivos, para mejorar su recubrimiento y agentes de control de rotura (Rondon, 2015).

Se clasifica en dos categorías:

- Aniónicas (asfalto cargado de forma negativa)
- Catiónicas (asfalto cargado de forma positiva)

- No iónicas (asfalto cargado de forma neutral)

En los trabajos de pavimentación y conservación vial las más usadas son las aniónicas y catiónicas.

Por su velocidad de rotura se clasifican en:

- Rotura rápida

Abarcan emulsiones que tienen como características principales su rompimiento rápido al ser colocados en la superficie y son usados para tratamientos superficiales; siendo estas las menos usadas para mezclas con agregados.

- Riegos de liga
- Curados de concreto
- Riegos de gravilla
- Rotura media

Emulsiones que tiene como características tener una estabilidad que permita tener un mezclado antes de la rotura con los agregados y de tener mayores estabilizantes que una emulsión de rotura rápida. Mezclas prefabricadas para bacheo o nivelación.

- Reactivación de un pavimento antiguo
- Rotura lenta

Emulsiones que tienen como características tener una mayor estabilidad química para cualquier tipo de trabajos de pavimentación el cual incluya tener una mayor adición de agregados finos.

- Bacheo para nivelación
- Mezcla prefabricada

Costos De Producción

Vienen a pertenecer todos los gastos producidos en la adquisición de un bien, incluyendo gastos indirectos para procesos de fabricación y costos en mano de obra. Es también definido como el costo de la materia prima utilizado para realizar la fabricación o producción de bienes; considerando

pagos de intereses, utilidades, sueldos, pagos a trabajadores así como también los bienes y servicios gastados en el procedimiento de producción. (Fernandez, 2014)

Costos directos

Son costos establecidos desde la primera etapa de producción, siendo reflejados en el presupuesto. Un ejemplo de ello es la materia prima, que son materiales usado en la fabricación de un producto final o el desarrollo de un proyecto. En su gran mayoría estos son extraídos de la naturaleza como es el caso de los agregados que son sacados de las canteras. Otro ejemplo es la mano de obra que son las horas hombre que recibe cada trabajador por su jornada de trabajo. (Fernandez, 2014)

PCI (Índice de condición del pavimento)

El Índice de Condición del Pavimento, es la forma más completa de evaluar el estado situacional de un pavimento ya sea en estructura flexible o rígida que incluye los tipos de gestión vial permitidos en la actualidad. Esta práctica tiene una interpretación y ejecución fácil ya que no requiere de trabajos especializados. Está dividido en 19 tipos diferentes de fallas y esta a su vez agrupadas en 4 diferentes grupos. (Vasquez, 2002).

El PCI es un indicador de tipo numeral con un rango de variación de entre cero (0), para un tipo de pavimento deteriorado, y cien (100) para pavimentos en estado bueno. Se detallan los tipos de fallas divididos en los diferentes grupos.

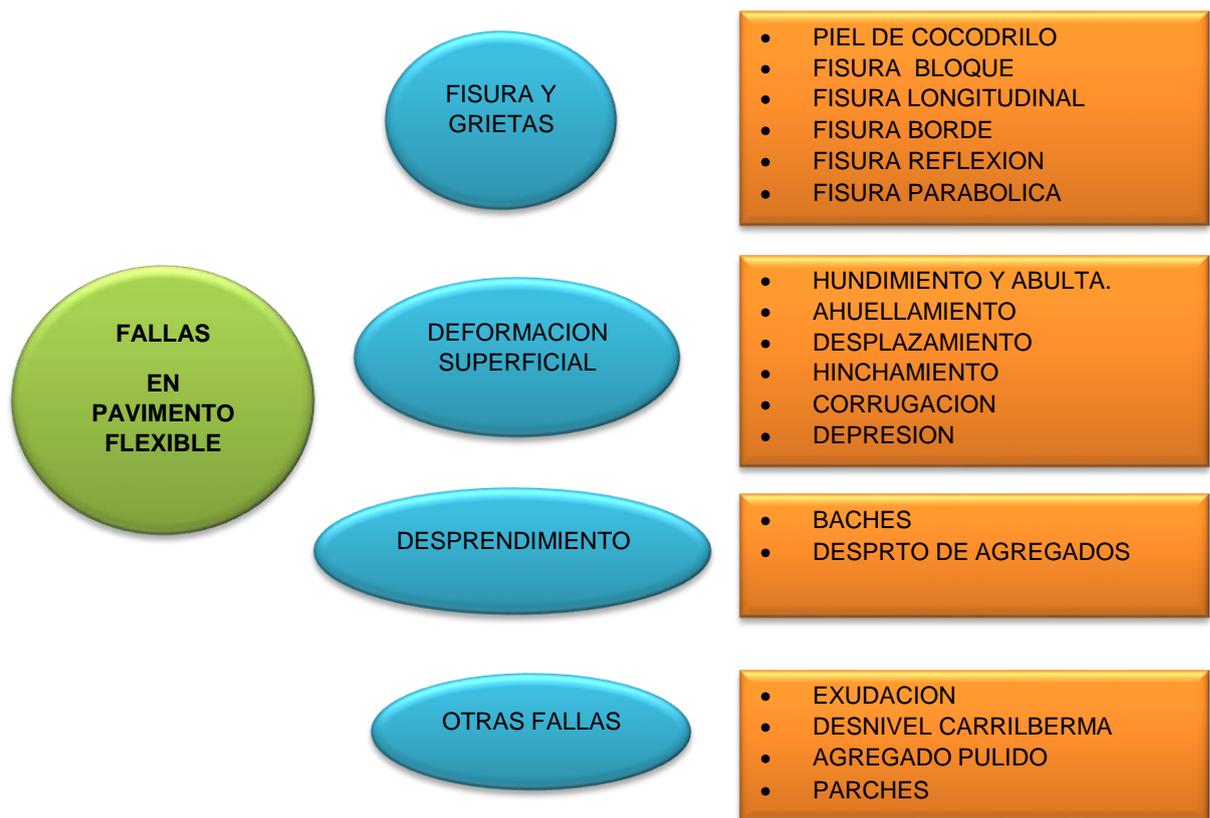


Figura 6: Falla de pavimentos flexibles por PCI

Elaboración: El autor

Tabla 4: Índice del pavimento

PCI	CLASIFICACION
85-100	Excelente
70-85	Muy bueno
55-70	Bueno
40-55	Regular
25-40	Malo
10-25	Muy malo
0-10	Fallado

Elaboración: El autor

Piel de cocodrilo

Las fisuras por tipo piel de cocodrilo son las más vistas en todo el recorrido del pavimento, debiéndose la mayoría de casos a su inicio de figuración por fatiga del pavimento mostrándose en la carpeta de rodadura. La figuración principalmente empieza en la parte más baja de la carpeta

asfáltica, siendo ahí donde todas las cargas y deformaciones son superiores a la acción de la carga producida por las ruedas de un vehículo.

Estas grietas en la mayoría de sus casos se interconectan formando polígonos angulosos que mayormente forman un patrón de repetición, teniendo una medida no mayor a 0.60 cm. (MTC, 2013).



Figura 7: Falla piel de cocodrilo

Fuente: Rodríguez, 2009, p.28

Fisura en bloque

Son un tipo de grietas que tienen como característica principal que están interconectadas entre si y que fraccionan el pavimento en partes rectangulares. Las fracciones varían en un rango de 30 x 30 cm. Siendo estas originadas básicamente por la contracción del concreto y periodos altos de calor. Estos desperfectos tienen cierto parecido con la fisuración de piel de cocodrilo teniendo como única diferenciación los bloques y lados angulosos. (MTC, 2013).



Figura 8: Falla fisura en bloque

Fuente: Rodríguez, 2009, p.29

Fisura longitudinal y transversal

Este tipo de grietas tiene una fisuración peculiar ya que su fisura se da de manera paralela al eje del pavimento, suscitada por dureza del asfalto, cambios en la temperatura, agrietamiento producido en capas inferiores. (MTC, 2013).

Hundimiento

Este tipo de fallas son separaciones con sentido inferior formando una pequeña curva en dirección para abajo, estos desplazamientos ocurren en toda el área del pavimento causadas por depresiones en la superficie del terreno. Estas fallas generan altos problemas de seguridad a los vehículos por las deformaciones presentadas en el pavimento y por la acumulación de agua en los hundimientos presentados. (MTC, 2013).



Figura 9: Falla por hundimiento

Fuente: Rodríguez, 2009, p.33.

Ahuellamiento

Este tipo de fallas se presentan en forma de hundimiento o mejor llamado ahuellamiento. Se presentan por una mala ejecución en los trabajos de pavimentación, siendo visibles por la presencia de lluvia debido a la acumulación de agua en las deformaciones producidas por esta falla. Estas fallas son generalmente deformaciones producidas en cualquier parte del sistema estructural del firme pudiendo ser base, subbase o subrasante, en el peor de los casos una falla por ahuellamiento puede generar una falla estructural en condiciones más desfavorables. (MTC, 2013).

Desplazamiento

Falla longitudinal permanente producida por altas cargas de tránsito. El tránsito pesado genera cargas mayores el cual genera empujes en contra del pavimento. Estas fallas aparecen donde los diseños de las mezclas de asfalto son muy poco estables. (MTC, 2013).



Figura 10: Falla por desplazamiento

Fuente: Rodríguez, 2009, p.35

Baches

Los baches o mal llamados huecos son depresiones producidas en la superficie, la mayoría de ellos menores a 0.85m y en forma de plato, presentando bordes angulosos cerca del sector superior. El aumento de esta falla generada por la amontonamiento de agua producidas por altas carga de trafico dentro del pavimento (MTC, 2013).



Figura 11: Falla por desplazamiento

Fuente: Rodríguez, 2009, p.36

Desprendimiento de agregados

Este tipo de fallas se caracteriza por el desprendimiento o pérdida de agregados en la carpeta asfáltica, causado por el desgaste o pérdida del material ligante. Cabe mencionar que este daño se da por mezclas de baja calidad o el material ligante se presenta de forma endurecida. (MTC, 2013).



Figura 12: Falla por desprendimiento de agregado

Fuente: Rodríguez, 2009, p.37

Exudación

Las fallas por exudación son fallas presentadas en la superficie el cual tiene una particularidad de formar capas cristalizadas y brillantes. Es ocasionada por demasía de asfalto presentado en el diseño de mezclas o una colocación excesiva de algún sellante asfáltico. (MTC, 2013).



Figura 13: Falla por exudación

Fuente: Rodríguez, 2009, p.38

2.6 Hipótesis

2.6.1 Hipótesis general:

El diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado optimiza los costos de materiales para el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria.

2.6.2 Hipótesis específicas:

- Incrementando el porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de material bituminoso en el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria.
- Incrementando la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria.
- Incrementando la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipología de la investigación

Su orientación es aplicada porque se busca demostrar las hipótesis planteadas por medio de ensayos de laboratorios y métodos según las especificaciones del (MTC, 2013) genera conocimientos sobre el reciclado de la carpeta asfáltica como una alternativa para solucionar los altos costos de mantenimiento de vía.

3.2. Enfoque de investigación

Es de tipo de cuantitativo ya que tiene como objetivo realizar ensayos para obtener valores numéricos verificando si el ensayo es correcto y con ellos obtener conclusiones.

3.3 Nivel de investigación

El trabajo es de tipo descriptivo, consiste en sustentar los pasos de los diferentes procesos que se deben seguir en el reciclado de material asfáltica indicada en el manual de conservación de carreteras-conservación vial para obtener una carretera en condiciones óptimas y a un costo económico que brinden comodidad y seguridad al usuario.

3.4 Diseño de la investigación

La siguiente investigación emplea un diseño experimental-longitudinal. Experimental porque se hallaron resultados en función a ensayos de laboratorio y longitudinal porque estos ensayos se realizaron en diferentes tiempos para las muestras obtenidas para la Avenida Universitaria.

3.5 Variables

La variable dependiente en el caso es optimizar costos, debido a que esta no se manipulará, por el contrario, se realizará para ver el efecto que la variable independiente tiene sobre ella.

“Diseño de mezcla asfáltica utilizando material reciclado para optimizar costos para el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria”

Variable dependiente: Optimizar costos

Variable independiente: Mezcla asfáltica

3.6 Población y muestra

- **La población** está conformada por el total de las unidades de análisis que resultan del interés en el estudio realizado, por ello, la población es la Avenida Universitaria, Los Olivos
- **La muestra** conformada por un subconjunto de la población, en tal sentido se delimitó la muestra como la Avenida Universitaria tramo Km 18+000 al Km 19+000, lugar donde se llevó a cabo el proyecto.

3.7 Técnicas de la investigación

En la tesis, usaremos el nivel descriptivo, considerando que se tiene que recolectar y analizar datos y se presentados de forma conjunta, basándonos en el *Manual de Carreteras EG-2013*

Realizando los siguientes ensayos para la mezcla asfáltica:

- a) Porcentaje de asfalto (lavado asfáltico): ensayo MTC E 502 – 2016. Extracción cuantitativa de asfalto en mezcla para pavimentos.
- b) Análisis Granulométrico del material reciclado: Ensayo MTC E 107 – 2016. Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Para los agregados se realizaron los siguientes ensayos:

- 1) Calidad del agregado grueso
 - a) Análisis granulométrico del agregado grueso
 - b) Inalterabilidad de los agregados gruesos por medio del sulfato

de sodio (durabilidad)

c) Peso específico y absorción del agregado grueso Resistencia de agregado grueso de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles

d) Peso específico y absorción del agregado grueso

e) Partículas chatas y alargadas del agregado grueso

f) Porcentaje de caras fracturada en el agregado grueso (1 a más, 2 a más)

g) Adherencia de los ligantes bituminosos al agregado grueso

h) Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles

2) Calidad del agregado fino

a) Análisis granulométrico del agregado fino

b) Inalterabilidad de los agregados finos por medio del sulfato de sodio.

c) Equivalente de arena de suelos y agregado fino

d) Limite liquido – malla N°40 y Limite plástico – malla N°40

e) Lavado en agregados fino

f) Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Riedel – Weber)

g) Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles

h) Valor de azul de metileno para arcillas, rellenos minerales finos

3) Para el nuevo pavimento (reciclado), se realizaron los siguientes

Ensayos:

a) Peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas (Rice)

b) Diseño de Mezcla asfáltica en caliente (Método Marshall)

Instrumentos de recolección de datos

Para este proyecto, el instrumento de recolección se basa en una serie de consultas o preguntas semiestructuradas. Es de fácil observación debido a que las personas encargadas de formular y responde el formulario participan

lo más natural posible. Esta entrevista cuenta con preguntas claras y exactas hacia el ingeniero responsable.

CAPÍTULO IV DESARROLLO

4.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado exactamente en el tramo comprendido desde el km 18+000 hasta el km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos, departamento de Lima.



Figura 14: Mapa político del departamento del Lima
Fuente: IGN, 2018, Mapas departamentales del Perú

El tramo en estudio fue de 1km, desde el km 18+000 hasta el km 19+000 de la Av. Universitaria, para todo el tramo en estudio se presentaron diferentes tipos de fallas estructurales a lo largo de toda la carpeta de rodadura.

4.2 Ubicación del proyecto

Para el trabajo de investigación, se tomaron unidades de muestra cada 50 metros, para tener un área de estudio más reducida y detallada del km 18+000 hasta el km 19+000 de la Av. Universitaria. Esto para calcular el índice de condición del pavimento y ver si el firme se encuentra en mal estado. Una vez obtenido el resultado de ICP se realizó los trabajos de fresado, procedimiento que consisten en la extracción de la carpeta de rodadura, con el material resultante del fresado se calculó los porcentajes de asfalto y agregados, para saber el estado situacional de cada material.

Posterior a ello se procedió a verificar los estándares de calidad a los agregados que serán usados como adición a la mezcla asfáltica reciclada de acuerdo a las normativas que indica el Manual de Carreteras, Manual de ensayos de materiales (EG-2013). Por último, se realizó el ensayo Marshall (diseño) con el peso específico máximo de cada mezcla asfáltica.

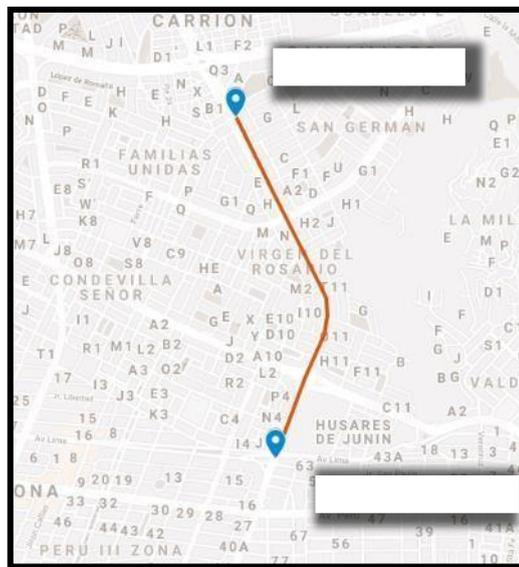


Figura 15: Tramo Km18+000 al Km19+000 de la Av. Universitaria

Fuente: Google Maps, 2020, Avenidas de Lima

4.3 Cálculo de índice de condición del pavimento

Se calcularon los índices de condición del pavimento con 20 unidades de muestra de cada 50m desde el tramo Km18 – Km19 en la Av. Universitaria.

Tabla 5: Unidad de muestra 1 ICP

USMP FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE									
		CALCULO DEL PCI									
PROYECTO :		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av.universitaria tramo Km 18-Km19									
NOMBRE DE VIA:		Avenida Universitaria									
UNIDADES DE MUESTRA:		UM20									
PROGRESIVIDAD INICIAL:		18+000									
PROGRESIVIDAD FINAL:		18+050									
ANCHO DE LA VIA:		7									
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:		350									
		EVALUADOR (ES):		Barahona soto carlos							
		FECHA :		30/06/2020							
Nº	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	Nº	Tipo de Falla	Codigo	Unidad				
1	Piel de cocodrilo	PC	m2	13	Huecos	HUE	und				
2	Exudación	EX	m2	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2				
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2				
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	16	Desplazamiento	DES	m2				
5	Corrugacion	COR	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2				
6	Depresion	DEP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2				
7	Grietas de borde	GB	m	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2				
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m								
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m								
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m								
11	Parqueo	PA	m2								
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2								
				Severidades							
				Low	Baja	L					
				Medium	Media	M					
				High	Alta	H					
Falla	Gravedad	Metrado Parcial						Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)	
PC	M	9.75	1.13	8.45	6.43	15.75	41.51	11.86	47.60		
PC	H	8.65	10.5				19.15	5.47	53.40		
BLO	H	2.35					2.35	0.67	0.60		
DES	M	5.55					5.55	1.59	13.20		
AHU	M	3.55	6.69				10.24	2.93	30.00		
									Total DV	144.80	
# de valor deducido > 2 (q): 5											
Valor deducido mayor (HVDI): 53.40											
# máximo de valores deducidos (m i) 6.00											
$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \#00 - HDV \leq 10$											
								Valor Deducido Corregido (VDC)			
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDI	q	VDT		
1	53.40	47.60	30.00	13.20	0.60		144.80	4	80		
2	53.40	47.60	30.00	13.20	2.00		146.20	3	80.1		
3	53.40	47.60	30.00	2.00	2.00		135.00	2	73		
4	53.40	47.60	2.00	2.00	2.00		107.00	1	60		
5	53.40	2.00	2.00	2.00	2.00						
									MAX VDC	80.1	
ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO							PCI = 100 - (Máx VDC o Total VD)				
							PCI = 19.9				
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:							(MUY MALO)				

Elaboración: El autor.

Tabla 7: Unidad de muestra 3 ICP

 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE								
		CALCULO DEL PCI								
PROYECTO:		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av. universitaria tramo Km 18-Km19								
NOMBRE DE VIA:	Avenida Universitaria	EVALUADOR (ES): Barahona soto carlos FECHA: 30/06/2020								
UNIDADES DE MUESTRA:	UM20									
PROGRESIVIDAD INICIAL:	18+100									
PROGRESIVIDAD FINAL:	18+150									
ANCHO DE LA VIA:	7									
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:	350									
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad			
1	Piel de cocodrilo	PC	m2	13	Huecos	HUE	und			
2	Exudacion	EX	m2	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2			
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2			
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	16	Desplazamiento	DES	m2			
5	Corrugacion	COR	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2			
6	Depresion	DEP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2			
7	Grietas de borde	GB	m	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2			
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m	Severidades Low Baja L Medium Media M High Alta H						
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m							
11	Parcheo	PA	m2							
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2							
Falla	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)
PC	L	4.59	29.68	14.57	7.99	10.58		67.41	19.26	40.00
PC	M	12.33	4.87	12.1	6.66			35.96	10.27	46.00
BLO	H	8.87	6.87					15.74	4.50	18.20
BLO	L	33.87						33.87	9.68	7.60
									Total DV	111.80
# de valor deducido > 2 (q): 4		$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \left[100 - HDV \right] \leq 10$		Valor Deducido Corregido (VDC)						
Valor deducido mayor (HVDI): 46.00										
# máximo de valores deducidos (m i) 6.00										
N°	VALORES DEDUCIDOS						VD	q	VDT	
1	46.00	40.00	18.20	7.60			111.80	4	63.5	
2	46.00	40.00	18.20	2.00			106.20	3	65	
3	46.00	40.00	2.00	2.00			90.00	2	64	
4	46.00	2.00	2.00	2.00			52.00	1	52	
									MAX VDC	65
ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO		PCI =		100 - (Máx VDC o Total VD)						
		PCI =		35						
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:				(MALO)						

Elaboración: El autor.

Tabla 8: Unidad de muestra 4 ICP

 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE																	
		CALCULO DEL PCI																	
PROYECTO:		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av.universitaria tramo Km 18-Km19																	
NOMBRE DE VIA:	Avenida Universitaria	<table border="1"> <tr> <td>EVALUADOR (ES):</td> <td>Barahona soto carlos</td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td>30/06/2020</td> </tr> </table>				EVALUADOR (ES):	Barahona soto carlos	FECHA:	30/06/2020										
EVALUADOR (ES):	Barahona soto carlos																		
FECHA:	30/06/2020																		
UNIDADES DE MUESTRA:	UM20																		
PROGRESIVIDAD INICIAL:	18+150																		
PROGRESIVIDAD FINAL:	18+200																		
ANCHO DE LA VIA:	7																		
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:	350																		
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad												
1	Piel de cocodrilo	PC	m2	13	Huecos	HUE	und												
2	Exudacion	EX	m2	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2												
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2												
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	16	Desplazamiento	DES	m2												
5	Corrugacion	COR	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2												
6	Depresion	DEP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2												
7	Grietas de borde	GB	m	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2												
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Severidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Low</td> <td>Baja</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>Medium</td> <td>Media</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>Alta</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>				Severidades			Low	Baja	L	Medium	Media	M	High	Alta	H
Severidades																			
Low	Baja	L																	
Medium	Media	M																	
High	Alta	H																	
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m																
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m																
11	Parqueo	PA	m2																
12	Pulimento de Agregados	PU	m2																
Falla	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)									
PC	M	4.57	8.65	14.88	15.78			43.88	12.54	47.00									
PC	L	20.88	14.5					35.38	10.11	33.00									
DAG	M	48.66						48.66	13.90	21.00									
									Total DV	101.00									
# de valor deducido > 2 (q): 3		Valor deducido mayor (HVD): 47.00		# máximo de valores deducidos (m i) 6.00		$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \left[100 - HDV' \right] \leq 10$													
N°	VALORES DEDUCIDOS						Valor Deducido Corregido (VDC)												
	VD	q	VDT																
1	47.00	33.00	21.00					101.0	3	63.5									
2	47.00	47.60	2.00					96.6	2	68									
3	47.00	2.00	2.00					51.0	1	51									
									MAX VDC	68									
ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO		PCI =		100 - (Máx VDC o Total VD)															
		PCI =		32															
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:		(MALO)																	

Elaboración: El autor,

Tabla 12: Unidad de muestra 8 ICP

 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE CALCULO DEL PCI	
PROYECTO:		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av. universitaria tramo Km 18-Km19	
NOMBRE DE VIA:	Avenida Universitaria		
UNIDADES DE MUESTRA:	UM20		
PROGRESIVIDAD INICIAL:	18+350		
PROGRESIVIDAD FINAL:	18+400		
ANCHO DE LA VIA:	7		
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:	350		
EVALUADOR (ES):		Barahona soto carlos	
FECHA:		30/06/2020	

N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad
1	Piel de cocodrilo	PC	m2	13	Huecos	HUE	und
2	Exudacion	EX	m2	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	16	Desplazamiento	DES	m2
5	Corrugacion	COR	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2
6	Depresion	DEP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2
7	Grietas de borde	GB	m	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m				
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m				
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m				
11	Parqueo	PA	m2				
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2				

Severidades		
Low	Baja	L
Medium	Media	M
High	Alta	H

Falla	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)
BLO	L	13	12.2	22.2				47.40	13.54	9.50
BLO	H	25.5						25.50	7.29	24.20
Total DV										33.70

de valor deducido > 2 (q): 2
 Valor deducido mayor (HVDi): 24.20
 # máximo de valores deducidos (m i) 6.00

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \#00 - HDV \sim \leq 10$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						Valor Deducido Corregido (VDC)		
	VD1	VD2	VD3	VD4	VD5	VD6	VD7	q	VDT
1	24.20	9.50					33.70	2	26.2
2	24.20	2.00					26.20	1	27
MAX VDC									27

ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO		PCI = 100 - (Máx VDC o Total VD)
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:		PCI = 73
		(MUY BUENO)

Elaboración: El autor

Tabla 13: Unidad de muestra 9 ICP

 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE CALCULO DEL PCI
PROYECTO: Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av. universitaria tramo Km 18-Km19	
NOMBRE DE VIA:	Avenida Universitaria
UNIDADES DE MUESTRA:	UM20
PROGRESIVIDAD INICIAL:	18+400
PROGRESIVIDAD FINAL:	18+450
ANCHO DE LA VIA:	7
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:	350
EVALUADOR (ES):	Barahona soto carlos
FECHA:	30/06/2020

N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad
1	Piel de cocodrilo	PC	m2	13	Huecos	HUE	und
2	Exudacion	EX	m2	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	16	Desplazamiento	DES	m2
5	Corrugacion	COR	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2
6	Depresion	DEP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2
7	Grietas de borde	GB	m	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m				
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m				
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m				
11	Parcheo	PA	m2				
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2				

Severidades		
Low	Baja	L
Medium	Media	M
High	Alta	H

Falla	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)
PC	M	4.55	8.56	15.24				28.35	8.10	43.10
PC	L	35.2	11.2					46.40	13.26	35.80
DAG	M	24						24.00	6.86	15.60
Total DV										94.50

de valor deducido > 2 (q): 3
 Valor deducido mayor (HVDI): 43.10
 # máximo de valores deducidos (m i) 6.00

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \left[100 - HDV\right] \leq 10$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						Valor Deducido Corregido (VDC)		
	VD	q	VDT						
1	43.10	35.80	15.60				94.5	3	60
2	43.10	35.80	2.00				80.9	2	59
3	43.10	2.00	2.00				47.1	1	47.1
MAX VDC									60

ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO

PCI =	100 - (Máx VDC o Total VD)
PCI =	40

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

(MALO)

Elaboración: El autor

Tabla 15: Unidad de muestra 11 ICP

 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE					
		CALCULO DEL PCI					
PROYECTO:		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av. universitaria tramo Km 18-Km19					
NOMBRE DE VIA:	Avenida Universitaria					EVALUADOR (ES): Barahona soto carlos	
UNIDADES DE MUESTRA:	UM20					FECHA: 30/06/2020	
PROGRESIVIDAD INICIAL:	18+500						
PROGRESIVIDAD FINAL:	18+550						
ANCHO DE LAVIA:	7						
ÁREA DE UNIDAD DE MUESTRA:	350						

N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad
1	Piel de cocodrilo	PC	m2	13	Huecos	HUE	und
2	Exudacion	EX	m2	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	16	Desplazamiento	DES	m2
5	Corrugacion	COR	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2
6	Depresion	DEP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2
7	Grietas de borde	GB	m	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m				
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m				
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m				
11	Parqueo	PA	m2				
12	Pulimientto de Agregados	PU	m2				

Severidades		
Low	Baja	L
Medium	Media	M
High	Alta	H

Falla	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)
AHU	L	1.25	11.24	5.68				18.17	5.19	20.50
AHU	H	24.2						24.20	6.91	75.10
PC	M	8.55	11.58	25.5				45.63	13.04	48.20
									Total DV	143.80

de valor deducido > 2 (q): 3
 Valor deducido mayor (HVDI): 75.10
 # máximo de valores deducidos (m i) 6.00

$$m = 1 + \left(\frac{q}{98} \right) \cdot 100 - HDV \leq 10$$

Valor Deducido Corregido (VDC)										
N°	VALORES DEDUCIDOS						VD	q	VDT	
1	75.10	48.20	20.50				143.80	3	85	
2	75.10	32.00	2.00				109.10	2	75.5	
3	75.10	2.00	2.00				79.10	1	79	
									MAX VDC	85

ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO		PCI =	100 - (Máx VDC o Total VD)
		PCI =	15
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:		(MUYMALO)	

Elaboración: El autor

Tabla 18: Unidad de muestra 14 ICP

 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE CALCULO DEL PCI																																																																																									
PROYECTO:		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av. universitaria tramo Km 18-Km19																																																																																									
NOMBRE DE VIA:		Avenida Universitaria						EVALUADOR (ES):		Barahona soto carlos																																																																																	
UNIDADES DE MUESTRA:		UM20																																																																																									
PROGRESIVIDAD INICIAL:		18+650																																																																																									
PROGRESIVIDAD FINAL:		18+700																																																																																									
ANCHO DE LA VIA:		7																																																																																									
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:		350						FECHA:		30/06/2020																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Tipo de Falla</th> <th>Codigo</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de cocodrilo</td><td>PC</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudacion</td><td>EX</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en bloque</td><td>BLO</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamiento y Hundimiento</td><td>ABH</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugacion</td><td>COR</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresion</td><td>DEP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grietas de borde</td><td>GB</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grietas de reflexion de junta</td><td>GR</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril/Berma</td><td>DN</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>GLT</td><td>m</td></tr> <tr><td>11</td><td>Parcheo</td><td>PA</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td><td>PU</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>				N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	1	Piel de cocodrilo	PC	m2	2	Exudacion	EX	m2	3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	5	Corrugacion	COR	m2	6	Depresion	DEP	m2	7	Grietas de borde	GB	m	8	Grietas de reflexion de junta	GR	m	9	Desnivel Carril/Berma	DN	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m	11	Parcheo	PA	m2	12	Pulimento de Agregados	PU	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Tipo de Falla</th> <th>Codigo</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>HUE</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de via ferrea</td><td>CVF</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>AHU</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>DES</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabolica</td><td>GP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>HN</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de agregados</td><td>DAG</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>				N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	13	Huecos	HUE	und	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2	16	Desplazamiento	DES	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad																																																																																								
1	Piel de cocodrilo	PC	m2																																																																																								
2	Exudacion	EX	m2																																																																																								
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2																																																																																								
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2																																																																																								
5	Corrugacion	COR	m2																																																																																								
6	Depresion	DEP	m2																																																																																								
7	Grietas de borde	GB	m																																																																																								
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m																																																																																								
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m																																																																																								
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m																																																																																								
11	Parcheo	PA	m2																																																																																								
12	Pulimento de Agregados	PU	m2																																																																																								
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad																																																																																								
13	Huecos	HUE	und																																																																																								
14	Cruce de via ferrea	CVF	m2																																																																																								
15	Ahuellamiento	AHU	m2																																																																																								
16	Desplazamiento	DES	m2																																																																																								
17	Grieta Parabolica	GP	m2																																																																																								
18	Hinchamiento	HN	m2																																																																																								
19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2																																																																																								
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Severidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Low</td> <td>Baja</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>Medium</td> <td>Media</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>Alta</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>				Severidades			Low	Baja	L	Medium	Media	M	High	Alta	H																																																																								
Severidades																																																																																											
Low	Baja	L																																																																																									
Medium	Media	M																																																																																									
High	Alta	H																																																																																									
Falla		Severidad		Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)																																																																																	
PC	L	5.55	8.25	20.65			34.45	9.84	33.00																																																																																		
PC	H	4.65	9.83				14.48	4.14	50.00																																																																																		
PC	M	21.69	4.66				26.35	7.53	42.00																																																																																		
								Total DV	125.00																																																																																		
# de valor deducido > 2 (q): 3		Valor deducido mayor (HVDi): 50.00		# máximo de valores deducidos (m i) 6.00		$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \sqrt{100 - HDV} \leq 10$																																																																																					
		VALORES DEDUCIDOS				Valor Deducido Corregido (VDC)																																																																																					
N°	VD	q	VDT																																																																																								
1	50.00	42.00	33.00	125.00	3	70.5																																																																																					
2	50.00	42.00	2.00	94.00	2	59.8																																																																																					
3	50.00	2.00	2.00	54.00	1	40																																																																																					
							MAX VDC	70.5																																																																																			
ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO		PCI =		100 - (Máx VDC o Total VD)																																																																																							
		PCI =		29.5																																																																																							
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:		(MALO)																																																																																									

Elaboración: El autor

Tabla 21: Unidad de muestra 17 ICP

 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO ENPAVIMIENTOS FLEXIBLE CALCULO DEL PCI																																																																																																							
PROYECTO:		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av.universitaria tramo Km 18-Km19																																																																																																							
NOMBRE DE VIA:		Avenida Universitaria																																																																																																							
UNIDADES DE MUESTRA:		UM20																																																																																																							
PROGRESIVIDAD INICIAL:		18+800																																																																																																							
PROGRESIVIDAD FINAL:		18+850																																																																																																							
ANCHO DE LA VIA:		7																																																																																																							
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:		350																																																																																																							
		EVALUADOR (ES):		Barahona soto carlos																																																																																																					
		FECHA: 30/06/2020																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Tipo de Falla</th> <th>Codigo</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de cocodrilo</td><td>PC</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudacion</td><td>EX</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en bloque</td><td>BLO</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamiento y Hundimiento</td><td>ABH</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugacion</td><td>COR</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresion</td><td>DEP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grietas de borde</td><td>GB</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grietas de reflexion de junta</td><td>GR</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril/Berma</td><td>DN</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>GLT</td><td>m</td></tr> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>PA</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>PU</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>		N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	1	Piel de cocodrilo	PC	m2	2	Exudacion	EX	m2	3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	5	Corrugacion	COR	m2	6	Depresion	DEP	m2	7	Grietas de borde	GB	m	8	Grietas de reflexion de junta	GR	m	9	Desnivel Carril/Berma	DN	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m	11	Parqueo	PA	m2	12	Pulimiento de Agregados	PU	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Tipo de Falla</th> <th>Codigo</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>HUE</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de via ferrea</td><td>CVF</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>AHU</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>DES</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabolica</td><td>GP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>HN</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de agregados</td><td>DAG</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>		N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	13	Huecos	HUE	und	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2	16	Desplazamiento	DES	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2																		
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad																																																																																																						
1	Piel de cocodrilo	PC	m2																																																																																																						
2	Exudacion	EX	m2																																																																																																						
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2																																																																																																						
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2																																																																																																						
5	Corrugacion	COR	m2																																																																																																						
6	Depresion	DEP	m2																																																																																																						
7	Grietas de borde	GB	m																																																																																																						
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m																																																																																																						
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m																																																																																																						
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m																																																																																																						
11	Parqueo	PA	m2																																																																																																						
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2																																																																																																						
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad																																																																																																						
13	Huecos	HUE	und																																																																																																						
14	Cruce de via ferrea	CVF	m2																																																																																																						
15	Ahuellamiento	AHU	m2																																																																																																						
16	Desplazamiento	DES	m2																																																																																																						
17	Grieta Parabolica	GP	m2																																																																																																						
18	Hinchamiento	HN	m2																																																																																																						
19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2																																																																																																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Severidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Low</td> <td>Baja</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>Medium</td> <td>Media</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>Alta</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		Severidades			Low	Baja	L	Medium	Media	M	High	Alta	H																																																																																										
Severidades																																																																																																									
Low	Baja	L																																																																																																							
Medium	Media	M																																																																																																							
High	Alta	H																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>Severidad</th> <th colspan="5">Cantidades Parciales</th> <th>Total</th> <th>Densidad (%)</th> <th>Valor Deducido (D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PC</td> <td>M</td> <td>4.57</td> <td>8.65</td> <td>14.88</td> <td>15.78</td> <td></td> <td>43.88</td> <td>12.54</td> <td>47.30</td> </tr> <tr> <td>DAG</td> <td>M</td> <td>48.66</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>48.66</td> <td>13.90</td> <td>21.20</td> </tr> <tr> <td>DAG</td> <td>H</td> <td>14.5</td> <td>22.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>37.00</td> <td>10.57</td> <td>21.00</td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="8"></td> <td>Total DV</td> <td>89.50</td> </tr> </tbody> </table>		Falla	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)	PC	M	4.57	8.65	14.88	15.78		43.88	12.54	47.30	DAG	M	48.66					48.66	13.90	21.20	DAG	H	14.5	22.5				37.00	10.57	21.00																																																											Total DV	89.50				
Falla	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)																																																																																																
PC	M	4.57	8.65	14.88	15.78		43.88	12.54	47.30																																																																																																
DAG	M	48.66					48.66	13.90	21.20																																																																																																
DAG	H	14.5	22.5				37.00	10.57	21.00																																																																																																
								Total DV	89.50																																																																																																
# de valor deducido > 2 (q): 3 Valor deducido mayor (HVDI): 47.30 # máximo de valores deducidos (m) 6.00		$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \#100 - HDV \leq 10$																																																																																																							
								Valor Deducido Corregido (VDC)																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th colspan="4">VALORES DEDUCIDOS</th> <th>VD</th> <th>q</th> <th>VDT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>47.30</td> <td>21.20</td> <td>21.00</td> <td></td> <td>89.5</td> <td>3</td> <td>56.5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>47.30</td> <td>21.20</td> <td>2.00</td> <td></td> <td>70.5</td> <td>2</td> <td>52.3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>47.30</td> <td>2.00</td> <td>2.00</td> <td></td> <td>51.3</td> <td>1</td> <td>51.3</td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td>MAX VDC</td> <td>56.5</td> </tr> </tbody> </table>		N°	VALORES DEDUCIDOS				VD	q	VDT	1	47.30	21.20	21.00		89.5	3	56.5	2	47.30	21.20	2.00		70.5	2	52.3	3	47.30	2.00	2.00		51.3	1	51.3																																																MAX VDC	56.5																							
N°	VALORES DEDUCIDOS				VD	q	VDT																																																																																																		
1	47.30	21.20	21.00		89.5	3	56.5																																																																																																		
2	47.30	21.20	2.00		70.5	2	52.3																																																																																																		
3	47.30	2.00	2.00		51.3	1	51.3																																																																																																		
							MAX VDC	56.5																																																																																																	
ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO		<table border="1"> <tr> <td>PCI =</td> <td>100 - (Máx VDC o Total VD)</td> </tr> <tr> <td>PCI =</td> <td>43.5</td> </tr> </table>		PCI =	100 - (Máx VDC o Total VD)	PCI =	43.5																																																																																																		
PCI =	100 - (Máx VDC o Total VD)																																																																																																								
PCI =	43.5																																																																																																								
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:		<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">(MALO)</td> </tr> </table>		(MALO)																																																																																																					
(MALO)																																																																																																									

Elaboración: El autor

Tabla 23: Unidad de muestra 19 ICP

 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLE CALCULO DEL PCI																																																																																					
PROYECTO :		Diseño de mezcla asfáltica y utilizando material reciclado para optimizar costos en la av.universitaria tramo Km 18-Km19																																																																																					
NOMBRE DE VIA:		Avenida Universitaria																																																																																					
UNIDADES DE MUESTRA:		UM20																																																																																					
PROGRESIVIDAD INICIAL:		18+900		EVALUADOR (ES):																																																																																			
PROGRESIVIDAD FINAL:		18+950		Barahona soto carlos																																																																																			
ANCHO DE LA VIA:		7		FECHA :																																																																																			
AREA DE UNIDAD DE MUESTRA:		350		30/06/2020																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Tipo de Falla</th> <th>Codigo</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de cocodrilo</td><td>PC</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudacion</td><td>EX</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en bloque</td><td>BLO</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamiento y Hundimiento</td><td>ABH</td><td>m2</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugacion</td><td>COR</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresion</td><td>DEP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grietas de borde</td><td>GB</td><td>m</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grietas de reflexion de junta</td><td>GR</td><td>m</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril/Berma</td><td>DN</td><td>m</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Longitudinales y Transversales</td><td>GLT</td><td>m</td></tr> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td><td>PA</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimiento de Agregados</td><td>PU</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>		N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	1	Piel de cocodrilo	PC	m2	2	Exudacion	EX	m2	3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2	4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2	5	Corrugacion	COR	m2	6	Depresion	DEP	m2	7	Grietas de borde	GB	m	8	Grietas de reflexion de junta	GR	m	9	Desnivel Carril/Berma	DN	m	10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m	11	Parqueo	PA	m2	12	Pulimiento de Agregados	PU	m2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Tipo de Falla</th> <th>Codigo</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>13</td><td>Huecos</td><td>HUE</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de via ferrea</td><td>CVF</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td><td>AHU</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td><td>DES</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabolica</td><td>GP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td><td>HN</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de agregados</td><td>DAG</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>		N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad	13	Huecos	HUE	und	14	Cruce de via ferrea	CVF	m2	15	Ahuellamiento	AHU	m2	16	Desplazamiento	DES	m2	17	Grieta Parabolica	GP	m2	18	Hinchamiento	HN	m2	19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad																																																																																				
1	Piel de cocodrilo	PC	m2																																																																																				
2	Exudacion	EX	m2																																																																																				
3	Agrietamiento en bloque	BLO	m2																																																																																				
4	Abultamiento y Hundimiento	ABH	m2																																																																																				
5	Corrugacion	COR	m2																																																																																				
6	Depresion	DEP	m2																																																																																				
7	Grietas de borde	GB	m																																																																																				
8	Grietas de reflexion de junta	GR	m																																																																																				
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m																																																																																				
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m																																																																																				
11	Parqueo	PA	m2																																																																																				
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2																																																																																				
N°	Tipo de Falla	Codigo	Unidad																																																																																				
13	Huecos	HUE	und																																																																																				
14	Cruce de via ferrea	CVF	m2																																																																																				
15	Ahuellamiento	AHU	m2																																																																																				
16	Desplazamiento	DES	m2																																																																																				
17	Grieta Parabolica	GP	m2																																																																																				
18	Hinchamiento	HN	m2																																																																																				
19	Desprendimiento de agregados	DAG	m2																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Severidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Low</td> <td>Baja</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>Medium</td> <td>Media</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>Alta</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		Severidades			Low	Baja	L	Medium	Media	M	High	Alta	H																																																																										
Severidades																																																																																							
Low	Baja	L																																																																																					
Medium	Media	M																																																																																					
High	Alta	H																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>Severidad</th> <th colspan="4">Cantidades Parciales</th> <th>Total</th> <th>Densidad (%)</th> <th>Valor Deducido (D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DAG</td> <td>L</td> <td>28.66</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>28.66</td> <td>8.19</td> <td>4.30</td> </tr> <tr> <td>PC</td> <td>H</td> <td>14.65</td> <td>9.77</td> <td>24.12</td> <td></td> <td>48.54</td> <td>13.87</td> <td>66.10</td> </tr> <tr> <td>PC</td> <td>M</td> <td>11.87</td> <td>6.89</td> <td>16.45</td> <td>9.91</td> <td>45.12</td> <td>12.89</td> <td>48.00</td> </tr> <tr> <td>PC</td> <td>L</td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>15.00</td> <td>4.29</td> <td>24.10</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: right;">Total DV</td> <td>142.50</td> </tr> </tbody> </table>		Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)	DAG	L	28.66				28.66	8.19	4.30	PC	H	14.65	9.77	24.12		48.54	13.87	66.10	PC	M	11.87	6.89	16.45	9.91	45.12	12.89	48.00	PC	L	15				15.00	4.29	24.10	Total DV								142.50	# de valor deducido > 2 (q): 4 Valor deducido mayor (HVDi): 66.10 # máximo de valores deducidos (m i) 6.00																															
Falla	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido (D)																																																																															
DAG	L	28.66				28.66	8.19	4.30																																																																															
PC	H	14.65	9.77	24.12		48.54	13.87	66.10																																																																															
PC	M	11.87	6.89	16.45	9.91	45.12	12.89	48.00																																																																															
PC	L	15				15.00	4.29	24.10																																																																															
Total DV								142.50																																																																															
$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) \left(100 - HDV \right) \leq 10$		Valor Deducido Corregido (VDC)																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th colspan="4">VALORES DEDUCIDOS</th> <th>VDI</th> <th>q</th> <th>VDT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>66.10</td> <td>48.00</td> <td>24.10</td> <td>4.30</td> <td>142.50</td> <td>4</td> <td>79.5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>66.10</td> <td>48.00</td> <td>24.10</td> <td>2.00</td> <td>140.20</td> <td>3</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>66.10</td> <td>48.00</td> <td>2.00</td> <td>2.00</td> <td>118.10</td> <td>2</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>66.10</td> <td>2.00</td> <td>2.00</td> <td>2.00</td> <td>72.10</td> <td>1</td> <td>72.1</td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: right;">MAX VDC</td> <td>84</td> </tr> </tbody> </table>		N°	VALORES DEDUCIDOS				VDI	q	VDT	1	66.10	48.00	24.10	4.30	142.50	4	79.5	2	66.10	48.00	24.10	2.00	140.20	3	84	3	66.10	48.00	2.00	2.00	118.10	2	79	4	66.10	2.00	2.00	2.00	72.10	1	72.1	MAX VDC							84																																						
N°	VALORES DEDUCIDOS				VDI	q	VDT																																																																																
1	66.10	48.00	24.10	4.30	142.50	4	79.5																																																																																
2	66.10	48.00	24.10	2.00	140.20	3	84																																																																																
3	66.10	48.00	2.00	2.00	118.10	2	79																																																																																
4	66.10	2.00	2.00	2.00	72.10	1	72.1																																																																																
MAX VDC							84																																																																																
ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO		<table border="1"> <tr> <td>PCI =</td> <td>100 - (Máx VDC o Total VD)</td> </tr> <tr> <td>PCI =</td> <td>16</td> </tr> </table>				PCI =	100 - (Máx VDC o Total VD)	PCI =	16																																																																														
PCI =	100 - (Máx VDC o Total VD)																																																																																						
PCI =	16																																																																																						
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:		<table border="1"> <tr> <td>(MUY MALO)</td> </tr> </table>				(MUY MALO)																																																																																	
(MUY MALO)																																																																																							

Elaboración: El autor

Tabla 25: Resumen de las unidades de muestra

AV. UNIVERSITARIA					
UNIDAD	PROGRESIVIDAD INICIAL	PROGRESIVIDAD FINAL	MAX VDC	CONDICION DEL PCI	
UM 1	18+000.00	18+050.00	80.1	19.9	MUY MALO
UM 2	18+050.00	18+100.00	70.5	29.5	MALO
UM 3	18+100.00	18+150.00	65	35	MALO
UM 4	18+150.00	18+200.00	68	32	MALO
UM 5	18+200.00	18+250.00	84	16	MUY MALO
UM 6	18+250.00	18+300.00	74	26	MALO
UM 7	18+300.00	18+350.00	56.8	43.2	REGULAR
UM 8	18+350.00	18+400.00	27	73	MUY BUENO
UM 9	18+400.00	18+450.00	60	40	MALO
UM 10	18+450.00	18+500.00	74	26	MALO
UM 11	18+500.00	18+550.00	85	15	MUY MALO
UM 12	18+550.00	18+600.00	78	22	MUY MALO
UM 13	18+600.00	18+650.00	74	26	MUY MALO
UM 14	18+650.00	18+700.00	70.5	29.5	MALO
UM 15	18+700.00	18+750.00	84	16	MUY MALO
UM 16	18+750.00	18+800.00	61.5	38.5	REGULAR
UM 17	18+800.00	18+850.00	56.5	43.5	REGULAR
UM 18	18+850.00	18+900.00	80.2	19.8	MUY BUENO
UM 19	18+900.00	18+950.00	84	16	MUY MALO
UM 20	18+950.00	19+000.00	74	26	MALO

Elaboración: El autor

4.4 Fresado de la carpeta asfáltica

Después de conocer los resultados del ICP donde la mayoría de las unidades de muestra se encontraron en condición mala o muy mala, se continuó con el procedimiento de fresado de la carpeta asfáltica de 2", procedimiento que consiste en retirar la mezcla asfáltica por medio una maquina fresadora el cual rasga el pavimento a través de unas uñas de acero, con la finalidad de extraer las 2" de carpeta asfáltica.

Todo este material es colocado en volquetes de 15m³ y llevados directamente a la planta de tratamiento.

Posterior a ello continúan los trabajos de limpieza usando la máquina barredora, el cual retira todo rastro sobrante de asfalto o desperdicio.



Figura

16:

Maquina fresadora

Fuente: El autor.

La figura 16 muestra la maquina fresadora usada para el procedimiento de extracción de la carpeta asfáltica.



Figura 17: Maquina fresadora eliminando material reciclado en volquetes

Fuente: El autor.

La figura 17, muestra la maquina fresadora en proceso de eliminación de material reciclado, usando volquetes de 15m³ y llevados directamente hacia la planta de tratamiento.



Figura 18: Máquina barredora de pavimento

Fuente: El autor.

La figura 18, muestra la máquina barredora de pavimento en proceso de limpieza, con la finalidad de dejar el pavimento en óptimas condiciones de para continuar con el proceso de riego de liga.



Figura 19: Pavimento después del proceso de fresado

Fuente: El autor.

4.5 Ejecución de ensayos de laboratorio

Se realizó los ensayos a cada componente de la carpeta asfáltica buscando evaluar su comportamiento y ver el impacto económico que este con lleva.

4.5.1 Mezcla asfáltica

Para este tipo de material se calculó el porcentaje de asfalto que hay dentro de la mezcla asfáltica reciclada, por medio del ensayo de lavado asfaltico

4.5.1.1 Porcentaje de asfalto

Este ensayo tuvo como finalidad mostrarnos el valor de adición que tiene que agregarse a la nueva mezcla para obtener un desempeño óptimo del material bituminoso. Este material bituminoso se rediseño tomando como modelo la mezcla asfáltica tradicional usando el ensayo Marshall, esto indicado en la (MTC, 2016), en su norma MTC E502 y el ASTM D272.

En la figura 20, se muestra la maquina separadora de materiales a su velocidad máxima de 3600 rpm, en donde se la agrego un litro de solución tricloroetileno (C_2HCl_3) y fracciones de 20ml hasta separar completamente el asfalto de los agregados. Todo esto con la finalidad de separar los agregados en un recipiente y el cemento asfaltico en otro.



Figura 20: Proceso de extracción de materiales en maquina separadora

Fuente: El autor.

Después de separar los materiales que contiene la carpeta asfáltica reciclada, el cemento asfáltico aún no está completamente puro, por tal motivo se tuvo que pasar por la máquina de centrifugado para obtener el cemento asfáltico en estado totalmente puro. En la figura 21 se muestra los anillos filtrantes usados para la separación del material reciclado.



Figura 21: Anillos filtrantes para separación de material

Fuente: El autor

El porcentaje de cemento asfáltico obtenido en la Avenida Universitaria, fue calculado según la normativa señalada anteriormente, cuyo resultado fue de la siguiente manera:

$$\% \text{ Contenido de cemento asfáltico} = \left(\frac{W1 - W2 + W3}{W1} \right) \cdot 100$$

W1 = Peso de la muestra = 2236.6 g

W2 = Peso del agregado mineral extraído = 2192.5 g

W3 = Finos recuperados = 6.3 g

$$\% \text{ Contenido de cemento asfáltico} = \left(\frac{2236.6 - 2192.5 + 6.3}{2236.6} \right)$$

% Contenido de cemento asfáltico = 2.3%

4.5.1.2 Análisis granulométrico del material reciclado

De este análisis, se obtuvo la curva granulométrica de este material, con la finalidad de obtener el estado en que se encuentran los agregados grueso y fino de este tipo de pavimento reciclado. Toda esta información será de suma importancia ya que en función a ello se deberán corregir y completar con nueva materia prima para cumplir con los parámetros indicados en la norma.

Teniendo como cimiento al (MTC, 2016) con su norma MTC E 107 y en el ASTM D 422, todo esto después de los ensayos de lavado asfáltico del material extraído, se ejecutó el ensayo granulométrico teniendo como resultado la falta de materiales pétreos por adicionar para tener una granulometría en óptimas condiciones.



Figura 22: Granulometría del material reciclado

Fuente: Elaborado por el autor.

La figura 22, muestra el tamizado del agregado obtenido en el material

reciclado para obtener la curva granulométrica para este tipo de diseño y obtener las proporciones según el tamizado para este material reciclado.

Peso total del material reciclado = 2185.5g

❖ Porcentaje de material retenido

$$\text{Malla } 1/2'' = \frac{31.50}{2185.5} \times 100\% = 1.5\%$$

$$\text{Malla } 3/8'' = \frac{64.20}{2185.5} \times 100\% = 3\%$$

$$\text{Malla } 1/4'' = \frac{255.30}{2185.5} \times 100\% = 11.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 4 = \frac{248.90}{2185.5} \times 100\% = 11\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 6 = \frac{212.50}{2185.5} \times 100\% = 9.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 8 = \frac{248.10}{2185.5} \times 100\% = 11\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 10 = \frac{112.30}{2185.5} \times 100\% = 5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 16 = \frac{251.90}{2185.5} \times 100\% = 11\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 20 = \frac{100.70}{2185.5} \times 100\% = 4.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 30 = \frac{88.20}{2185.5} \times 100\% = 4\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 40 = \frac{91.40}{2185.5} \times 100\% = 4\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 50 = \frac{66.40}{2185.5} \times 100\% = 3\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 80 = \frac{91.70}{2185.5} \times 100\% = 4\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 100 = \frac{25.20}{2185.5} \times 100\% = 1\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 200 = \frac{77.50}{2185.5} \times 100\% = 3.5\%$$

$$\text{Malla menor a n}^\circ 200 = \frac{219.70}{2185.5} \times 100\% = 12.5\%$$

❖ Porcentajes de material pasante

$$\text{Malla } 3/4" = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{Malla } 1/2" = 100\% - 1.5\% = 98.5\%$$

$$\text{Malla } 3/8" = 98.5\% - 3\% = 95.5\%$$

$$\text{Malla } 1/4" = 95.5\% - 11.5\% = 84\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 4 = 84\% - 11\% = 73\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 6 = 73\% - 9.5 = 63.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 8 = 63.5\% - 11\% = 52.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 10 = 52.5\% - 5\% = 47.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 16 = 47.5\% - 11\% = 36.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 20 = 36.5\% - 4.5\% = 32\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 30 = 32\% - 4\% = 28\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 40 = 28\% - 4\% = 24\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 50 = 24\% - 3\% = 21\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 80 = 21\% - 4\% = 17\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 100 = 17\% - 1\% = 16\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 200 = 16\% - 3.5\% = 12.5\%$$

$$\text{Malla menor a n}^\circ 200 = 12.5\% - 12.5\% = 0\%$$

4.5.2 Agregados para adicionar a la mezcla asfáltica

El material por adicionar fue sacado de la cantera Gloria, evaluado a los diferentes ensayos indicados en el (MTC, 2013) con la finalidad de ver su comportamiento en esta nueva mezcla cumplan con todas las normativas

requeridas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Otro punto importante fue observar que el material reciclado tenga características similares al material en adición, con el propósito de que el material bituminoso no trabaje de forma diferente con cada tipo de agregados.

4.5.2.1 Estándares de Calidad para el agregado grueso

a) Análisis granulométrico para el agregado grueso

Para este ensayo se realizaron granulometrías para los agregados, con piedra huso 67 que viene a ser la piedra de 3/4" y para piedra confitillo.

Él (MTC, 2016) nos indica que, según la norma MTC E 204 que todo material por pasar ensayo granulométrico debe ser cuarteado, con el fin de obtener un peso determinado de muestra. Este ensayo consistió en calcular la cantidad y tipo de agregado por medio de tamizes, para el agregado de huso 67 se usaran los siguientes tamizes 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y n°4 y para el confitillo se usaran tamizes más pequeños, debido al tamaño nominal que este lleva 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", n°4, n°6, n°8, n°10 y n°16.



Figura 23: Granulometría del agregado grueso

Elaboración: El autor

Se realizó el procedimiento de tamizado tanto para el agregado de huso 67 como para el confitillo, procediendo al zarandeado de los agregados donde se obtuvo la granulometría de cada uno y confirmar la calidad de este

material obtenido de la cantera gloria, mostrado en la figura 23

Peso total del agregado grueso, piedra Huso 67= 2914.9g

❖ Porcentaje de material retenido

$$\text{Malla } 1/2'' = \frac{1345.50}{1345.50+1174.9} \times 92\% = 49\%$$

$$\text{Malla } 3/8'' = \frac{1174.9}{1345.50+1174} \times 92\% = 43\%$$

$$\text{Malla } 1/4'' = \frac{250}{250+144.5} \times 8\% = 5\%$$

$$\text{Malla } n^{\circ}4 = \frac{144.5}{250+144.5} \times 8\% = 3\%$$

❖ Porcentaje de material pasante

$$\text{Malla } 3/4'' = 100\% - 0 = 100\%$$

$$\text{Malla } 1/2'' = 100\% - 49\% = 51\%$$

$$\text{Malla } 3/8'' = 51\% - 43\% = 8\%$$

$$\text{Malla } 1/4'' = 8\% - 5\% = 3\%$$

$$\text{Malla } n^{\circ}4 = 3\% - 3\% = 0\%$$

Peso total del agregado grueso, confitillo= 2482.1g.

❖ Porcentaje de material retenido

$$\text{Malla } 1/2'' = \frac{15.8}{15.8+315.6} \times 46\% = 2\%$$

$$\text{Malla } 3/8'' = \frac{315.6}{15.8+315.6} \times 46\% = 43\%$$

$$\text{Malla } 1/4'' = \frac{145.8}{145.8+420.9} \times 50\% = 13\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 4 = \frac{420.9}{145.8+420.9} \times 50\% = 37\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 6 = \frac{220.5}{220.5+260+15.3+653.9+422.3} \times 4\% = 1\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 8 = \frac{260}{220.5+260+15.3+653.9+422.3} \times 4\% = 1\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 10 = \frac{15.30}{220.5+260+15.3+653.9+422.3} \times 4\% = 1\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 16 = \frac{653.90}{220.5+260+15.3+653.9+422.3} \times 4\% = 1\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 20 = \frac{422.30}{220.5+260+15.3+653.9+422.3} \times 4\% = 1\%$$

❖ **Porcentaje de material pasante**

$$\text{Malla } 3/4" = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{Malla } 1/2" = 100\% - 2\% = 98\%$$

$$\text{Malla } 3/8" = 98\% - 43\% = 55\%$$

$$\text{Malla } 1/4" = 55\% - 13\% = 42\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 4 = 42\% - 37\% = 5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 6 = 5\% - 1\% = 4\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 8 = 4\% - 1\% = 3\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 10 = 3\% - 1\% = 2\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 16 = 2\% - 1\% = 1\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 20 = 1\% - 1\% = 0\%$$

b) Durabilidad del agregado grueso al sulfato de sodio

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 209 y NTP 400.16. Se hizo uso de la piedra huso 67 para realizar el procedimiento según la presente norma. Se tomó porcentajes de las diferentes mallas del tamizado, de la malla 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y n°4. Teniendo este peso se lava el material y se prepara el sulfato de sodio para probarlo hasta obtener 5 ciclos.

Es el porcentaje de pérdida del agregado de una mezcla mediante el ensayo de durabilidad donde se mostró la capacidad que tiene el agregado para resistir la acción de los agentes climatológicos.

El procedimiento para este ensayo consistió en exponer una muestra

del agregado a diferentes etapas alternados de inmersión con una solución de sulfato de sodio. Durante la etapa de secado, las sales accionan a los vacíos del agregado y en la inmersión estas mismas sales se rehidratan y

actúan mediante fuerzas de expansión. El resultado para este ensayo fue el porcentaje de pérdida de peso sobre los tamices ensayados durante una cantidad de ciclos. El rango en variación para este ensayo figura entra 10 a 20% para cinco ciclos de inmersión y secado.



Figura 24: Zarandeo de tamices

Elaboración: El autor.

La figura 24 muestra el tamizado del agregado grueso ya pasado por el sulfato de sodio y su posterior secado al horno con la finalidad de obtener cuanto material de agregado grueso se perdió y compensarlo con agregado fino.

Para el agregado grueso piedra huso 67

- Recipiente 021 (r21)
Peso del material pre ensayo **(A)** = 755.6
Peso del material después del ensayo **(B)** = 751.1
% de pérdida después del ensayo **(C)**

$$C = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100\%$$

$$C = \left(\frac{755.6 - 751.1}{755.6} \right) \times 100\% = 0.6\%$$

Retenido de 3/4" – 1/2" = 45

$$\% \text{ de perdidas corregidas} = \left(\frac{(C) \times \text{escala original}}{100} \right)$$

$$\% \text{ de perdidas corregidas} = \left(\frac{0.6\% \times 45}{100} \right) \times 100\% = 0.27\%$$

- Recipiente 036 (r36)

Peso del material pre ensayo (A) = 255.2

Peso del material después del ensayo (B) = 245.8

% de pérdida después del ensayo (C)

$$C = \left(\frac{(A_{r21} + A_{r36}) - (B_{r21} + B_{r36})}{A_{r21} + A_{r36}} \right) \times 100\%$$

$$C = \left(\frac{(755.6 + 255.2) - (751.1 + 245.8)}{755.6 + 255.2} \right) \times 100\% = 1.4\%$$

Retenido de 3/4" – 1/2" = 45

Retenido de 1/2" – 3/8" = 47

$$\% \text{ de perdidas corregidas} = \left(\frac{(C) \times \text{escala original}}{100} \right)$$

$$\% \text{ de perdidas corregidas} = \left(\frac{1.4\% \times (45 + 47)}{100} \right) \times 100\% = 1.29\%$$

- Recipiente 112 (r112)

Peso del material pre ensayo (A) = 215.8

Peso del material después del ensayo (B) = 211.1

% de pérdida después del ensayo (C)

$$C = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100\%$$

$$C = \left(\frac{215.8-211.1}{215.8} \right) \times 100\% = 2.18\%$$

Retenido de 3/8" – n°4 = 8

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{(C) \times \text{escala original}}{100} \right)$$

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{2.18\% \times 8}{100} \right) \times 100\% = 0.17\%$$

$$\% \text{ total en pérdidas corregidas} = 0.27+1.29+0.17 = 1.73$$

c) Resistencia del agregado grueso por abrasión para tamaños menores a 1 1/2"

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 207 y NTP 400.019, se procedió a calcular la resistencia del agregado grueso. Debido a que la piedra de huso 67 tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", es definido como grado B, quedando retenido en cada una de sus mallas 3/4" y 1/2" con 2500g cada una.

Para la gradación se tomó 2500g por cada malla y se continuo con colocar el material dentro de la máquina de ángeles con 11 billas según el cuadra del (MTC, 2016), esta norma indica que tenemos que observar el impacto o desgaste de los agregados en un tiempo de 15 minutos a 500 rpm, en el ensayo se observó que el material se gastó poco teniendo con resultado un material en buen estado.



Figura 25: Máquina de Ángeles en proceso de gradación

Elaboración: El autor

La figura 25 presenta los agregados sometidos a la Máquina de Ángeles para calcular el porcentaje de gradación del agregado.

Tabla 26: Determinación de la resistencia a la gradación piedra huso 67

MALLA		GRAMOS SEGÚN TIPO DE TAMAÑO						
PASANTE	RETENIDO	GRA D. "A"	GRA D. "B"	GRA D. "C"	GRA D. "D"	GRA D. "1"	GRA D. "2"	GRA D. "3"
		*	*	*	*	*	*	*
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	N°3			2500				
N°3	N°4			2500	5000			
N°4	N°8							

Elaboración: El autor

Tabla 27: Cantidad de esferas según el tipo de gradación

GRADACION "A"	12 esferas
GRADACION "B"	11 esferas
GRADACION "C"	8 esferas
GRADACION "D"	6 esferas
GRADACION "1"	12 esferas
GRADACION "2"	12 esferas
GRADACION "3"	12 esferas

Elaboración: El autor.

Nota: Los asteriscos señalan la cantidad de esferas según el tipo de grado

Peso del material retenido en la malla 3/4" = 3974.2

Peso del material que pasa por la malla 3/4" = 1025.8

$$\% \text{ de pérdida por desgaste} = \left(\frac{1025.8}{5000} \right) \times 100\% = 20.5\%$$

d) Peso específico y absorción del agregado grueso

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 206 y NTP 400.021, el siguiente procedimiento consistió en separar una porción de agregado grueso huso 67, lavarlo para después dejarlo a saturar con agua por un tiempo mínimo de 16 horas, Retirar el agua y secarlo.

Después el proceso continuo colocando el agregado grueso dentro de la máquina de peso específico, dando como resultante el peso inicialmente seco, sumergido y seco, todos ellos para calcular el porcentaje de absorción del material grueso.



Figura 26: Saturación del agregado en agua por 16 horas

Fuente: El autor.

En la figura 26, observamos el agregado huso 67 superficialmente seco después de la saturación de 16 horas

Cálculos para el agregado grueso piedra huso 67.

Peso del agregado grueso saturado y superficialmente seco en el aire
(A) = 3354.1 g

Peso del agregado grueso saturado y superficialmente seco sumergido **(B)** = 2210.3 g

Volumen de vacíos **(C)** = **A - B**

$$\mathbf{C} = 3354.1 - 2210.3 = 1143.8$$

Peso del material seco **(D)** = 3334.1 g

Volumen de la masa **(E)** = **C - (A - D)** = 1143.8 - (3354.1 - 3334.1) = 1123.8

- Peso específico (base seca)

$$\mathbf{(D/C)} = \left(\frac{3334.1}{1143.8} \right) = 2.91\text{g}$$

- Peso específico (base saturada)

$$\mathbf{(A/C)} = \left(\frac{3354.1}{1143.8} \right) = 2.93\text{g}$$

- Peso específico (base saturada)

$$(D/E) = \left(\frac{3334.1}{1123.8} \right) = 2.96g$$

- Absorción

$$\text{Absorción} = \left(\frac{A-D}{D} \right) \times 100\% = \left(\frac{3354.1 - 3334.1}{3334.1} \right) = 0.59\%$$

e) Partículas chatas y alargadas del agregado grueso

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2013), ítem MTC E 223 y NTP 400.040, el procedimiento se realizó teniendo una proporción del agregado grueso de uno a tres respecto a su ancho y longitud. Estos agregados serán verificados en la maquina calibrador proporcional para determinar la forma y características del agregado.



Figura 27. Agregados para ser separados según ancho y longitud

Fuente: El autor.

En la figura 27, se muestra la selección de los agregados gruesos huso 67, separados en chatas y alargadas mediante la maquina calibrador proporcional.



Figura 28: Separación de agregados en función a sus tamices

Fuente: El autor

En la figura 28, observamos selección de los agregados gruesos según sus condiciones chatas y alargadas

- Peso retenido en la malla 3/4" – 1/2"

Peso total **(A)** = 1912.7 g

Peso de la muestra chata y alargadas **(B)** = 112.2 g

Porcentaje de muestra chata y alargada **(C)**

$$C = \frac{B}{A} = \frac{112.2}{1912.7} \times 100\% = 5.86\%$$

Escala original según la granulometría del agregado huso 67 **(D)** = 45

Porcentaje parcial de muestra chata y alargada **(E)**

$$E = C \times D = 5.86\% \times 45 = 263.7\%$$

- Peso retenido en la malla 1/2" – 3/8"

Peso total **(A)** = 1012.9 g

Peso de la muestra chata y alargadas **(B)** = 91.4 g

Porcentaje de muestra chata y alargada **(C)**

$$C = \frac{B}{A} = \frac{91.4}{1012.9} \times 100\% = 9.02\%$$

Escala original según la granulometría del agregado huso 67 **(D)** = 47

Porcentaje parcial de muestra chata y alargada **(E)**

$$E = C \times D = 9.02\% \times 47 = 423.9\%$$

- Porcentaje total de partículas chatas y alargadas

$$263.7 + 423.9 = 687.6 \%$$

- Porcentaje de partículas chatas y alargadas

$$\frac{\% \text{ Total de partículas chatas y alargadas}}{\text{Total de escala original}} = \frac{687.6\%}{45+47} = 7.47\%$$

f) **Porcentaje de caras fracturadas**

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 210 y ASTM D 5821, el ensayo consistió en pasar una proporción del agregado grueso por los tamices 3/4", 1/2", 3/8". Posterior a ello el material es pesado según el tipo de malla. Se realizó los trabajos de inspección visual del material con la finalidad de ver si el material tiene fracturas.

El manual de ensayos de materiales señala que el agregado puede tener una, dos, tres o más caras fracturadas, y con ello calcular el peso total, señala también que para que sea considerada como cara fracturada debe tener una arista bien pronunciada.



Figura 29: Separación de agregados en función a sus tamices

Fuente: El autor.

En la figura 29, se observa la selección de las caras fracturadas del agregado grueso según tipo de malla retenida, y en la figura 30 se muestra la maquina calibrador proporcional usando para la selección y separación de agregados.



Figura 30: Maquina calibrador proporcional

Fuente: El autor

- Mallas peso retenido 3/4" – 1/2"

Peso total retenido en las mallas **(A)** = 1550.6 g

Peso de la muestra 1 a más **(B)** = 1348.1 g

Peso de la muestra 2 a más **(B)** = 1202.9 g

Porcentaje de caras fracturadas 1 a más **(C)**

$$C = \frac{B}{A} = \frac{1348.1}{1550.6} \times 100\% = 86.94\%$$

Porcentaje de caras fracturadas 2 a más **(C)**

$$C = \frac{B}{A} = \frac{1202.9}{1550.6} \times 100\% = 77.57\%$$

Escala original **(D)** = 45

Porcentaje parcial de caras fracturadas 1 a más **(E)**

$$E = C \times D = 86.94 \times 45 = 3912.30$$

Porcentaje parcial de caras fracturadas 2 a más **(E)**

$$E = C \times D = 77.57 \times 45 = 3490.65$$

- Mallas peso retenido 1/2" – 3/8"

Peso total retenido en las mallas **(A)** = 1433.1 g

Peso de la muestra 1 a más **(B)** = 1358.9 g

Peso de la muestra 2 a más **(B)** = 1285.3 g

Porcentaje de caras fracturadas 1 a más **(C)**

$$C = \frac{B}{A} = \frac{1358.9}{1433.1} \times 100\% = 94.82\%$$

Porcentaje de caras fracturadas 2 a más **(C)**

$$C = \frac{B}{A} = \frac{1285.3}{1433.1} \times 100\% = 89.68\%$$

Escala original **(D)** = 47

Porcentaje parcial de caras fracturadas 1 a más **(E)**

$$E = C \times D = 94.82 \times 47 = 4453.54$$

Porcentaje parcial de caras fracturadas 2 a más **(E)**

$$E = C \times D = 89.68 \times 47 = 4214.96$$

- Porcentaje total en caras fracturadas de 1 a más en ambas mallas

$$3912.30 + 4453.54 = 8365.84 \%$$

Porcentaje de caras fracturadas 1 a mas

$$\frac{\% \text{ total de caras fracturadas 1 a mas}}{\text{Total de escala original}} = \frac{8365.84}{45+47} = 90.93\%$$

- Porcentaje total en caras fracturadas de 2 a más en ambas mallas

$$3490.65 + 4214.96 = 7705.61 \%$$

Porcentaje de caras fracturadas 1 a más

$$\frac{\% \text{ total de caras fracturadas 1 a mas}}{\text{Total de escala original}} = \frac{7705.61}{45+47} = 83.75\%$$

g) Adherencia de los ligantes al agregado grueso

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 517 y AASHTO T 182, el ensayo tuvo como finalidad calcular el grado de afinidad del agregado grueso huso 67 con el ligante bituminoso, cuyo procedimiento consistió en tomar 100g de la muestra de agregado y 5 g de cemento asfáltico. Se mezclan estos 2 materiales hasta obtener una consistencia homogénea para luego pasarlo por baño maría durante 16 horas a una temperatura de 25°C.

Retirado el frasco con los insumos combinados se analizó los resultados de forma visual y se observa la cantidad de agregado grueso adherido al ligante. Si el resultado tiene una adherencia mayor, se tiene un revestimiento al 100% debido a que su adherencia es buena y un recubrimiento mayor al 95% cuando el agregado no muestra muchas partes blancas dentro de sus aristas.

Caso contrario sucede cuando no cumple el 100% de revestimiento y es menor del 95% de recubrimiento.

Para nuestra muestra contiene un revestimiento del 100%, esto demuestra que nuestro agregado grueso tiene una buena adherencia y un recubrimiento del 95%, eso quiere decir que nuestro material es poco salitroso.

En la figura 31, se muestra la mezcla de 100 g de agregado grueso con 5 g de cemento asfáltico hasta obtener una mezcla uniforme.



Figura 31: Combinación de agregado grueso con cemento asfáltico

Fuente: El autor

h) Sales solubles

Respetando la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 219, el procedimiento consistió en mezclar 500g de grava con 500ml de agua destilada en una relación de 1:1, esta última tuvo como finalidad extraer las sales de la grava.



Figura 32. Extracción acuosa

Fuente: El autor

La figura 32, muestra la extracción acuosa (mezclas de agua con agregado grueso).



Figura 33. Proceso de evaporización

Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura 33, se muestra la probeta en el horno para su proceso de evaporización.

Dilución = 1:1

Factor = 0.6

Sin dilución = 178

Sales = $1 \times 0.6 \times 178 = 106.8 \text{ g/ml}$

4.5.2.2 Estándares de Calidad para el agregado fino

a) Análisis granulométrico para el agregado fino

Él (MTC, 2016) indica que, según la norma MTC E 204 que todo material por pasar ensayo granulométrico debe ser cuarteado, con el fin de obtener un peso determinado de muestra. Este ensayo consistió en calcular la cantidad y tipo de agregado fino arena procedente de la cantera gloria, por medio de tamizes usando los siguientes tamizes 1/4", n°4, n°6, n°8, n°10, n°16, n°20, n°30, n°40, n°50, n°80, n°100 y n°200.

Peso total del agregado fino, = 3155.3g

❖ Porcentaje de material retenido

$$\text{Malla } 1/4'' = \frac{115.50}{115.50+436.9} \times 4\% = 1\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 4 = \frac{436.9}{115.50+436.9} \times 4\% = 3\%$$

La sumatoria de pesos en las mallas n°6, n°8, n°10, n°16, n°20, n°30, n°40, n°50, n°80, n°100 y n°200.

$$=35.2+55.1+23.1+78.2+44.6+54.6+39.5+22.1+30.5+22.2+44.2+77.9=527.2$$

❖ Porcentaje de material pasante

$$\text{Malla n}^\circ 6 = \frac{35.20}{527.2} \times 96\% = 6.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 8 = \frac{55.10}{527.2} \times 96\% = 10\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 10 = \frac{23.10}{527.2} \times 96\% = 4\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 16 = \frac{78.20}{527.2} \times 96\% = 11\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 20 = \frac{44.60}{527.2} \times 96\% = 14\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 30 = \frac{54.60}{527.2} \times 96\% = 10\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 40 = \frac{39.50}{527.2} \times 96\% = 7\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 50 = \frac{22.10}{527.2} \times 96\% = 4\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 80 = \frac{30.50}{527.2} \times 96\% = 5.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 100 = \frac{\quad}{527.2} \times 96\% = \quad$$

M
a
l
l
a
n°200 =

22.20

527.2

44.20

527.2

x
96%
= 4%

x
96%
= 8%

$$\text{Malla menor a 200} = \frac{77.90}{527.2} \times 96\% = 12\%$$

❖ Porcentaje de material pasante

$$\text{Malla } 3/8" = 100\% - 0\% = 100\%$$

$$\text{Malla } 1/4" = 100\% - 1\% = 99\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 4 = 99\% - 3\% = 96\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 6 = 96\% - 6.5 = 89.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 8 = 89.5\% - 10\% = 79.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 10 = 79.5\% - 4\% = 75.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 16 = 75.5\% - 11\% = 64.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 20 = 64.5\% - 14\% = 50.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 30 = 50.5\% - 10\% = 40.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 40 = 40.5\% - 7\% = 33.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 50 = 33.5\% - 4\% = 29.5\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 80 = 29.5\% - 5.5\% = 24\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 100 = 24\% - 4\% = 20\%$$

$$\text{Malla n}^\circ 200 = 20\% - 8\% = 12\%$$

$$\text{Malla menor a n}^\circ 200 = 12\% - 12\% = 0\%$$

b) Durabilidad del agregado fino al sulfato de sodio

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 209 y NTP 400.16. Se hizo uso de arena para pavimentos para realizar el siguiente procedimiento según la presente norma. Se tomó porcentajes de las diferentes mallas del tamizado, de la malla n°6, n°8, n°10, n°16, n°20, n°30, n°40, n°50, n°80, n°100 y n°200.

Con el peso de 100 g aproximadamente se lava el material y se prepara el sulfato de sodio para probarlo hasta obtener 5 ciclos.

Es el porcentaje de pérdida del agregado en una mezcla mediante el ensayo de durabilidad el cual mostro la capacidad que tiene el agregado para resistir la acción de los agentes climatológicos.

El procedimiento para este ensayo se realizó exponiendo una muestra de agregado a diferentes ciclos alternados de inmersión con una solución de sulfato de sodio. Durante la fase del secado, las sales accionan a los vacíos del agregado y en la inmersión estas mismas sales se rehidratan y actúan

mediante fuerzas de expansión. El resultado para este ensayo fue el porcentaje de pérdida de peso sobre los tamizes ensayados durante una cantidad de ciclos.

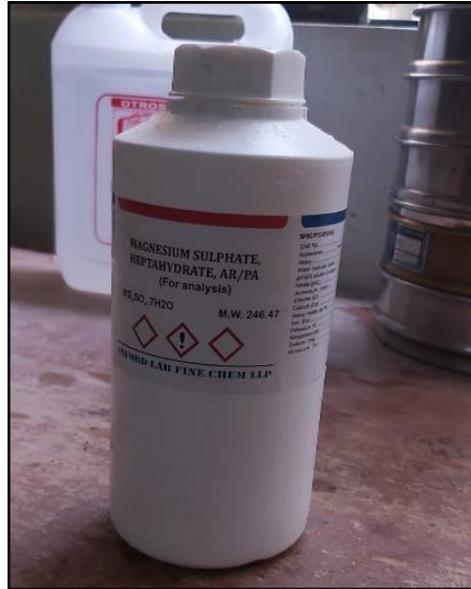


Figura 34. Sulfato de magnesio

Fuente: El autor.

En la figura 34, observamos el sulfato de magnesio, que será mezclado con el agregado fino para su ensayo.



Figura 35. Combinación de materiales con sulfato de magnesio

Fuente: El autor.

En la figura 35, observamos a la mezcla de sulfato de magnesio con el agregado fino o arena para pavimento, posterior a ello se deja reposar 16 horas para ver la durabilidad y resistencia a los sulfatos para el agregado fino.

- Recipiente 026 (r26)
Peso del material pre ensayo **(A)** = 100g
Peso del material post ensayo **(B)** =94.1g
% de pérdida después del ensayo **(C)**

$$C = \left(\frac{A-B}{A}\right) \times 100\%$$

$$C = \left(\frac{100-94.1}{100}\right) \times 100\% = 5.9\%$$

Retenido de n°4 – n°8 = 16.5

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{(C) \times \text{escala original}}{100}\right)$$

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{5.9\% \times 16.5}{100}\right) \times 100\% = 1\%$$

- Recipiente 041 (r41)
Peso del material pre ensayo (A) = 100g
Peso del material post ensayo (B) = 92.9
% de pérdida después del ensayo (C)

$$C = \left(\frac{A-B}{A}\right) \times 100\%$$

$$C = \left(\frac{100-92.9}{100}\right) \times 100\% = 7.1\%$$

Retenido de n°8 – n°16 = 15

$$\% \text{ de perdidas corregidas} = \left(\frac{(C) \times \text{escala original}}{100} \right)$$

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{7.1\% \times 15}{100} \right) \times 100\% = 1.05\%$$

- Recipiente 117 (r117)

Peso del material pre ensayo (A) = 100g

Peso del material post ensayo (B) = 90.5

% de pérdida después del ensayo (C)

$$C = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100\%$$

$$C = \frac{100-90.5}{100}$$

$$\left(\frac{9.5}{100} \right) \times 100\% = 9.5\%$$

Retenido de n°16 – n°30 = 24

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{(C) \times \text{escala original}}{100} \right)$$

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{9.5\% \times 24}{100} \right) \times 100\% = 2.28\%$$

$$\% \text{ total en pérdidas corregidas} = 0.27+1.29+0.17 = 1.73$$

- Recipiente 151 (r151)

Peso del material pre ensayo (A) = 100g

Peso del material post ensayo (B) = 93.2

% de pérdida después del ensayo (C)

$$C = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100\%$$

$$C = \frac{100-93.2}{100}$$

$$\left(\frac{6.8}{100} \right) \times 100\% = 6.8\%$$

Retenido de n°30 – n°50 = 11

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{(C) \times \text{escala original}}{100} \right)$$

$$\% \text{ de pérdidas corregidas} = \left(\frac{6.8\% \times 11}{100} \right) \times 100\% = 0.75\%$$

$$\% \text{ total en pérdidas corregidas} = 1+1.05+1.73+0.75 = 4.53$$

c) Equivalente de arena de suelos y agregado fino

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 114 y NTP 339.146, se tomaron muestras con material pasante por la malla n°4 introduciendo una muestra con el material relleno con la solución, esta muestra fue dividida en cuatro partes iguales, de estas 4 muestras nos quedamos con tres.

Teniendo las tres probetas se volvieron a llenar con la solución hasta una altura aproximada de 4", posterior a ello se introdujeron el material a cada probeta y se toma la hora a cada ensayo durante 2 minutos.



Figura 36. Proceso de combinación con líquido stock

Fuente: El autor.

La figura 36, muestra, el líquido stock combinado con el agregado fino, y en la figura 37 muestra las tres probetas en reposo después de pasar 1 minuto por la maquina agitadora con la finalidad de separar y observar las diferentes capas del fino.



Figura 37: Probetas

en reposo

Fuente: El autor.

Hora de entrada para saturación de cada probeta: P1= 2:13 min, P2= 2:15 min, P3= 2:17 min.

Posterior a ello se toman 10 min a cada ensayo para el proceso de saturación.

Hora de salida de saturación de cada probeta: P1= 2:23 min, P2= 2:25 min, P3= 2:27 min.

Las probetas son llevadas a la máquina agitadora por un rango de 60 segundos, después se lavó las probetas con la solución "stock" hasta una altura de 14" conteniendo el material, con la finalidad de que el material fino vaya a la parte superior y las partículas de arena a la parte inferior. Posterior a ello se dejó reposar por 20 minutos.

Hora de entrada de separación: P1= 2:28:15 min, P2= 2:30:25 min, P3= 2:32:11 min.

Hora de salida de separación: P1= 2:48:15 min, P2= 2:50:25 min, P3= 2:52:11 min.

Como resultado visual se tiene una fase de fino y otra de arena, sus alturas son las siguientes:

Altura del material fino: P1= 5.2", P2= 5.5", P3= 5.1"

El procedimiento para el cálculo de la arena consistió en introducir un pisón de 1kg dentro de la probeta y dejarlo caer por gravedad.

Altura de la arena: P1= 3.5", P2= 3.2", P3= 3.7"

$$\text{Equivalente de arena P1} = \left(\frac{3.5}{5.2}\right) \times 100\% = 67.5\%$$

$$\text{Equivalente de arena P2} = \left(\frac{3.2}{5.5}\right) \times 100\% = 58.2\%$$

$$\text{Equivalente de arena P1} = \left(\frac{3.7}{5.1}\right) \times 100\% = 72.5\%$$

$$\text{Promedio de equivalente de arena} = \left(\frac{67.5\%+58.2\%+72.5\%}{3}\right) = 66\%$$

d) **Peso específico y absorción del fino**

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 205 y NTP 400.022, el siguiente procedimiento se realizó con el material pasante por la malla n°4, la probeta se calibró con agua hasta la marca del recipiente.

Peso de la probeta (calibrada con agua) **(A)** = 720.2g

Se llena la probeta con la muestra de 300g

Peso probeta (calibrada con agua) + Peso del material **(B)** = 1020.2g

Luego este material se saturó durante 18 horas, para luego decantarlo. Todo esto con la finalidad de no perder los finos. Después se pone el material al horno hasta tener un secado superficial.

Peso probeta + agua + material saturado superf. Seco **(C)** = 920.9g

Volumen de la masa + Volumen de vacíos **(D)**

$$\mathbf{(D) = (B) - (C) = 1020.2 - 920.9 = 99.3g}$$

Paralelamente se pesa 300g para la muestra de absorción que introducimos al horno.

Peso del material seco (**E**) = 291.9g

Volumen de la masa (**F**)

$$(\mathbf{F}) = (\mathbf{D}) - (\text{Peso de material saturado superf. Seco}) = 99.3 - 8.1 = 91.2\text{g}$$

- Peso específico del bulk seco

$$\left(\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{D}}\right) = \left(\frac{291.9}{99.3}\right) = 2.94$$

- Peso específico del bulk saturado

$$\left(\frac{\text{Material SSS}}{\mathbf{D}}\right) = \left(\frac{300}{99.3}\right) = 3.02$$

- Peso aparente

$$\left(\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{F}}\right) = \left(\frac{291.9}{91.2}\right) = 3.20$$

- Absorción

$$\left(\frac{\text{Peso de material} - \mathbf{E}}{\mathbf{E}}\right) \times 100\% = \left(\frac{300 - 291.1}{291.1}\right) \times 100\% = 3.05\%$$



Figura 38. Peso de la fiola antes de mezclar con la arena

Fuente: El autor.

La figura 38, se observa que, la probeta con agua, para posterior a ello combinarlo con agregado fino para después extraer el aire de la fiola para calcular el nuevo peso

e) Índice de plasticidad – Limite líquido y plástico en malla n°40

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2013), ítem MTC E 110 y MTC E 111, el ensayo consistió en trabajar con el material pasante por la malla n°40, este material pesa 15.78g. Este material se pone a saturar a nivel en una copa durante un día y con el ranurador se dan 20 golpes hasta cerrar un centímetro.

Peso de tarro = 11.90g

Peso de tarro + Suelo húmedo = 32.15g, Se introduce al horno a 120°C para determinar el nuevo peso

Peso de tarro + Suelo seco = 28.55g

Agua = 32.15 - 28.55 = 3.6g

Suelo seco = Peso del tarro + Suelo seco – Peso tarro

Suelo seco = 28.55g – 11.90g = 16.65g

Porcentaje de humedad = $\left(\frac{\text{Agua}}{\text{Suelo seco}}\right) = \left(\frac{3.06}{16.65}\right) \times 100\% = 18.37\%$

Para el limite plástico LP se deduce que no tiene plasticidad (NP), debido a que en la maquina cuchara Casagrande no forma barras esto dado por la humedad que esta tiene.



Figura 39. Maquina Cuchara Casagrande

Fuente: El autor.

La figura 39, muestra la máquina cuchara donde se colocará agregado fino saturado para su respectivo ensayo.

En la figura 40, se observa que, la colocación el agregado fino de la malla n°40 para posterior a ello dar los 20 golpes con el ranurador hasta cerrar 1 centímetro de abertura, después de ello se elaboraron los rodillos con el fino para hallar el límite plástico.



Figura 40. Agregado fino en maquina Cuchara Casagrande

Fuente: El autor.

f) Lavado de agregado fino

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 202, el proceder para este ensayo empezó pesando el material que pasa por la malla n°4 del agregado fino.

$$\text{Peso del agregado} = 420.6\text{g}$$

$$\text{Peso del frasco} = 101.2\text{g}$$

$$\text{Peso del agregado} + \text{Peso del frasco} = 420.6 + 101.2 = 521.8\text{g}$$

Este material es introducido al horno dejándolo saturar durante 18 horas para obtener el peso seco

$$\text{Peso del agregado seco} + \text{peso del tarro} = 480.5\text{g}$$

Peso pasante por la malla n°200 = (peso del agregado + peso del tarro) – (peso del agregado seco + peso del tarro)

$$\text{Peso pasante por la malla n°200} = 521.8 - 480.5 = 41.3\text{g}$$

- Porcentaje de muestra del agregado total según nuestra granulometría en la malla n°4 = $100 - 4 = 96\%$
- Porcentaje de material más fino que el tamiz n°200

$$\left(\frac{\text{Peso que pasa la malla n°200}}{\text{Peso del agregado}} \right) \times 100\% = \left(\frac{41.3}{420.6} \right) \times 100\% = 9.9\%$$

En la figura 41, observamos el tamizado del agregado fino en la malla n°200



Figura 41. Tamizado de fino en malla n°200

Fuente: El autor.

g) Adherencia de ligantes bituminosos al agregado fino – Riedel Weber

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 220, el procedimiento para este ensayo tuvo como finalidad calcular el grado de afinidad que hay entre el ligante bituminoso y el agregado fino.

Se tamizaron 200 g de agregado fino a través de las mallas n°30 y n°70. Para este procedimiento solo se trabajó con el agregado retenido en la malla n°30. De este tamizado retenido en la malla n°30 se tuvo una muestra de 45g el cual se lava, con la finalidad de que tenga mayor adherencia. Después se colocó todo el material en una estufa durante 60 minutos a una temperatura de 110°C para después ser mezclado con el material bituminoso.

De esta combinación la norma nos indica retirar 0.5g como muestra para introducirlo en una varilla de vidrio con 6m³ de agua destilada para obtener nuestro primer desprendimiento calentándola hasta su punto de ebullición.

El paso siguiente fue agitar la varilla durante 10 segundos para calcular la cantidad de desprendimiento. Para nuestro caso se desprendió en el primer ensayo dándonos como conclusión que la arena de pavimento

necesita un mejorador de adherencia, usando el aditivo de tipo amina citado por la norma.

h) Sales solubles en agregados para pavimento flexible

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 219, el procedimiento para este ensayo consistió en mezclar 500g de arena con 1500ml de agua destilada en una relación de 1:3 para agregado fino.

Dilución = 1:3

Factor = 0.6

Sin dilución = 55.37

Nueva dilución = 1:10

Sales = $3 \times 0.6 \times 55.37 \times 10 = 996.66 \text{ g/ml} = 0.099\%$

i) Valor de azul de metileno para arcillas

Teniendo como referencia la norma ASSTHO T 330-07, nos indicó tener una muestra con 100g que pasan por la malla n°200, de este retenido se toman 10g que se introdujo dentro de un vaso de vidrio de 300ml con agua destilada.



Figura 42: Varilla de vidrio con azul metileno

Fuente: El autor.

En la figura 42, observamos que, la varilla de vidrio antes de ser ensayada junto agua y azul metileno.

Se continuó el procedimiento ensayando el material con el azul de metileno a una proporción de 0.5ml por cada 60 segundos. Para nuestro caso se tuvieron 9 muestras, y de forma visual la aureola pronunciada se dio en el punto 28 donde se evidencio la presencia de arcilla.

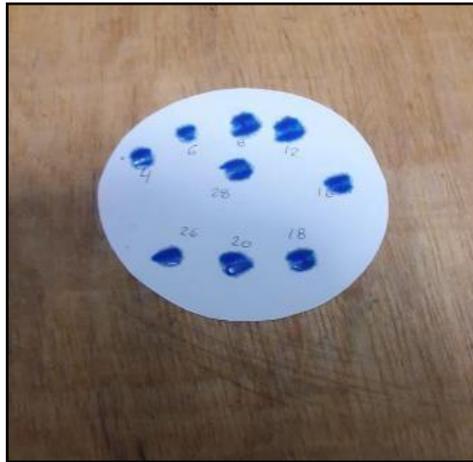


Figura 43. Reporte de aureola pronunciada con azul metileno

Fuente: El autor

En la figura 43, comprobamos la aureola e indicando el contenido de arcilla presente en el agregado fino.

4.5.3 Diseño de mezcla con pavimento reciclado

4.5.3.1 Peso específico teórico máximo de mezcla asfáltica

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 508, indica que el procedimiento consistió en ensayar 5 proporciones de cemento asfáltico con un porcentaje de 3.0%, 3.5%, 4.0%, 4.5% y 5.0%, el ensayo consto de una matraz que se tara, fue llenado con la muestra más agua destilada, después se extrajo el aire con una bomba de vacío para que finalmente sea llenado con agua por la parte superior de la matraz con la finalidad de saber el nuevo volumen.

a) Cemento asfáltico = 3.0%

Peso muestra suelta (en aire) = **A** = 752g

Peso matraz + agua (25°C) = **B** = 951.8g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta = **C** = 1788.1g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta después del ensayo = **D** = 2115.7g

Volumen = **D** - **C** = 2115.7-1788.1 = 327.6g

Gravedad especifica = $\left(\frac{A}{\text{Volumen}}\right) = \left(\frac{752}{327.6}\right) = 2.59\text{g/c.c}$

b) Cemento asfaltico = 3.5%

Peso muestra suelta (en aire) = **A** = 767g

Peso matraz + agua (25°C) = **B** = 962.1g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta = **C** = 1799.1g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta después del ensayo = **D** = 2133.2g

Volumen = **D** - **C** = 2133.2-1799.1 = 334.1g

Gravedad especifica = $\left(\frac{A}{\text{Volumen}}\right) = \left(\frac{767}{334.1}\right) = 2.56\text{g/c.c}$

c) Cemento asfaltico = 4.0%

Peso muestra suelta (en aire) = **A** = 752g

Peso matraz + agua (25°C) = **B** = 951.9g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta = **C** = 1789.3g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta después del ensayo = **D** = 2125.2g

Volumen = **D** - **C** = 2125.2-1789.3 = 335.9g

Gravedad especifica = $\left(\frac{A}{\text{Volumen}}\right) = \left(\frac{752}{335.9}\right) = 2.54\text{g/c.c}$

d) Cemento asfaltico = 4.5%

Peso muestra suelta (en aire) = **A** = 747g

Peso matraz + agua (25°C) = **B** = 961.3g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta = **C** = 1781.7g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta después del ensayo = **D** = 2122.2g

Volumen = **D** - **C** = 2122.2-1781.7 = 340.5g

Gravedad especifica = $\left(\frac{A}{\text{Volumen}}\right) = \left(\frac{747}{340.5}\right) = 2.52\text{g/c.c}$

e) Cemento asfaltico = 5.0%

Peso muestra suelta (en aire) = **A** = 771g

Peso matraz + agua (25°C) = **B** = 972.9g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta = **C** = 1801.1g

Peso frasco + agua (25°C) + muestra suelta después del ensayo = **D**
= 2130.8g

Volumen = **D** - **C** = 2130.8-1801.1 = 329.7g

Gravedad especifica = $\left(\frac{A}{\text{Volumen}}\right) = \left(\frac{771}{329.7}\right) \approx 2.50\text{g/c.c}$

4.5.3.2 Diseño de mezcla asfáltica en caliente

Teniendo como referencia la norma (MTC, 2016), ítem MTC E 504, para realizar el diseño de mezcla se añadió el material en función a los volúmenes con la finalidad de cumplir la granulometría. Para las briquetas se tomó una muestra de 1350g de material para diferentes porcentajes.

Se elaboraron 15 briquetas para ser pasadas por el ensayo Marshall, el pre procedimiento consistió en mezclar los materiales pétreos eintroducidos al horno, después puestos a una temperatura de 140°C durante 24 horas posterior a ello se le añadió el cemento asfaltico en proporciones de3.0%, 3.5%, 4.0%, 4.5% y 5%



Figura 44. Briquetas en distintos porcentajes

Fuente: El autor.

El procedimiento consistió en compactar cada uno de los 15 moldes con 75 golpes (ambas caras), luego fueron colocados nuevamente al horno durante 3 horas a una temperatura de 140°C para ser llevados al ensayo de

peso específico y para finalizar fueron introducidos al baño maría durante 3 horas, para después ser llevados a su rotura en el aparato Marshall y así calcular su flujo y estabilidad.



Figura 45. Compactación de briquetas

Fuente: El autor.

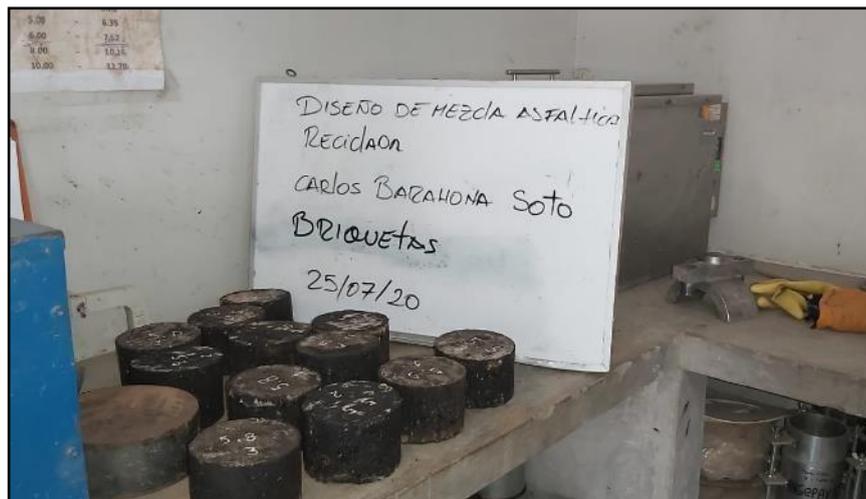


Figura 46. Briquetas

Fuente: El autor.

a) Briqueta con 3% de cemento asfáltico

Tabla 28: Análisis de briqueta al 3% de cemento asfáltico

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	3			
2	% Grava > n.º 4 en peso de la mezcla	37.22			
3	% Arena < n.º 4 en peso de la mezcla	59.78			
4	% de Cemento portland en peso de mezcla				
5	Peso específico del c.a - aparente gr/cc	1.021			
6	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Bulk)	2.636			
7	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Bulk)	2.584			
8	Peso específico aparente del cemento portland				
9	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Aparente)	2.677			
10	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Aparente)	2.805			
11	Altura promedio de la briqueta (cm)	6.12	6.15	6.1	
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1179.2	1178.8	1179.6	
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)	1182.3	1181.1	1180.3	
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	682.2	683.1	679.1	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	500.1	498	501.2	
16	Peso específico bulk de la briqueta = (12-15)	2.358	2.367	2.354	2.36
17	Peso específico máximo (rice) - ASTM D 2041	2.593			
18	Porcentaje de vacíos (%) = (17-16)x100/17	9.1	8.7	9.2	9.0
19	Peso específico bulk del agregado total (g/cm³)	2.604			
20	Peso específico efectivo del agregado total	2.723			
21	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	1.71			
22	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	1.34			
23	Relacion polvo/asfalto	0.2			
24	V.M.A. (%)	12.2	11.8	12.3	12.1
25	Porcentaje de vacíos llenados con c. a. (%)	25.4	26.3	25.1	25.6
26	Flujo 0.01 (0.25mm)	13.2	12.4	13.2	12.9
27	Estabilidad sin corregir (kg)	1699	1768	1755	
28	Factor de estabilidad	1.09	1.09	1.04	
29	Estabilidad corregida (kg) = (27x28)	1851	1927	1825	1868
30	Relación estabilidad/flujo (kg/mm)	5610	6218	5530	5786

Elaboración: El autor.

b) Briqueta con 3.5% de cemento asfaltico

Tabla 29: Análisis de briqueta al 3.5% de cemento asfaltico

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	3.5			
2	% Grava > n.º 4 en peso de la mezcla	37.03			
3	% Arena < n.º 4 en peso de la mezcla	59.47			
4	% de Cemento portland en peso de mezcla				
5	Peso específico del c.a - aparente gr/cc	1.021			
6	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Bulk)	2.636			
7	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Bulk)	2.584			
8	Peso específico aparente del cemento portland				
9	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Aparente)	2.677			
10	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Aparente)	2.805			
11	Altura promedio de la briqueta (cm)	6.1	6.14	6.09	
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1194.2	1193.8	1194.6	
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)	1196.3	1196.1	1195.3	
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	687.2	692.1	691.1	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	499.1	504	504.2	
16	Peso específico bulk de la briqueta = (12-15)	2.393	2.369	2.369	2.377
17	Peso específico máximo (rice) - ASTM D 2041	2.561			
18	Porcentaje de vacíos (%) = (17-16)x100/17	6.6	7.5	7.5	7.2
19	Peso específico bulk del agregado total (g/cm³)	2.604			
20	Peso específico efectivo del agregado total	2.709			
21	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	1.53			
22	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	2.02			
23	Relacion polvo/asfalto	0.4			
24	V.M.A. (%)	11.3	12.2	12.2	11.9
25	Porcentaje de vacíos llenados con c. a. (%)	41.9	38.5	38.5	39.6
26	Flujo 0.01 (0.25mm)	13.2	13.4	13.2	13.3
27	Estabilidad sin corregir (kg)	1704	1693	1710	
28	Factor de estabilidad	1.09	1.09	1.09	
29	Estabilidad corregida (kg) = (27x28)	1857	1846	1863	1855
30	Relación estabilidad/flujo (kg/mm)	5627	5510	5647	5594

Elaboración: El autor.

c) Briqueta con 4% de cemento asfáltico

Tabla 30: Análisis de briqueta al 4% de cemento asfáltico

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	4			
2	% Grava > n.º 4 en peso de la mezcla	36.83			
3	% Arena < n.º 4 en peso de la mezcla	59.17			
4	% de Cemento portland en peso de mezcla				
5	Peso específico del c.a - aparente gr/cc	1.021			
6	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Bulk)	2.636			
7	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Bulk)	2.584			
8	Peso específico aparente del cemento portland				
9	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Aparente)	2.677			
10	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Aparente)	2.805			
11	Altura promedio de la briqueta (cm)	6.2	6.11	6.12	
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1199.2	1198.8	1193.6	
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)	1202.3	1201.1	1200.3	
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	705.2	700.1	699.1	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	497.1	501	501.2	
16	Peso específico bulk de la briqueta = (12-15)	2.412	2.393	2.393	2.4
17	Peso específico máximo (rice) - ASTM D 2041	2.543			
18	Porcentaje de vacíos (%) = (17-16)x100/17	5.2	5.9	5.9	5.7
19	Peso específico bulk del agregado total (g/cm³)	2.604			
20	Peso específico efectivo del agregado total	2.712			
21	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	1.57			
22	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	2.5			
23	Relacion polvo/asfalto	0.4			
24	V.M.A. (%)	11.1	11.8	11.8	11.5
25	Porcentaje de vacíos llenados con c. a. (%)	53.4	49.7	49.8	39.6
26	Flujo 0.01 (0.25mm)	13.6	13.6	14	13.7
27	Estabilidad sin corregir (kg)	1696	1701	1681	
28	Factor de estabilidad	1.09	1.09	1.09	
29	Estabilidad corregida (kg) = (27x28)	1849	1854	1832	1845
30	Relación estabilidad/flujo (kg/mm)	5437	5452	5235	5375

Elaboración: El autor.

d) Briqueta con 4.5% de cemento asfáltico

Tabla 31: Análisis de briqueta al 4.5% de cemento asfáltico

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	4.5			
2	% Grava > n.º 4 en peso de la mezcla	36.64			
3	% Arena < n.º 4 en peso de la mezcla	58.86			
4	% de Cemento portland en peso de mezcla				
5	Peso específico del c.a - aparente gr/cc	1.021			
6	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Bulk)	2.636			
7	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Bulk)	2.584			
8	Peso específico aparente del cemento portland				
9	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Aparente)	2.677			
10	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Aparente)	2.805			
11	Altura promedio de la briqueta (cm)	6.1	6.15	6.32	
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1185.2	1183.8	1194.6	
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)	1106.3	1185.1	1185.3	
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	692.2	691.1	693.1	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	494.1	494	492.2	
16	Peso específico bulk de la briqueta = (12-15)	2.399	2.396	2.407	2.401
17	Peso específico máximo (rice) - ASTM D 2041	2.527			
18	Porcentaje de vacíos (%) = (17-16)x100/17	5.1	5.2	4.8	5.0
19	Peso específico bulk del agregado total (g/cm³)	2.604			
20	Peso específico efectivo del agregado total	2.716			
21	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	1.62			
22	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	2.96			
23	Relacion polvo/asfalto	0.5			
24	V.M.A. (%)	12	12.1	11.7	11.9
25	Porcentaje de vacíos llenados con c. a. (%)	57.8	57.3	59.4	58.2
26	Flujo 0.01 (0.25mm)	14	14.8	13.6	14.1
27	Estabilidad sin corregir (kg)	1688	1699	1609	
28	Factor de estabilidad	1.04	1.04	1.04	
29	Estabilidad corregida (kg) = (27x28)	1755	1767	1767	1763
30	Relación estabilidad/flujo (kg/mm)	5015	4776	5196	4996

Elaboración: El autor.

a) Briqueta con 5% de cemento asfáltico

Tabla 32: Análisis de briqueta al 5% de cemento asfáltico

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% de C.A. en peso de la mezcla total	5			
2	% Grava > n.º 4 en peso de la mezcla	36.45			
3	% Arena < n.º 4 en peso de la mezcla	58.86			
4	% de Cemento portland en peso de mezcla				
5	Peso específico del c.a - aparente gr/cc	1.021			
6	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Bulk)	2.636			
7	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Bulk)	2.584			
8	Peso específico aparente del cemento portland				
9	Peso específico de la Grava > n.º 4 (Aparente)	2.677			
10	Peso específico de la Arena < n.º 4 (Aparente)	2.805			
11	Altura promedio de la briqueta (cm)	6.11	6.08	6.23	
12	Peso de la briqueta al aire (gr)	1189.3	1189.9	1191.7	
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)	1192.4	1192.2	1193.4	
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	697.3	697.2	698.2	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	495.1	495	495.2	
16	Peso específico bulk de la briqueta = (12-15)	2.402	2.404	2.407	2.404
17	Peso específico máximo (rice) - ASTM D 2041	2.504			
18	Porcentaje de vacíos (%) = (17-16)x100/17	4.1	4	3.9	4.0
19	Peso específico bulk del agregado total (g/cm³)	2.604			
20	Peso específico efectivo del agregado total	2.712			
21	Asfalto absorbido por el agregado total (%)	1.56			
22	Porcentaje de asfalto efectivo (%)	3.52			
23	Relacion polvo/asfalto	0.6			
24	V.M.A. (%)	12.4	12.3	12.2	12.3
25	Porcentaje de vacíos llenados con c. a. (%)	67	67.4	68	67.5
26	Flujo 0.01 (0.25mm)	14.4	13.6	15.2	14.4
27	Estabilidad sin corregir (kg)	1630	1597	1570	
28	Factor de estabilidad	1.09	1.04	1.09	
29	Estabilidad corregida (kg) = (27x28)	1776	1661	1711	1716
30	Relación estabilidad/flujo (kg/mm)	4934	4886	4503	4774

Elaboración: El autor.

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1 Interpretación de resultados de la mezcla asfáltica reciclada

5.1.1 Mezcla asfáltica reciclada

5.1.1.1 Porcentaje de asfalto

El material reciclado tuvo un contenido de cemento asfáltico del 3.3%, debiendo adicionar un porcentaje de cemento asfáltico extra para realizar el diseño Marshall.

5.1.1.2 Análisis granulométrico del material reciclado

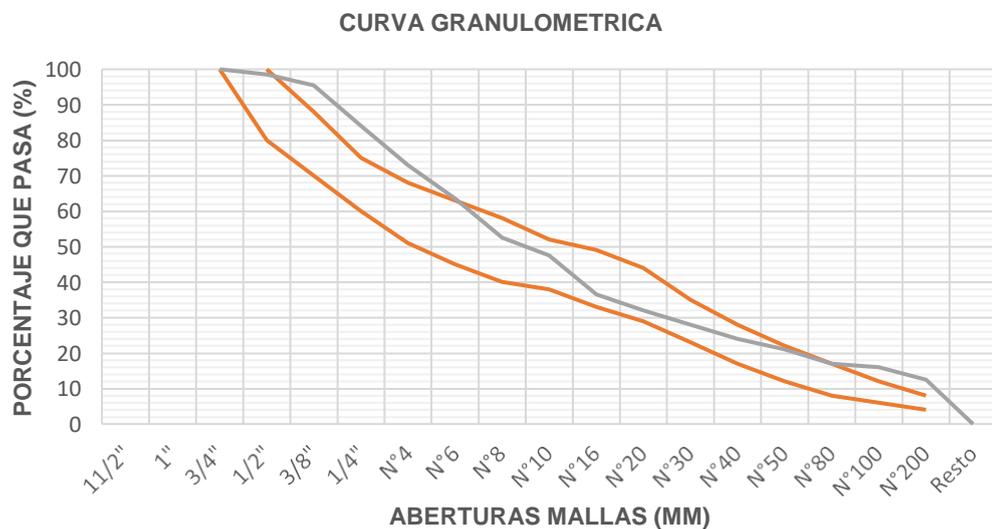


Figura 47. Curvas granulométricas del material reciclado

Elaboración: El autor.

Tabla 33: Análisis granulométrica del material reciclado

MALLA AMERICANA	GRANULOMETRIA RESULTANTE			
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	MAC - 2
1 1/2"	38.10			
1"	25.40			
3/4"	19.05		100.00	100
1/2"	12.70	1.50	98.50	80-100
3/8"	9.53	3.00	95.50	70-88
1/4"	6.35	11.50	84.00	
N°4	4.76	11.00	73.00	51-68
N°6	3.36	9.50	63.50	
N°8	2.38	11.00	52.50	
N°10	2.00	5.00	47.50	38-52
N°16	1.19	11.00	36.50	
N°20	0.84	4.50	32.00	
N°30	0.59	4.00	28.00	
N°40	0.43	4.00	24.00	17-28
N°50	0.30	3.00	21.00	
N°80	0.18	4.00	17.00	8-17
N°100	0.15	1.00	16.00	
N°200	0.07	3.50	12.50	4-8
Resto	-	12.50		

Elaboración: El autor.

La figura 43, muestra la curva granulométrica para nuestro material reciclado donde podemos observar que nuestro material muestra deficiencias tomando como referencia la malla n°4 donde las mallas superiores indican deficiencia de gruesos y las mallas para abajo exceso de finos, para ello se realizara otra granulometría con el material en adición con la finalidad que cumplan los requisitos de calidad para la nueva mezcla.

5.2 Interpretación de resultados del ensayo de calidad del agregado grueso

5.2.1 Análisis granulométrico del agregado grueso

a) Granulometría Huso 67

Tabla 34: Análisis granulométrica del agregado grueso huso 67

MALLA AMERICANA	GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO PIEDRA 67		
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)
3"	76.20		
2 1/2"	63.50		
2"	50.80		
1 1/2"	38.10		
1"	25.40		
3/4"	19.05		100
1/2"	12.70	45	55
3/8"	9.53	47	8
1/4"	6.35	5	3
N°4	4.76	3	0
N°6	3.36		
N°8	2.38		
N°10	2.00		
N°16	1.19		
N°20	0.84		
N°30	0.59		
N°40	0.43		
N°50	0.30		
N°80	0.18		
N°100	0.15		
N°200	0.07		
Resto	-		

Elaboración: El autor.

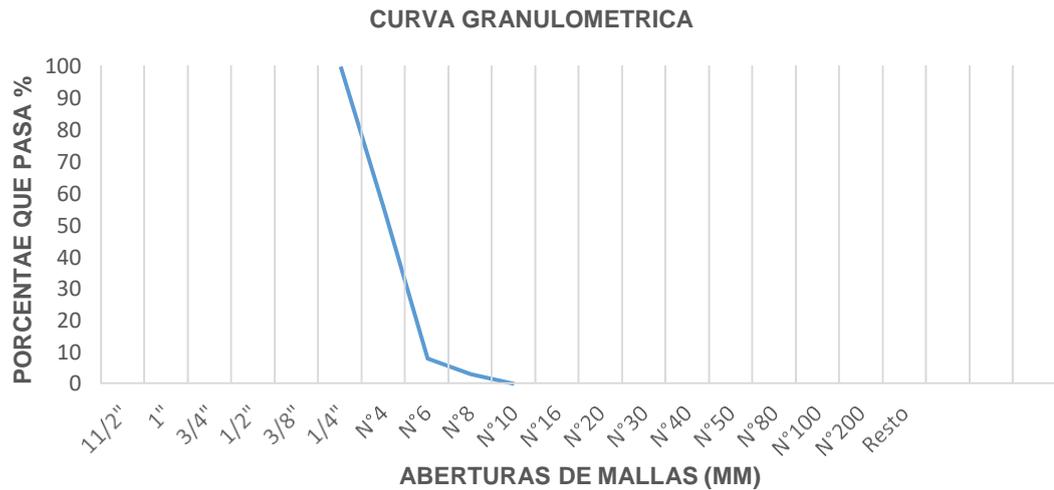


Figura 48. Curva granulométrica del agregado grueso huso 67

Elaboración: El autor.

b) Granulometría confitillo

Tabla 35: Análisis granulométrica del confitillo

MALLA AMERICANA	GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO CONFITILLO		
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)
3"	76.20		
2 1/2"	63.50		
2"	50.80		
1 1/2"	38.10		
1"	25.40		
3/4"	19.05		100
1/2"	12.70	2	98
3/8"	9.53	44	54
1/4"	6.35	11	43
N°4	4.76	39	4
N°6	3.36	1	3
N°8	2.38	1	2
N°10	2.00	1	1
N°16	1.19	1	
N°20	0.84		
N°30	0.59		
N°40	0.43		
N°50	0.30		
N°80	0.18		
N°100	0.15		
N°200	0.07		
Resto	-		

Elaboración: El autor.

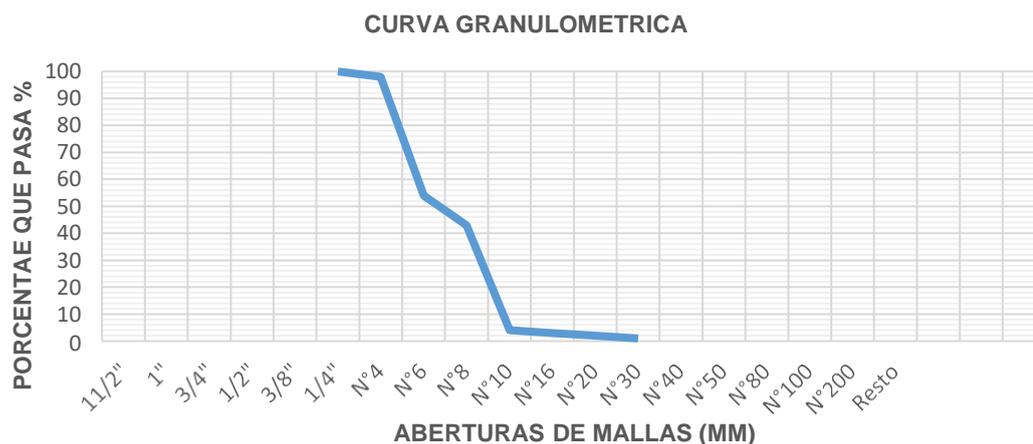


Figura 49. Curva granulométrica del confitillo

Elaboración: El autor

5.2.2 Resumen de los ensayos de calidad del agregado grueso

Tabla 36: Resumen de requerimiento para el agregado grueso

AGREGADO GRUESO PIEDRA HUSO 67					
ENSAYOS	NORMA	REQUISITOS		RESULTADO	CUMPLIMIENTO
		MINIMO	MAXIMO		
Durabilidad (al sulfato de sodio)	MTC E 209	-	18%	1.73%	Si
Abrasion de angeles	MTC E 207	-	40%	20.50%	Si
Peso especifico y abrasion	MTC E 206	-	1%	0.59%	Si
Particulas chatas y alargadas	MTC E 223	-	10%	7.47%	Si
Porcentaje de caras fracturadas	MTC E 210	85/50	-	90.93/83.75	Si
Adherencia de ligantes bituminosos	MTC E 517	-	+95	+95	Si
Sales solubles	MTC E 219	-	0.5%	0.0107	Si

Elaboración: El autor.

5.3 Interpretación de resultados del ensayo de calidad del agregado fino

5.3.1 Análisis granulométrico del agregado fino

Tabla 37: Análisis granulométrico del agregado fino

MALLA AMERICANA	GRANULOMETRIA AGREGADO FINO		
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)
3"	76.20		
2 1/2"	63.50		
2"	50.80		
1 1/2"	38.10		
1"	25.40		
3/4"	19.05		
1/2"	12.70		
3/8"	9.53		100
1/4"	6.35	1.0	99
N°4	4.76	3.0	96
N°6	3.36	6.5	90
N°8	2.38	10.0	80
N°10	2.00	4.0	76
N°16	1.19	11.0	65
N°20	0.84	14.0	51
N°30	0.59	10.0	41
N°40	0.43	7.0	34
N°50	0.30	4.0	30
N°80	0.18	5.5	24
N°100	0.15	4.0	20
N°200	0.07	8.0	12
Resto	-	12.0	0

Elaboración: El autor.

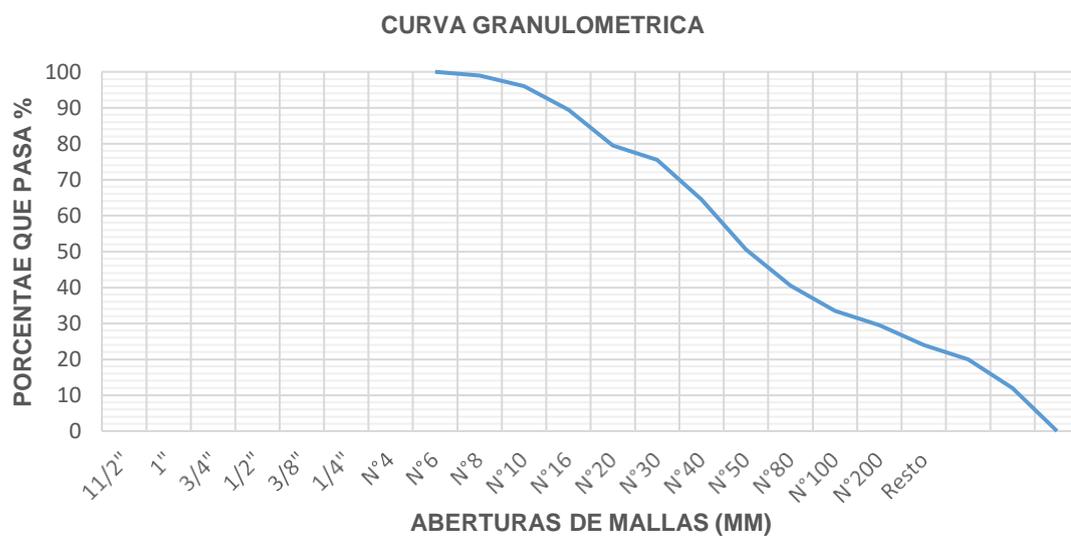


Figura 50. Curva granulométrica del agregado fino

Elaboración: El autor

5.3.2 Resumen de los ensayos de calidad del agregado fino

Tabla 38: Resumen de requerimiento para el agregado fino

AGREGADO FINO					
ENSAYOS	NORMA	REQUISITOS		RESULTADO	CUMPLIMIENTO
		MINIMO	MAXIMO		
Durabilidad (al sulfato de sodio)	MTC E 209	-	18%	4.53%	Si
Equivalente de arena	MTC E 114	60		66%	Si
Peso específico y abrasión fino	MTC E 205	-	0.5%	3.05%	No
Índice de plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP	NP	Si
Lavado en agregados	NTP 400.018	-	15%	9.90%	Si
Riedel weber	MTC E 220	-	5	0	No
Sales solubles	MTC E 219	-	0.5%	0.099%	Si
Azul de metileno	ASSTHO T 330-07	-	8	13.5	No

Elaboración: El autor.

5.4 Diseño de mezcla asfáltica en caliente

5.4.1 Porcentajes para el diseño de nueva mezcla asfáltica

Tabla 39: Porcentajes para mezcla requerida

DISEÑO DE MEZCLA	
Material reciclado	40%
Piedra huso 67	10%
Confitillo	20%
Arena de pavimento	30%

Elaboración: El autor.

5.4.2 Granulometría para la mezcla mejorada

Tabla 40: Análisis granulométrico de mezcla

mejorada

MALLA AMERICANA	GRANULOMETRIA RESULTANTE			
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA(%)	MAC - 2
1 1/2"	38.10			
1"	25.40			
3/4"	19.05		100.00	100
1/2"	12.70	5.90	94.10	80-100
3/8"	9.53	14.00	80.10	70-88
1/4"	6.35	10.00	70.10	
N°4	4.76	8.50	61.60	51-68
N°6	3.36	6.00	55.60	
N°8	2.38	5.50	50.10	
N°10	2.00	2.00	48.10	38-52
N°16	1.19	11.00	37.10	
N°20	0.84	4.50	32.60	
N°30	0.59	4.00	28.60	
N°40	0.43	5.30	23.30	17-28
N°50	0.30	4.00	19.30	
N°80	0.18	9.00	10.30	8-17
N°100	0.15	1.00	9.30	
N°200	0.07	3.60	5.70	4-8
Resto	-	5.70		

Elaboración: El autor.

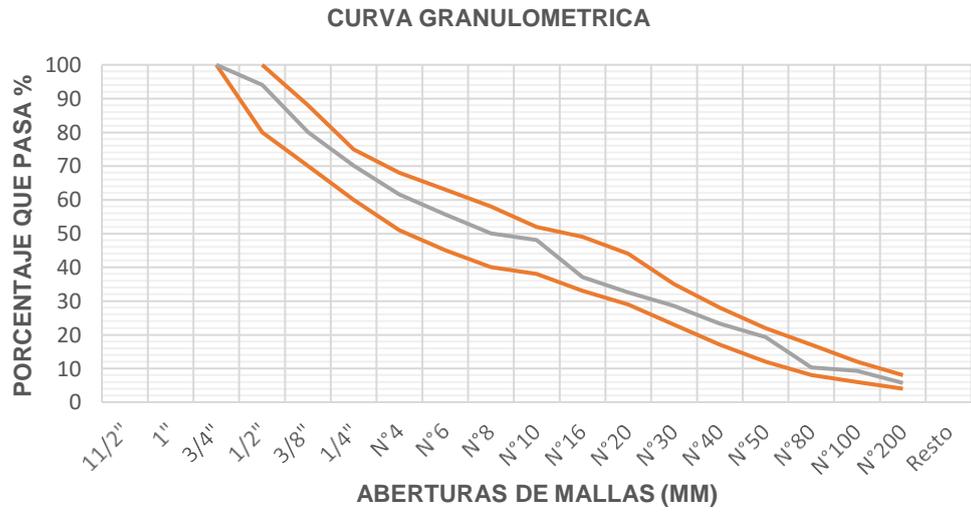
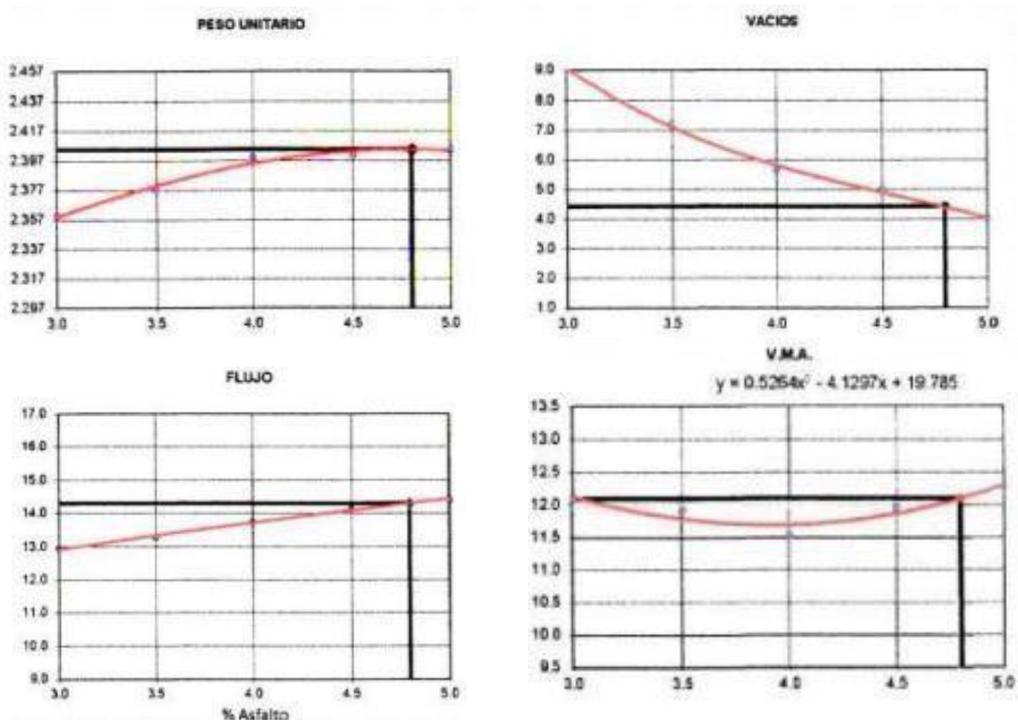


Figura 51: Curva granulométrica de la mezcla corregida

Elaboración: El autor

5.4.3 Ensayo Marshall para la mezcla mejorada



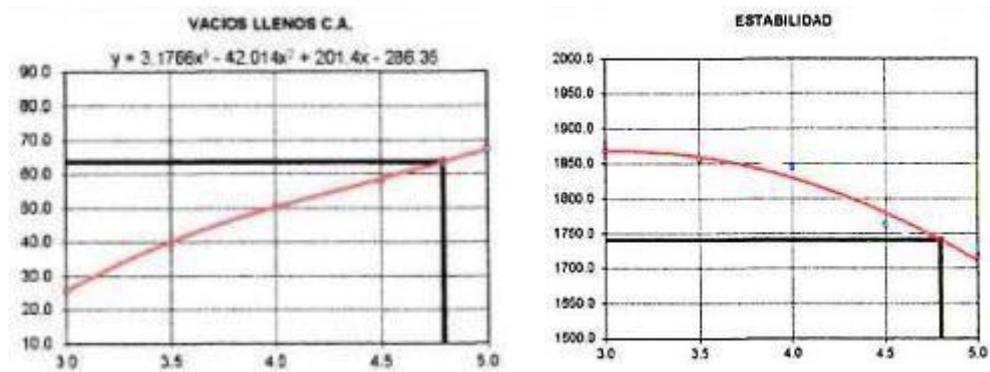


Figura 52. Graficas de resistencia bituminosa

Fuente: Ensayo de laboratorio HIS.

5.4.4 Comportamiento de la mezcla mejorada

Tabla 41: Características Marshall de la mezcla mejorada

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA MEJORADA	
Nº de golpes por cara	75
Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)	4.8
Peso Específico bulk (g/cm ³)	2.405
Vacios (%)	4.4
Vacios llenos con cemento asfáltico (%)	63.4
V.M.A. (%)	12.1
Estabilidad (kg)	1741
Flujo (10-2 pulg)	14.3
Relación de estabilidad / Flujo (kg/cm)	4871
Temperatura de la mezcla (°C)	140-145

Elaboración: El autor

5.5 Diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional

El diseño de mezcla del pavimento tradicional fue realizado por HIS Consultores S.A en el tramo km18+000 al km 19+000 de la Avenida Universitaria.

5.5.1 Porcentajes para el diseño de mezcla convencional

Tabla 42: Porcentajes para mezcla convencional

DISEÑO DE MEZCLA	
Piedra Chancada	35%
Arena Chancada	65%

Elaboración: El autor

5.5.2 Granulometría para mezcla convencional

Tabla 43: Análisis granulométrico de mezcla convencional

MALLA AMERICANA	GRANULOMETRIA RESULTANTE			
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA(%)	MAC - 2
1 1/2"	38.10			
1"	25.40			
3/4"	19.05		100.00	100
1/2"	12.70	5.80	94.20	80-100
3/8"	9.53	13.90	80.30	70-88
1/4"	6.35	9.80	70.50	
N°4	4.76	8.70	61.80	51-68
N°6	3.36	6.00	55.80	
N°8	2.38	5.50	50.30	
N°10	2.00	2.00	48.30	38-52
N°16	1.19	11.00	37.30	
N°20	0.84	4.50	32.80	
N°30	0.59	4.00	28.80	
N°40	0.43	5.30	23.50	17-28
N°50	0.30	4.00	19.50	
N°80	0.18	9.00	10.50	8-17
N°100	0.15	1.00	9.50	
N°200	0.07	3.60	5.90	4-8
Resto	-	5.90		

Elaboración: El autor.

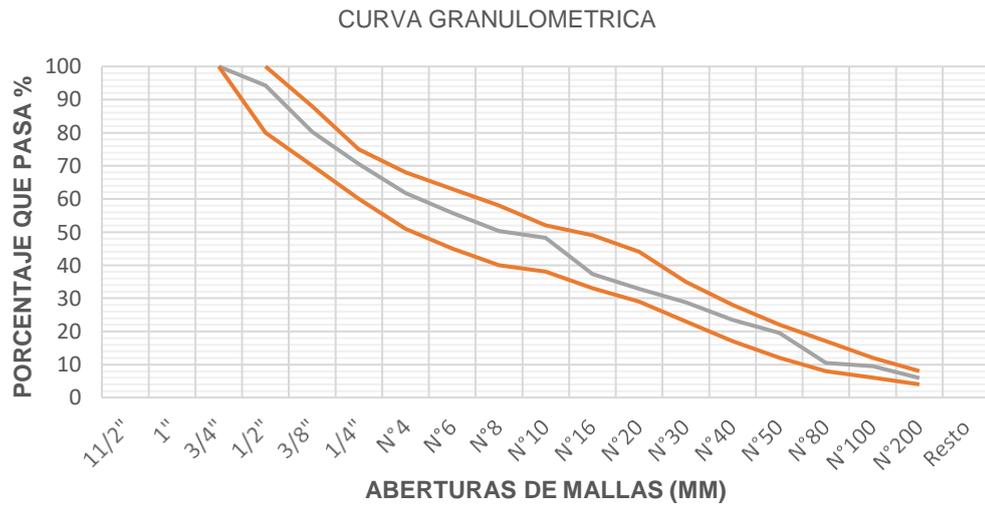
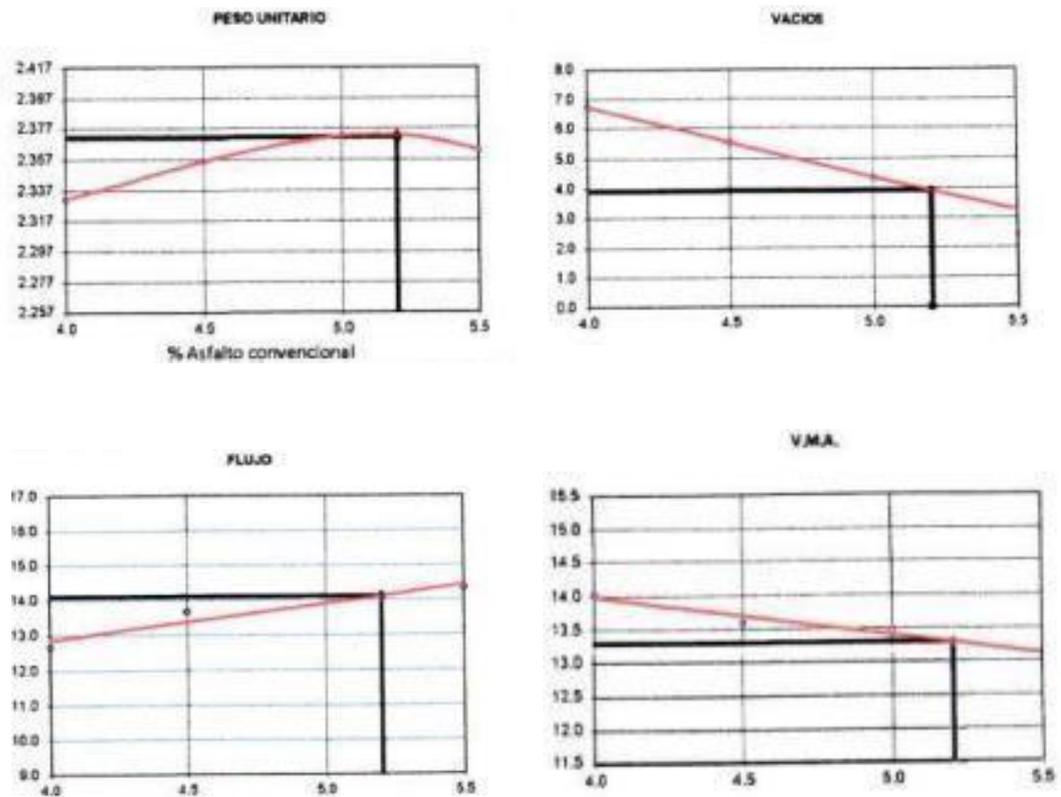


Figura 53. Curva granulométrica de la mezcla convencional

Elaboración: El autor

5.5.3 Ensayo Marshall para la mezcla convencional



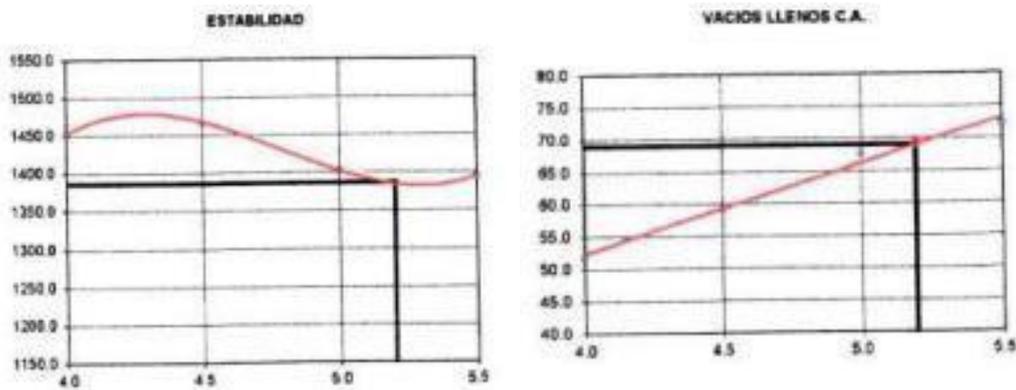


Figura 54. Graficas de resistencia bituminosa

Fuente: Ensayo de laboratorio HIS.

5.5.4 Comportamiento de la mezcla convencional

Tabla 44: Características Marshall de la mezcla convencional

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA CONVENCIONAL	
Nº de golpes por cara	75
Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)	5.2
Peso Específico bulk (g/cm ³)	2.371
Vacios (%)	3.9
Vacios llenos con cemento asfáltico (%)	68.9
V.M.A. (%)	13.3
Estabilidad (kg)	1386
Flujo (10-2 pulg)	14.1
Relación de estabilidad / Flujo (kg/cm)	3928
Temperatura de la mezcla (°C)	140-145

Elaboración: El autor

5.6 Análisis comparativo entre las resistencias del pavimento reciclado y convencional

- En el comparativo entre el pavimento reciclado y el pavimento convencional, según los resultados se apreció que el pavimento reciclado cumple con las especificaciones técnicas establecidas por el (MTC, 2013), por otro lado se evidencio el no cumplimiento de las especificaciones del pavimento convencional en flujo y relación estabilidad según ensayo Marshall.

Tabla 45: Características Marshall de la mezcla mejorada

DATOS	Pavimento Mejorado	Pavimento Convencional	requisitos	
			Minimo	Maximo
Nº de golpes por cara	75	75	-	-
Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)	4.8	5.2	7	7.5
Peso Específico bulk (g/cm ³)	2.405	2.371	-	-
Vacíos (%)	4.4	3.9	3	5
Vacíos llenos con cemento asfáltico (%)	63.4	68.9	-	-
V.M.A. (%)	12.1	13.3	-	-
Estabilidad (kg), (kN)	1741	1386	815	-
Flujo (mm) (10-2 pulg)	14.3	14.1	8	14
Relación de estabilidad / Flujo (kg/cm), (lb/pulg)	4871	3928	1700	4000
Temperatura de la mezcla (°C)	140-145	140-145	-	-

Elaboración: El autor

- Teniendo el cuadro comparativo del pavimento reciclado con el pavimento convencional, se observó que tanto el pavimento reciclado como el pavimento convencional cumple con las especificaciones técnicas establecidas por el (MTC, 2013).
- Se observó que el contenido óptimo de cemento asfáltico del pavimento convencional no cumple con los requisitos indicados por las especificaciones técnicas (MTC, 2013).
- En el porcentaje de vacíos se tiene que ambos cumplen con las especificaciones dadas por el (MTC, 2013)
- Para los V.M.A. se afirma que el pavimento convencional tiene más cemento asfáltico en los vacíos de agregado mineral en comparación al pavimento reciclado.
- Para los resultados de estabilidad y flujo de ambos pavimentos incumplen los requisitos establecidos por el (MTC, 2013), donde estos pavimentos tienen una ligera tendencia a deformarse.
- En la relación estabilidad-flujo (índice de rigidez) se verificó que el pavimento convencional es inferior al pavimento reciclado, esto quiere decir que el pavimento convencional será más resistente a la deformación mientras que el pavimento reciclado será lo contrario.

5.7 Análisis comparativo de costos de materiales entre pavimento reciclado y pavimento convencional

Para calcular la variación económica realizando un comparativo de precios unitarios, se tuvo que considerar mano de obra, materiales, equipos y flete por el transporte de agregados, teniendo como punto principal la diferencia de agregados usados en los dos tipos de pavimentos.

Tabla 46: Análisis de precios unitarios para el pavimento convencional

Mezcla asfáltica convencional en caliente			Unidad: m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Arena chancada	m3	0.54	77.80	42.01
Piedra chancada	m3	0.24	68.10	16.34
Cemento asfáltico	galon	39.10	6.00	234.60
Total				292.96

Elaboración: El autor

Tabla 47: Análisis de precios unitarios para el pavimento reciclado

Mezcla asfáltica reciclada en caliente			Unidad: m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Arena chancada	m3	0.45	77.80	35.01
Piedra chancada	m3	0.33	68.10	22.47
Cemento asfáltico	galon	29.90	6.00	179.40
Total				236.88

Elaboración: El autor

De las siguientes tablas se indica lo siguiente:

- La mezcla asfáltica reciclada es 19.15% más barato en comparación a la mezcla asfáltica convencional.
- En el uso de cemento asfáltico se tiene un ahorro del 16.40% con respecto a la variación de costos del pavimento.

- Para la arena chancada se tuvo un ahorro del 17.85% en función a los costos de variación.
- Se tuvo un ahorro total del 53.40% del reciclado compuesto por cada tipo de material utilizado en el diseño con material reciclado.

5.8 Análisis comparativo de costos en las partidas del proceso constructivo de un pavimento

Para calcular la variación económica realizando un comparativo de precios unitarios, se tuvo que considerar mano de obra, materiales, equipos y flete por el transporte de agregados, presentes en cada etapa del proceso constructivo de un pavimento, entre ellos tenemos:

1. Fresado mecánico carpeta e=2" inc. eliminación de material.
2. Riego de liga
3. Colocación de carpeta asfáltica en caliente de 2"
4. Mantenimiento y control de tránsito
5. Control de calidad

5.8.1.1 Fresado mecánico carpeta e=2" inc. eliminación de material

En este proceso la optimización de costos es resaltante debido a que el proceso normal de fresado y eliminación consiste en fresar y eliminar el material hacía un botadero, para después realizar un nuevo viaje trasladando el material de la cantera hacía la planta de preparación de asfalto, Todo este procedimiento implica 2 viajes, en el caso del asfalto reciclado implica solo 1 viaje debido a que el material reciclado obtenido en el proceso de fresado es derivado directamente hacía la planta de tratamiento.

El costo por viaje de un volquete es de 32 soles por 15m³, para nuestro proyecto tenemos 350m³ por trasladar, dando un costo beneficio de 11200 soles.

Tabla 48: Análisis de precios unitarios del fresado mecánico

Partida	1.00	FRESADO MECANICO CARPETA E=2" INC. ELIMINACION DE MATERIAL						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2			11.56	
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de obra								
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0011	23.016	0.02	
0101010003	OFICIAL		hh	3.0000	0.0160	15.90	0.25	
0101010004	PEON		hh	3.0000	0.0160	14.30	0.23	
							0.50	
Equipos								
0301600004	VOLQUETE 6X4 330 HP 15 M3		hm	5.0000	0.0267	240.000	6.40	
0301330009	FRESADORA MECANICA 550 HP		hm	1.0000	0.0053	650.00	3.47	
0301330008	CAMION PLATAFORMA 25TN		hm	0.1000	0.0005	250.00	0.13	
0301330010	CAMION BARANDA 3TN		hm	1.0000	0.0053	70.00	0.37	
0301330011	MINICARGADOR		hm	1.0000	0.0053	70.00	0.37	
0301350001	BARREDORA MECANICA 10-20		hm	1.0000	0.0053	60.00	0.32	
							11.06	

Elaboración: El autor

5.8.1.2 Riego de liga

Tabla 49: Análisis de precios unitarios del riego de liga

Partida	2.00	RIEGO DE LIGA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2			3.50	
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de obra								
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0011	23.016	0.02	
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.0107	19.180	0.20	
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0107	15.90	0.17	
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0107	14.30	0.15	
							0.54	
Materiales								
0201021003	ASFALTO LIQUIDO		gal		0.1500	11.800	1.77	
0201021004	FLETE TERRESTRE DE ASFALTO		gal		0.1200	0.20	0.02	
							1.79	
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0500	0.66	0.03	
0301600005	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP		hm	1.0000	0.0053	130.00	0.69	
0301350001	COCINA DE ASFALTO 160 GLN		hm	0.5000	0.0027	65.00	0.28	
0301350002	BARREDORA MECANICA 10-20 HP		hm	1.0000	0.0053	52.00	0.17	
							1.17	

Elaboración: El autor

5.8.1.3 Mezcla y colocación de carpeta asfáltica en caliente de 2”

En esta partida se optimizo el uso de materiales para la preparación de la mezcla asfáltica, teniendo una diferencia de 4.74 soles por m2 entre la mezcla convencional que tiene un costo de 31.45 soles, en comparación a un 25.71 de la mezcla reciclada.

Para nuestro tramo en evaluación que consta de 1k tiene 7000m2, con un ahorro de 4.74 por m2 se ahorró 33180.00 soles en mezcla y colocación de carpeta asfáltica

Tabla 50: Análisis de precios unitario de mezcla y colocación de carpeta asfáltica convencional de 2”

Partida	3.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2”					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000			Costo unitario directo por : m2	31.48
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0053	23.016	0.12
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.0107	19.180	0.20
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0107	15.90	0.17
0101010005	PEON		hh	10.0000	0.0533	14.30	0.76
							1.25
		Materiales					
0201021005	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE		m3		0.0850	292.960	24.90
0201021006	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA		m3		0.0650	35.00	2.28
							27.18
		Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0500	1.25	0.06
0301330008	CAMION PLATAFORMA 25TN		hm	0.1000	0.0005	300.00	0.16
0301330010	CAMION BARANDA 3TN		hm	1.0000	0.0053	90.00	0.48
0301600005	RODILLO NEUMATICO		hm	1.0000	0.0053	140.00	0.75
0301350001	RODILLO TANDEM AUTOPROPULSADO		hm	1.0000	0.0053	160.00	0.85
0301350002	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS		hm	1.0000	0.0053	140.00	0.75
							3.05

Elaboración: El autor

Tabla 51: Análisis de precios unitario de mezcla y colocación de carpeta asfáltica reciclada de 2”

Partida	3.00 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2			26.71
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0053	23.016	0.12
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.0107	19.180	0.20
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0107	15.90	0.17
0101010005	PEON		hh	10.0000	0.0533	14.30	0.76
							1.25
Materiales							
0201021005	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE		m3		0.0850	236.880	20.13
0201021006	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA		m3		0.0650	35.00	2.28
							22.41
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0500	1.25	0.06
0301330008	CAMION PLATAFORMA 25TN		hm	0.1000	0.0005	300.00	0.16
0301330010	CAMION BARANDA 3TN		hm	1.0000	0.0053	90.00	0.48
0301600005	RODILLO NEUMATICO		hm	1.0000	0.0053	140.00	0.75
0301350001	RODILLO TANDEM AUTOPROPULSADO		hm	1.0000	0.0053	160.00	0.85
0301350002	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS		hm	1.0000	0.0053	140.00	0.75
							3.05

Elaboración: El autor

5.8.1.4 Mantenimiento y control de tránsito

Proceso que consiste en trabajos de señalización y cierre de una vía, para que los trabajos de fresado y colocación de mezcla asfáltica se deán de manera segura cumpliendo la normativa de seguridad.

En este caso el costo de esta partida es la misma para los dos tipos de pavimentación, pavimentación convencional y pavimentación con material reciclado.

Tabla 52: Análisis de precios unitario de mezcla y colocación

Partida	4.00	MANTENIMIENTO Y CONTROL DE TRANSITO					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : glb			24,274.25
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
0101010005	PEON	hh	1.0000	160.0000	14.30	2,288.00	
0147010016	EFFECTIVOS POLICIALES	hh	1.0000	160.0000	18.400	2,944.00	
						5,232.00	
Materiales							
0211490002	PANEL TIPO TIJERA	und		21.0000	150.000	3,150.00	
0211490003	CARTEL DE OBRA 7.20X3.60	und		2.0000	1,200.00	2,400.00	
2130100075	SEÑAL VERTICAL TIPO ROMBO	und		4.0000	391.65	1,566.60	
0213010008	SEÑAL INFORMATIVA RECTANGULAR	und		4.0000	260.00	1,040.00	
0213010009	CONO DE SEÑALIZACION	und		40.0000	65.00	2,600.00	
0213010010	BANNER DE INFORMACION	m2		65.0000	30.63	1,990.95	
0213010011	CILINDRO REFLECTIVO	und		15.0000	110.00	1,650.00	
0229180006	VARAS ESTROBOSCOPICAS	und		5.0000	120.00	600.00	
0147010012	ESTRUCTURAS BIPOSTE MOVIL	und		1.0000	4044.70	4,044.70	
						19,042.25	

Elaboración: El autor

5.8.1.5 Control de calidad

Es la etapa más importante del diseño y colocación de una mezcla asfáltica ya que dependiendo del estado y control de los agregados se obtendrá una mezcla de características óptimas que cumplan con las normativas y estándares de calidad.

Debido a que el proyecto abarco 1km de vía a pavimentar con un espesor de 2" y con un cubicaje de 350 m³ de mezcla por pavimentar, no se mostró un ahorro en los controles de calidad debido a que la mayoría de los ensayos piden una frecuencia de controles cada 1000m³, mayormente los trabajos de pavimentación abarcan áreas y cubicajes mucho mayores a 1km, siendo en estos casos donde tendría que reflejarse un ahorro en los ensayos de calidad.

Tabla 52: Análisis de precios unitario

Partida	5.00	CONTROL DE CALIDAD					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : glb			4,195.37
Código	Descripción Recurso	Unidad	Frecuencia	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Sub contratos						
0204000000	GRANULOMETRIA	und	por c/200m3	6.0000	120.000	720.00	
0204000001	EQUIVALENTE DE ARENA	und	por cada 1000 m3	1.0000	130.37	130.37	
0204000002	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	und	por cada 1000 m3	1.0000	58.00	58.00	
0204000003	ENSAYOS MARSHALL	und	cada dia	3.0000	460.00	1,380.00	
0204000004	LAVADO ASFALTICO	und	cada dia	3.0000	280.00	840.00	
0204000005	CONTROLES DE TEMPERATURA DE	und	planta,llegada,desc	3.0000	3.00	9.00	
0204000008	RIEDEL WEBER	und	por cada 1000 m3	1.0000	120.00	120.00	
0204000010	% CARAS FRACTURADAS	und	por cada 1000 m3	1.0000	48.00	48.00	
0204000011	DURABILIDAD AL SULFATO SODIO	und	por cada 1000 m3	1.0000	160.00	160.00	
0204000012	PESO ESPECIFICO Y ABSORCION	und	por cada 1000 m3	1.0000	55.00	55.00	
0204000013	ABRASION LOS ANGELES	und	por cada 1000 m3	1.0000	125.00	125.00	
0204000014	ADHERENCIA AGREGADOS	und	por cada 1000 m3	1.0000	85.00	85.00	
0204000015	SALES SOLUBLES	und	por cada 1000 m3	1.0000	120.00	120.00	
0204000016	AZUL DE METILENO	und	por cada 1000 m3	1.0000	85.00	85.00	
0204000017	EXTRACCION DE DIAMANTINAS	und	por cada 750m3	1.0000	260.00	260.00	
						4,195.37	

Elaboración: El autor

5.9 Resumen de optimización de costos en todo el proceso de pavimentación

El costo beneficio presentado en el proyecto, el cual consta de un kilómetro de vía a pavimentar es de 44,380.00 soles presentado a lo largo de todo el proceso constructivo.

Tabla 53: Resumen de costos por partidas

PARTIDA	COSTO
1.Fresado mecánico carpeta e=2" inc. eliminación de material.	S/11,200.00
2.Riego de liga	S/0.00
3.Colocación de carpeta asfáltica en caliente de 2"	S/33,180.00
4.Mantenimiento y control de transito	S/0.00
5.Control de calidad	S/0.00
TOTAL	S/44,380.00

Elaboración: El autor

CAPÍTULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis

6.1.1 Hipótesis específica 1

Incrementando el porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de material bituminoso en el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria.

Validados los resultados para la mezcla asfáltica reciclada, según los ensayos se tuvo un porcentaje inicial de cemento asfáltico de 2.3% dentro del material reciclado, posteriormente para su estabilidad y flujo se realizó la adición de su porcentaje de cemento asfáltico en 4.8% como adicional; obteniendo un ahorro en costos de material bituminoso al reutilizar un 2.3% del material reciclado determinado en el ensayo MTC E502, cumpliendo con las especificaciones técnicas de contenido óptimo de cemento asfáltico. Por lo tanto, se valida la hipótesis específica 1. En consecuencia, se tuvo un ahorro del 16.40%

6.1.2 Hipótesis específica 2

Incrementando la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria.

Teniendo la granulometría del material reciclado, se observó un alto porcentaje de material fino (73%) y un bajo porcentaje de material grueso (27%), donde la curva granulométrica no estaba dentro de los parámetros de huso correspondiente respecto a la gradación MAC, para su corrección se utilizó un 40% del material reciclado, se adiciono un 10% de piedra huso 67 y un 20% de piedra confitillo, también se adiciono un 30% de agregado fino.

Teniendo un ahorro en la reutilización del agregado grueso. Por lo tanto, se valida la hipótesis 2. En consecuencia, se tuvo un ahorro del 15.45%

6.1.3 Hipótesis específica 3

Incrementando la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria.

Teniendo la granulometría del material reciclado, se observó un alto porcentaje de material fino (73%) y un bajo porcentaje de material grueso (27%), donde la curva granulométrica no estaba dentro de los parámetros de huso correspondiente respecto a la gradación MAC, para su corrección se utilizó un 40% del material reciclado, se adiciono un 10% de piedra huso 67 y un 20% de piedra confitillo, también se adiciono un 30% de agregado fino. Teniendo un ahorro en la reutilización del agregado fino. Por lo tanto, se valida la hipótesis 3. En consecuencia, se tuvo un ahorro del 17.85%

6.2 Contrastación de antecedentes

6.2.1 Antecedentes nacionales

En el trabajo de investigación, Rengifo y Vargas (2017) estudiaron las características de un pavimento, obtenidas mediante el reciclado de pavimento flexible en mal estado y verifico que tanto influye el uso de diferentes emulsiones en el diseño de un pavimento reciclado. Se observó un mejora en la capacidad mecánica de la carpeta asfáltica generando un ahorro del 40% en agregados fino y grueso; en contraste con la presente tesis, la cantidad de agregado grueso y fino optimizados es del 46.46%, encontrando un mejor diseño de mezclas.

En su trabajo de investigación, Fano y Chávez (2017) estudiaron las propiedades físicas y mecánicas del material reciclado adicionando cemento portland para conocer sus limitaciones económicas en un contrato de conservación vial incluyendo un diseño Marshall con la mezcla reciclada trabajándolo como una MAC-2 donde se obtuvo una estabilidad/fluencia de 1947.46 kg/cm; en contraste con la presente tesis que también se trabajó con una MAC-2 y se tuvo una optimización del 46.46% de agregados se obtuvo

una estabilidad/fluencia de 4871 kg/cm.

6.2.2 Antecedentes internacionales

A través de su estudio, Paive Ipanaque y Ramos Vilcarromero (2013) estudiaron el reciclado de pavimento asfáltico y su nueva utilización para mezcla asfáltica demostrando su buen comportamiento usando 5 probetas por cada tipo de asfalto incorporando 20% y 30% de agregado fino y a cada uno de estos 20% y 30% de agregado grueso, subdividido cada uno con 10%, 20% y 30% de incorporación de asfalto ensayadas en el equipo Marshall donde se obtuvo una estabilidad/fluencia de 3549.84 kg/cm; en contraste con dicha tesis que también se trabajó con una MAC-2 y se tuvo una optimización del 46.46% usando 40% de material reciclado, 10% de Piedra huso 67, 20% de confitillo y 30% de arena de pavimento donde se obtuvo una estabilidad/fluencia de 4871 kg/cm.

En su trabajo de investigación, Rodríguez Molina (2004) estudio la evaluación y mejoramiento de pavimento flexible por el sistema del reciclaje teniendo una alternativa diferente a la pavimentación tradicional, su evaluación arrojó que la pavimentación con material reciclado en caliente es mucho más eficiente que la pavimentación con reciclado en frío, adicionando agregados que cumplen con las especificaciones; en contraste con esta tesis que también se trabajó adicionando 10% de Piedra huso 67, 20% de confitillo y 30% de arena de pavimento.

CONCLUSIONES

1. Respecto al diseño de la mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, se identificó que la carpeta de rodadura se encuentra en mal estado verificado en el huso granulométrico del material reciclado.
2. Al realizar la corrección de los agregados en la granulometría del material reciclado, se verificó deficiencia en el agregado fino, corrigiéndolo aumentando este agregado en un 27% de arena de pavimento.
3. Al realizar la granulometría del material reciclado, se observó en la curva partiendo de la malla n°4 deficiencias de agregado grueso siendo corregido aumentando 30% de agregado grueso piedra huso 67, 20% de confitillo.
4. De la evaluación de las 15 briquetas de los distintos porcentajes de cemento asfáltico (3%,3.5%,4%.4.5% y 5%), se verificó el porcentaje de cemento asfáltico por adicionar: un 4.8% de adición al 2.3% obtenido en el ensayo de lavado asfáltico, dando un total 7.1% de cemento asfáltico requerido.
5. En la mezcla asfáltica se optimizó los costos de materiales con una diferencia de 4.74 soles entre la mezcla convencional y la mezcla con material reciclado, para el tramo en evaluación que consta de 1k tiene 7000m², con un ahorro de 4.74 por m² se ahorra 33180.00 soles en mezcla y colocación de carpeta asfáltica.
6. En la partida de control de ensayos, debido a que el proyecto abarcó un cubaje de 350 m³ de mezcla por pavimentar, no se mostró un ahorro en los controles de calidad debido a que la mayoría de los ensayos piden una frecuencia de controles cada 1000m³.

7. De acuerdo a la investigación realizada se logró determinar que es conveniente el uso de material reciclado ya que tiene un impacto ambiental y económico, ambiental por la no sobreexplotación de las canteras debido a la reutilización de agregados y económico por la optimización de costos presentados y sustentados en esta investigación.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un control de calidad correcto que cumpla con todos los parámetros exigidos en la normativa del (MTC, 2013).
2. Reciclando un 46.46% de material, optimiza los costos en el proceso de adición de nuevos agregados, teniendo en consideración que el material reciclado tiene que ensayarse en función al diseño Marshall y la normativa establecida por el (MTC, 2013).
3. Ensayar de forma correcta el lavado asfáltico, siendo este valor el más importante para la adición del material bituminoso, debiendo cumplir los parámetros establecidos por el (MTC, 2013).
4. Implementar más laboratorios de MTC en universidades.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Barajas, E. (2017). *Análisis comparativo del sistema de gestión de los pavimentos o mantenimiento vial de la ciudad de Bogotá con la ciudad de Sao Paulo*. (Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia).

Recuperado de:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15235/1/AN%C3%81LISIS%20COMPARATIVO%20DEL%20SISTEMA%20DE%20GESTI%C3%93N%20DE%20LOS%20PAVIMENTOS%20O%20MANTENIMIENTO%20VIAL%20DE%20LA%20CIUDAD%202.pdf>

Rodríguez Molina José Antonio (2004) *Evaluación y rehabilitación de pavimento flexible por el método del reciclaje* – El Salvador. Recuperado de:

http://ri.ues.edu.sv/2234/1/Evaluaci%C3%B3n_y_rehabilitaci%C3%B3n_de_pavimentos_flexibles_por_el_m%C3%A9todo_del_reciclaje.

Paive Ipanaque German y Ramos Vilcarromero Greysi (2013) *Reciclado de Pavimento asfáltico y su reutilización para el diseño de mezcla asfáltica en caliente* – Perú. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/doc/246132708/Tesis-Reciclado-de-Pavimentos-Asfálticos-y-Su-Reutilizacion-en-El-Diseño-de-Mezclas-Asfálticas-en-Caliente>.

Echevarría Romero José Martínez (2012) *Estudio del procedimiento de compactación en laboratorio para mezclas recicladas con emulsión* (2012) – España. Recuperado de:

<http://www.cuevadelcivil.com/2015/06/reciclado-de-carpeta-asfaltica-rap.html>.

<http://coflan.com/wp-content/uploads/2014/11/Roadtec-RT-500.pdf>

U.S. Army Engineer Research and Development Center. (2001). *Manual Paver asphalt surfaced airfields Pavement Condition Index (PCI)*. Estados Unidos. Recuperado de:

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Manuela de índice de condición del pavimento (PCI). Recuperado de:

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016) *Manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para construcción*. Recuperado de: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016) *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*. Recuperado de : <https://es.slideshare.net/juanjose20085/manual-de-carreteras-conservacion-vial>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016) *Manual de ensayos de materiales*. Recuperado de : http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf
- Cálculo del índice de condición del pavimento flexible. Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf?sequence=1
- López, Y. (2018). *Influencia del reciclado de pavimento flexible para mejorar la conservación vial entre las calles 6 y 7 de Ventanilla Alta*. (Tesis de grado, Universidad César Vallejo) Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/35277>
- Yangali, G. (2015). *Influencia del uso de la carpeta asfáltica reciclada en las propiedades físico-mecánicas de diseño, para rehabilitación de pavimento flexible*. (Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú) Recuperado de: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/406/TCIV_16.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Descalzi & Chavez. (2017). *Diseño estructural de un pavimento reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica*. Recuperado de: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622302/Chavez_CM.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Rodríguez, C. & Rodríguez, J. (2004). *Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje*. (Tesis de Grado, Universidad de el Salvador) Recuperado de: http://ri.ues.edu.sv/2234/1/Evaluaci%C3%B3n_y_rehabilitaci%C3%B3n_de_pavimentos_flexibles_por_el_m%C3%A9todo_del_reciclaje.pdf

Ipanaque & Ramos. (2013). *Reciclado de pavimentos asfálticos y su reutilización para diseño de mezcla de asfalto en caliente*. (Tesis de Grado, Universidad señor de sipan) Recuperado de:

<https://es.scribd.com/doc/246132708/Tesis-Reciclado-de-Pavimentos-Asfálticos-y-Su-Reutilizacion-en-El-Diseño-de-Mezclas-Asfálticas-en-Caliente>

Navarro Jiménez (2017). *Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con aditivos en pet*. (Tesis de Grado, Universidad señor de sipan)

Recuperado de:

<http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4569/Navarro%20Jim%C3%A9nez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chuman (2017). *Reutilización de pavimento flexible envejecido mediante el empleo de una planta procesadora de mezcla asfáltica en caliente para pavimentos en Huancayo* (Tesis de Grado, Universidad peruana los andes) Recuperado de:

<http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/267/JORGE%20M%20ANUEL%20CHUMAN%20AGUIRRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Alarcón (2015). *Reciclado de pavimentos asfálticos en caliente en planta* Recuperado de:

<https://www.tesisred.net/bitstream/handle/10803/5906/10CAPITULO%203.pdf?sequence=10&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODOLÓGICA
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable Independiente (VI) : Mezcla Asfáltica		Tipo de investigacion Orientacion de la investigacion es aplicada Enfoque de investigacion Cuantitativo porque de los ensayos realizados en laboratorio obtendremos valores numericos para conocer sus características del agregado Nivel de investigacion Descriptivo ya que se basa en la sustentacion de resultados obtenido en los ensayos realiizados en laboratorio Diseño de investigacion La investigacion es cuasiexperimental, Longitudinal y de estudio prospectivo
¿De qué manera el diseño de una mezcla asfáltica usando material reciclado influye en los costos de materiales para el tramo Km 18+000 al Km 19+000 de la Av. Universitaria?	Diseñar una mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos de materiales en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria	El diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado optimiza costos de materiales para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria	Dimensiones	Indicadores	
			Mezcla Asfaltica	Cemento Asfaltico	
				Agregado Grueso	
			Agregado Fino		
Problema específico 1:	Objetivo específico 1:	Hipótesis específico 1:	Variable Dependiente (VD): Costos de materiales		
¿De qué manera el porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con material reciclado influye en el costos de materia bituminoso para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria?	Determinar la cantidad de porcentaje de cemento asfáltico necesario para optimizar costos de material bituminoso en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria	Incrementando el porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de material bituminoso en el tramo km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria	Dimensiones	Indicadores	
			Costos de materiales	Costos de material bituminoso	
				Costos de materia prima	
Problema específico 2:	Problema específico 2:	Problema específico 2:			
¿De qué manera la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado influye en el costos de materia prima para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria?	Determinar la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado necesario para optimizar costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria	Incrementando la cantidad de agregado grueso de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de materia prima en el tramo km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria			
Problema específico 3:	Problema específico 3:	Problema específico 3:			
¿De qué manera la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado influye en el costos de materia prima para el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria?	Determinar la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado necesario para optimizar costos de materia prima en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria	Incrementando la cantidad de agregado fino de la mezcla asfáltica con material reciclado, se optimiza los costos de materia prima en el tramo km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria			

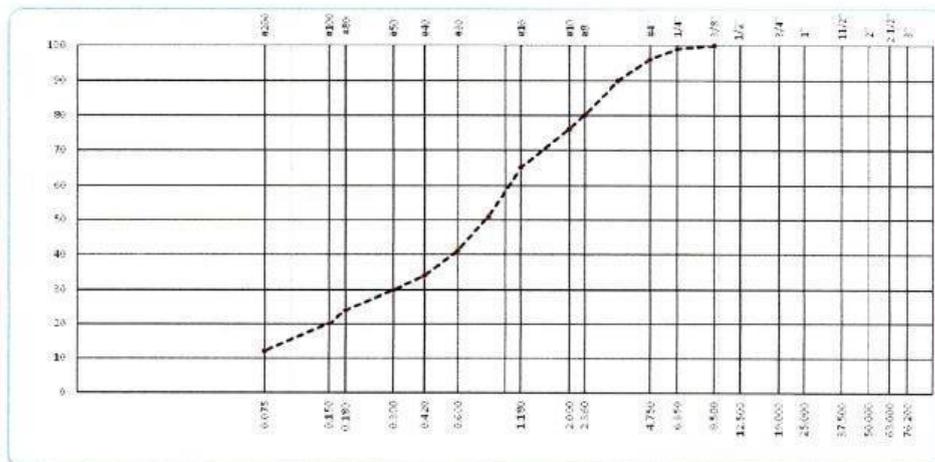
Anexo 2 Resultado de ensayos de laboratorio

 R.U.C. 20601148464	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 01</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil		
Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"		
Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Cantera "Gloria"
Descripción	: Arena chancada
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)	

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO		PORCENTAJE			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		Retenido	Retenido	Retenido	Acum.	Pasado	
2"	76.200						Peso húmedo _____ g Peso seco _____ 1037.40 g Contenido de humedad _____ 0.0 % Límite líquido _____ N.P. Límite plástico _____ N.P. Azul de metileno _____ 13.5 mg/g
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500					100.0	
1/4"	6.300	10.4	1.0	1.0	99.0		
#4	4.750	31.1	3.0	4.0	96.0		
#6	3.360	62.0	6.0	10.0	90.0		
#8	2.360	103.6	10.0	20.0	80.0		
#10	2.000	41.4	4.0	24.0	76.0		
#16	1.180	114.7	11.1	35.0	65.0		
#20	0.850	145.2	14.0	49.0	51.0		
#30	0.600	103.9	10.0	59.0	41.0		
#40	0.425	72.2	7.0	66.0	34.0		
#50	0.300	42.0	4.0	70.0	30.0		
#60	0.250	62.4	6.0	76.0	24.0		
#100	0.150	41.1	4.0	80.0	20.0		
#200	0.075	82.7	8.0	88.0	12.0		
>200	124.7	12.0	100.0	0.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS Asesores y consultores S.A.C.

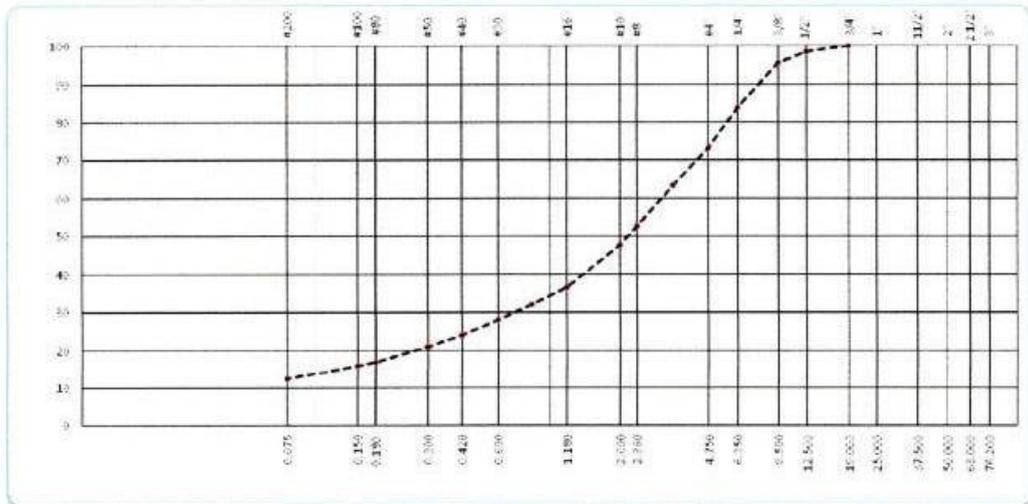
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - A - CABS - 2020 - 03	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: "Material reciclado"
Descripción	: Pavimento asfáltico reciclado (RAP)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PORCENTAJE				DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		Retenido	Retenido	Acum.	Pasado	
3"	76.200					Peso húmedo _____ g Peso seco <u>3505.10</u> g
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					Contenido de humedad <u>0.0</u> %
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					Observaciones Especificaciones Técnicas MTC "EG - 2013" Pavimento de concreto asfáltico en caliente (Sección 423) Pavimento asfáltico reciclado (RAP)
3/4"	19.000				100.0	
10"	12.500	54.2	1.5	1.5	98.5	
30"	5.000	104.0	3.0	4.5	95.5	
40"	3.750	402.0	11.5	16.0	84.0	
#4	4.750	365.1	11.0	27.0	73.0	
#6	3.360	334.5	9.5	36.5	63.5	
#8	2.360	385.0	11.0	47.5	52.5	
#10	2.000	174.2	5.0	52.5	47.5	
#16	1.180	366.0	11.0	63.5	36.5	
#20	0.840	158.5	4.5	68.0	32.0	
#30	0.600	140.9	4.0	72.0	28.0	
#40	0.420	140.2	4.0	76.0	24.0	
#50	0.300	105.0	3.0	79.0	21.0	
#60	0.250	139.4	4.0	83.0	17.0	
#100	0.150	35.1	1.0	84.0	16.0	
#200	0.075	122.7	3.5	87.5	12.5	
>300		436.2	12.5	100.0	0.0	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 



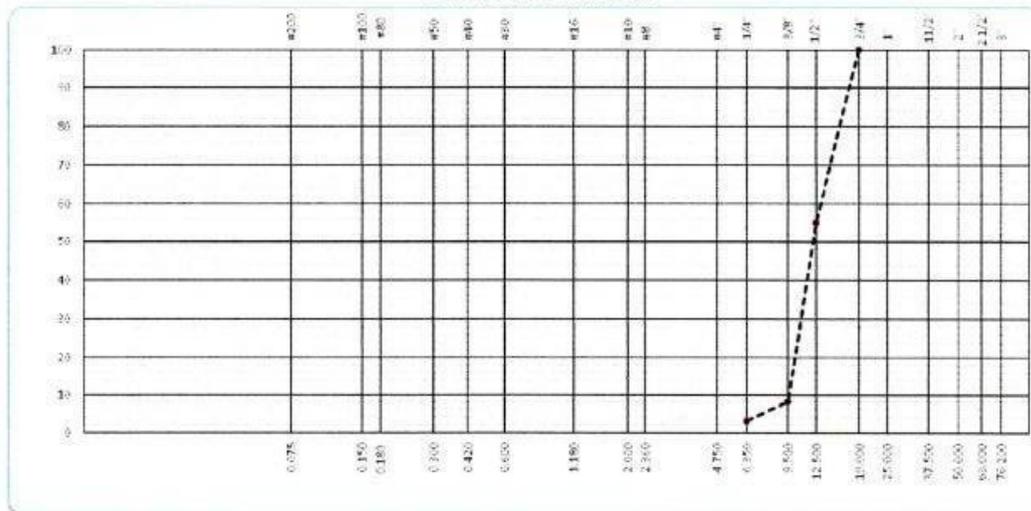
 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - A - CABS - 2020 - 04	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Cantera "Gloria"
Descripción	: Piedra Chancada
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)	

TAMIZ	ABERTURA mm	PORCENTAJE				DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		Retenido	Pasado	Acum.	Pasado	
3"	76.200					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	1623.1	45.0	45.0	55.0	
3/8"	9.500	1662.0	47.0	92.0	8.0	
1/4"	6.300	181.3	5.0	97.0	3.0	
# 4	4.750	108.3	3.0	100.0	0.0	
# 6	3.300					
# 8	2.360					
# 10	2.000					
# 15	1.180					
# 20	0.840					
# 30	0.600					
# 40	0.420					
# 50	0.300					
# 60	0.250					
# 75	0.180					
# 100	0.150					
# 200	0.075					
>200						

Observaciones:
 Especificaciones Técnicas MTC "EG - 2013"
 Pavimento de concreto asfáltico en caliente (Sección 423)
 Gradación de la Grava HUSO "B7"

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



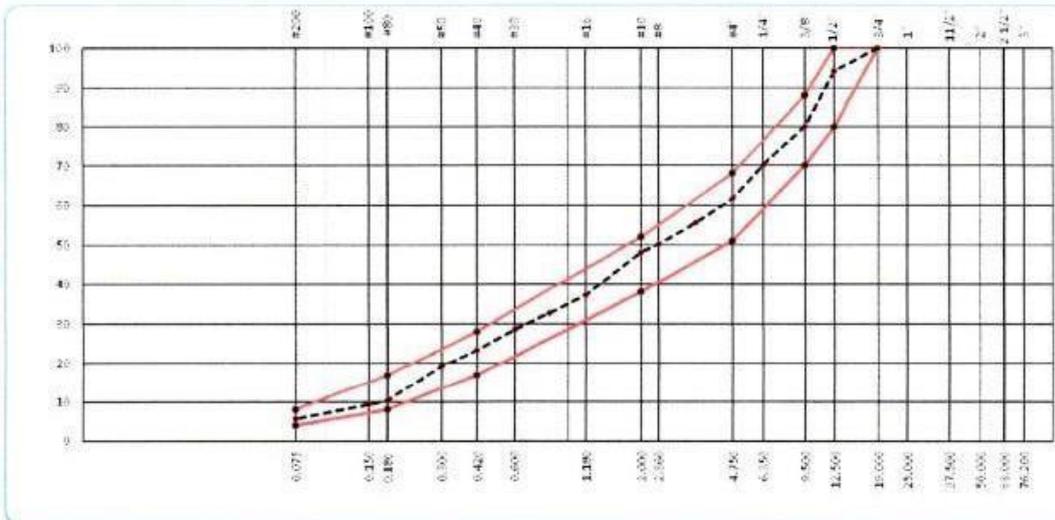

Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de agregados
Descripción : Arena chancada / Piedra chancada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO Retenido	PORCENTAJE		MAC - 2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido	Aceusá	Passante		
3"	76.200						Peso húmedo _____ g Peso seco _____ 3002.90 g
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						Contenido de humedad _____ 0.0 %
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						Mezcla de agregados
3/4"	19.000			100.0	100	100	
1/2"	12.500	176.2	5.9	5.9	94.1	80	100
3/8"	9.500	421.0	14.0	19.9	80.1	70	88
1/4"	6.300	299.6	10.0	29.9	70.1		
# 4	4.750	255.1	8.5	38.4	61.6	51	68
# 6	3.350	180.5	6.0	44.4	55.6		
# 8	2.360	165.0	5.5	49.9	50.1		
# 10	2.000	61.2	2.0	51.9	48.1	38	52
# 16	1.180	329.0	11.0	62.9	37.1		
# 20	0.840	135.6	4.5	67.4	32.6		
# 30	0.600	120.7	4.0	71.4	28.6		
# 40	0.420	158.2	5.3	76.7	23.3	17	28
# 50	0.300	121.3	4.0	80.7	19.3		
# 60	0.250	269.4	9.0	89.7	10.3	8	17
# 100	0.150	31.1	1.0	90.7	9.3		
# 200	0.075	108.7	3.6	94.3	5.7	4	8
>200		170.3	5.7	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

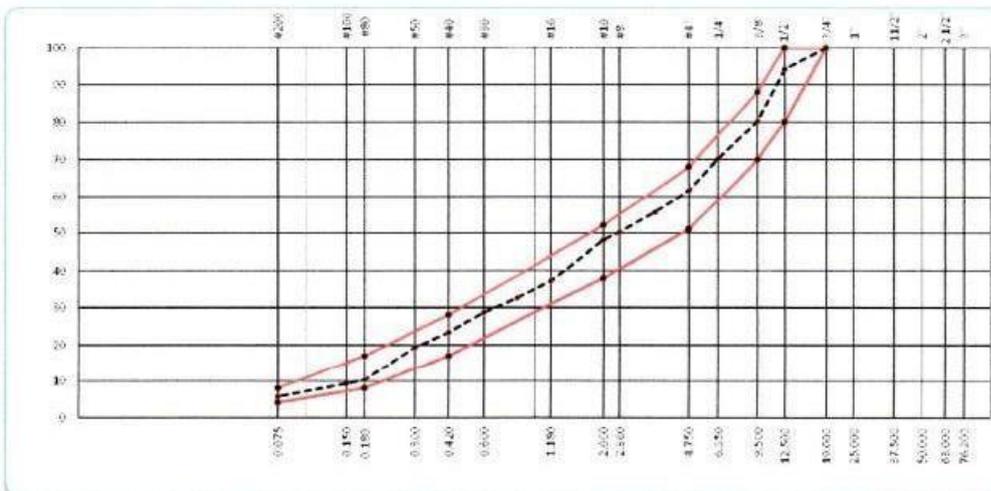


 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 06</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020	
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto	Institución: Universidad San Martín de Porres	Especialidad: Ingeniería Civil
	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Mezcla de agregados Descripción: Arena chancada / Confitillo / Piedra chancada / Material reciclado
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO Retenido	PORCENTAJE			MAC - 2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumul.	Parado			
3"	76.200							Peso húmedo _____ g Peso seco _____ g
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							Contenido de humedad _____ %
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							Mezcla de agregados
3/4"	19.000				100.0	100	100	
1/2"	12.500	183.2	5.9	5.9	94.1	80	100	Arena chancada _____ % Confitillo _____ %
3/8"	9.500	434.0	14.0	19.9	80.1	70	88	
1/4"	6.350	311.7	10.0	29.9	70.1			Piedra chancada _____ % Material reciclado _____ %
#4	4.750	262.3	8.5	38.4	61.6	51	68	
#6	3.360	186.2	6.0	44.4	55.6			Observaciones
#8	2.360	170.4	5.5	49.9	50.1			
#10	2.000	65.0	2.0	51.9	48.1	38	52	Especificaciones Técnicas MTC "EG - 2013" Pavimento de concreto asfáltico en caliente (Sección 423)
#16	1.180	341.0	11.0	62.9	37.1			
#20	0.840	141.2	4.5	67.4	32.6			
#30	0.600	123.4	4.0	71.4	28.6			
#40	0.420	164.2	5.3	76.7	23.3	17	28	
#50	0.300	124.1	4.0	80.7	19.3			
#80	0.180	280.3	9.0	89.7	10.3	8	17	
#100	0.150	31.1	1.0	90.7	9.3			
#200	0.075	112.4	3.6	94.3	5.7	4	8	
>200		177.0	5.7	100.0	0.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 07</u>		CF: Ing - IF - A - PU VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto	Institución: Universidad San Martín de Porres	Especialidad: Ingeniería Civil
	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Cantera "Gloria"
Descripción	: Piedra chancada

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC 209)

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		3000±300							
2"	1 1/2"		2000±200							
1 1/2"	1"		1000±50							
1"	3/4"		500±30							
3/4"	1/2"	45.0	670±10	670.0		669.5	10.5	1.6	0.71	
1/2"	3/8"	47.0	330±5	300.0		295.2	4.8	1.6	0.75	
3/8"	N° 4	8.0	300±5	300.0		289.6	10.4	3.5	0.26	

TOTAL	1.73
--------------	-------------

AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04									..
N° 04	N° 08									..
N° 08	N° 16									..
N° 16	N° 30									..
N° 30	N° 50									..
N° 50	N° 100									..

TOTAL	
--------------	--

OBSERVACIONES:

Solución en Sulfato de Magnesio

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p align="center">RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p align="center"><u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 08</u></p>	CF: Ing - IF - A - PN
		VF: 01
<p>Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil</p>		FEF: 03/08/2020
<p>Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"</p>		
<p>Fecha emisión informe: 17/08/2020</p>		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Cantera "Gloria"
Descripción	: Piedra chancada

ENSAYO ABRASIÓN LOS ÁNGELES (MTC E207)						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
GRADACIÓN	"B"	"B"				
PESO MUESTRA	5000	5000				
1.1/2" - 1"						
1" - 3/4"						
3/4" - 1/2"	2500	2500				
1/2" - 3/8"	2500	2500				
3/8" - 1/4"	-	-				
1/4" - Nº 4	-	-				
Nº 4 - Nº 8	-	-				
RETENIDO Nº12	4000	3950				
PASA Nº 12	1000	1050				
% DESGASTE	20.0	21.0				
PROMEDIO	20.5 %					

Observaciones :

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto **Institución:** Universidad San Martín de Porres **Especialidad:** Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación: Cantera "Gloria"
Descripción: Piedra chancada

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E206)

AGREGADO GRUESO						
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sal. superl. seco (en el aire) (g)	1226.0	1245.0			
B	Peso del mat. sal. superl. seco (en el agua) (g)	764	775			
C	Vol. de masa + Vol. de vacíos (cc)	462.00	470.00			
D	Peso del material seco en el horno (105°C) (g)	1218.10	1238.5			
E	Vol. de masa (g)	454.10	463.5			
F	Peso específico bulk (base seca) (g/cc)	2.637	2.636			2.636
G	Peso específico bulk (base saturada) (g/cc)	2.854	2.849			2.851
H	Peso específico aparente (base seca) (g/cc)	2.682	2.672			2.677
I	% de absorción	0.65	0.52			0.59

Observaciones: —

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:





RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS

Ing - IF - A - CABS - 2020 - 10

CF: Ing - IF - A - PN
VF: 01
FEF: 03/08/2020

Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto **Institución:** Universidad San Martín de Porres **Especialidad:** Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra: : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación: : Cantera "Gloria"
Descripción: : Piedra chancada

ENSAYO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791)

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	%	(CxD)/100
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	494.3	20.2	6.1	44.19	2.70
1/2"	3/8"	324.9	27.3	8.4	29.05	2.44
3/8"	1/4"	299.3	26.1	8.7	26.76	2.33
TOTAL						7.47 %

Observaciones: -

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayansay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 11</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Cantera "Gloria"
Descripción	: Piedra chancada
ENSAYO PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (MTC E210)	

Porcentaje con una o más caras fracturadas

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido T	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	494.3	482.3	97.6	44.19	43.12
1/2"	3/8"	324.9	300.0	86.0	29.09	27.59
3/8"	1/4"	299.3	226.2	75.6	26.76	20.22
		1118.5				
TOTAL						90.93 %

Porcentaje con dos o más caras fracturadas

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido T	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	494.3	453.7	91.8	44.19	40.56
1/2"	3/8"	324.9	269.9	83.1	29.09	24.13
3/8"	1/4"	299.3	213.1	71.2	26.76	19.05
Total						
TOTAL						83.75 %

Observaciones: —

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 12</u>	CF: Ing - IF - A - PH VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Cantera "Gloria" Descripción: Piedra chancada		
ENSAYO DE REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO DE MEZCLAS AGREGADO - BITUMEN (MTC E 517)		

Muestra	Especificación	Resultado
Piedra chancada	+95	+95



Elaborado por:
Miguel Ángel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 13</u>	CF: Ing - IF - A - PH VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Cantera "Gloria" Descripción: Piedra chancada		
SALES SOLUBLES TOTALES (MTC E219)		

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	110.0	0.011	0.5 máx.

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayansy
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 14</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación : Cantera "Gloria"
 Descripción : Arena chancada

ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC 209)

ANÁLISIS CUANTITATIVO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		3000±300							
2"	1 1/2"		2000±200							
1 1/2"	1"		1000±50							
1"	3/4"		500±30							
3/4"	1/2"		670±10							
1/2"	3/8"		330±5							
3/8"	N° 4		300±5							

TOTAL

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso min. requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	4.0	100	100	--	0.0	100.0	0.0	0.0	--
N° 04	N° 08	18.0	100	100	--	93.2	6.8	6.8	1.1	--
N° 08	N° 16	15.1	100	100	--	92.3	7.7	7.7	1.2	--
N° 16	N° 30	24.0	100	100	--	94.8	5.2	5.2	1.2	--
N° 30	N° 50	11.0	100	100	--	90.6	9.4	9.4	1.0	--

TOTAL 453

OBSERVACIONES:
 Solución en Sulfato de Magnesio

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 15</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión Informe: 17/08/2020	
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Cantera "Gloria" Descripción: Arena chancada		
EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E514)		

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	1	2	3	4
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación	09:15	09:23		
Hora de salida de saturación (10')	09:25	09:33		
Hora de entrada a decantación	09:27	09:35		
Hora de salida de decantación (20')	09:47	09:55		
Lectura Inicial pulg	6.0	6.2		
Lectura Final pulg	3.6	3.7		
Equivalente de Arena %	60.0	59.7		
PROMEDIO	60.0 %			

Observaciones:

Elaborado por:
Miguel Angel Allaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 16</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión Informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)					
Identificación	: Cantera "Gloria"					
Descripción	: Arena chancada					
ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E205)						
AGREGADO FINO						
	MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sal. supert. Seco (en el aire) (g)	500.00	500.00			
B	Peso folia calibrada con agua (g)	667.49	667.49			
C	Peso folia con agua + peso del mat. s s s. (g)	1197.49	1197.49			
D	Peso del mat. + peso folia + H ₂ O (g)	1009.97	1009.40			
E	Vol. de masa + vol. de vacíos (cc)	187.52	188.09			
F	Peso mat. seco en el horno (105°C) (g)	485.30	485.10			
G	Vol. de masa (g)	172.82	173.19			
H	Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.586	2.579			2.584
I	Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.666	2.658			2.662
J	Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.806	2.801			2.805
K	% de absorción	3.03	3.07			3.05

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

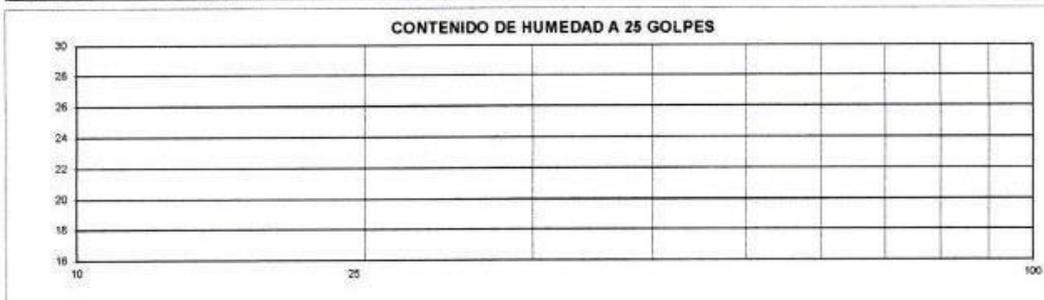



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 17</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Cantera "Gloria"
Descripción	: Arena chancada
ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 111)	

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO	1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NUMERO DE GOLPES				

LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO	4	5	6	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)				



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	
LÍMITE PLÁSTICO	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	

OBSERVACIONES
Pasante la malla Nº 40

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 18</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Cantera "Gloria" Descripción: Arena chancada		
ENSAYO DE MATERIAL MAS FINO QUE LA MALLA N° 200 (NTP 400.018)		

- Procedimiento A - lavado con agua

Muestra		Resultados	Especificación
Peso requerido	Peso lavado	%	%
300	270.4	9.9	10 máx.

Observaciones: —

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 19</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera "Gloria" Descripción : Arena chancada
ENSAYO DE ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS DE LOS ÁRIDOS FINOS (MTC E 220)

Concentración (gr./lt Na ₂ CO ₃)	Índice de Adhesividad	Observación
Agua Destilada	0	Desprendimiento Total
M/256 = 0.414	1	
M/128 = 0.828	2	
M/64 = 1.656	3	
M/32 = 3.312	4	
M/16 = 6.625	5	
M/8 = 13.25	6	
M/4 = 26.5	7	
M/2 = 53.0	8	
M/1 = 106.0	9	

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 20</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera "Gloria" Descripción : Arena chancada
ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES (MTC E219)

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	990.0	0.099	0.5 máx.

Observaciones:

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148404</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 21</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Cantera "Gloria" Descripción: Arena chancada		
ENSAYO DE AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57)		

Ensayo	Resultados	Especificación
	mg/g	mg/g
Contenido de reactividad	13.5	8.0 máx.

Observaciones:

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CAB5 - 2020 - 22</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera "Gloria" Descripción : Piedra chancada

RESUMEN DE REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS GRUESOS (SEGÚN EG 2013)

ENSAYOS	NORMA	REQUISITOS		RESULTADO	CUMPLIMIENTO
		MINIMO	MAXIMO		
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18%	1.73%	Si
Abrasión los angeles	MTC E 207	-	40%	20.50%	Si
Absorción	MTC E 206	-	1%	0.58%	Si
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	-	10%	7.47%	Si
Porcentaje de caras fracturadas	MTC E 210	85/50	-	90.93 / 83.75	Si
Adherencia de ligantes bituminosos	MTC E 517	-	+95	+95	Si
Salas solubles	MTC E 219	-	0.5%	0.011	Si

Observaciones :

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 23</u>	CF: Ing - IF - A - PN VP: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Cantera "Gloria"
Descripción	: Arena chancada

RESUMEN DE REQUERIMIENTO PARA LOS AGREGADOS FINOS (SEGÚN EG 2013)

ENSAYOS	NORMA	REQUISITOS		RESULTADO	CUMPLIMIENTO
		MINIMO	MAXIMO		
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18%	4.53%	Si
Equivalente de arena	MTC E 114	60		60%	Si
Absorción	MTC E 205	-	0.5%	3.05%	No
Índice de plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP	NP	Si
Lavado en agregados (Malla N° 200)	NTP 400.018	-	15%	9.90%	Si
Riedel weber	MTC E 220	4**	-	0	No
Salas solubles	MTC E 219	-	0.5%	0.060%	Si
Azul de metileno	AASHTO TP 57	-	8	13.5	No

Observaciones : ** Grado inicial de desprendimiento.

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

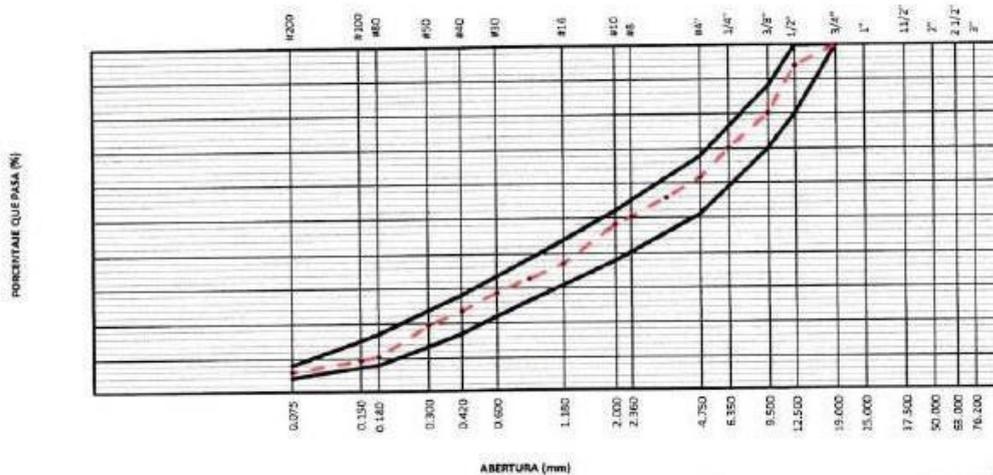



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 24</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: DL FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Mezcla de materiales Descripción: Diseño MAC-2 (N°01)
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO Retenido	PORCENTAJE			FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACIÓN MAC-2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumal	Pasante				
#20	75.000								Peso total 3002.9 g
#40	37.500								Fracción finos : 0.0 g
#60	25.000								
#100	150.000				100.0		100		
#150	105.000	178.2	5.9	5.9	94.1		80		
#200	75.000	421.0	14.0	19.9	80.1		70		
#250	60.000	299.6	10.0	29.9	70.1				
#300	47.500	255.1	8.5	38.4	61.6		51		Observaciones :
#400	37.500	180.5	6.0	44.4	55.6				Según especificación técnica MTC EC -2013 (Sección 423)
#425	355.000	165.0	5.5	49.9	50.1				Pavimento de concreto asfáltico en caliente
#475	300.000	81.2	2.0	51.9	48.1		30	52	Diseño de mezcla asfáltica en caliente (MAC-2)
#500	250.000	329.0	11.0	62.9	37.1				
#600	250.000	135.6	4.5	67.4	32.6				
#750	150.000	120.7	4.0	71.4	28.6				
#840	125.000	158.2	5.3	76.7	23.3		17	28	Areña chancada 65 %
#900	105.000	121.3	4.0	80.7	19.3				Piedra chancada 36 %
#1000	105.000	269.4	9.0	89.7	10.3		8	17	
#1500	105.000	31.1	1.0	90.7	9.3				
#2000	0.075	108.7	3.6	94.3	5.7		4	9	
#2000	0.075	170.3	5.7	100.0					

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 24</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 REF: 03/08/2020	
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil		
	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 15+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación: Mezcla de materiales
Descripción: Diseño MAC-2 (N° 01)

ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	100.0	94.1	80.1	61.6	48.1	23.3	10.3	3.7
ESPECIFICACIONES	100	90 - 100	67 - 95	60 - 77	43 - 69	29 - 43	14 - 25	9 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF
1	% C.A. en peso de la Mezcla					4.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					36.93			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					59.17			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.021			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.584			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.677			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.865			
11	Altura promedio de la biqueta cm								
12	Peso de la biqueta al aire (gr)				1183.0	1190.0	1190.0		
13	Peso de la biqueta al agua por 60 "(gr)				1184.0	1190.0	1190.0		
14	Peso de la biqueta desplazada (gr)				578.0	581.0	581.0		
15	Volumen de la biqueta por desplazamiento (cc) = (12-14)				506.0	512.0	512.0		
16	Peso especifico Bulk de la Biqueta = (12/15)				2.338	2.328	2.328	2.331	
17	Peso Especifico Maximo - Rizo (ASTM D 2041)					2.590			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3303)				6.5	6.9	6.9	6.7	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.694			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.661			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.04			
22	% de Asfalto Efectivo					3.20			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.8			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				13.8	14.2	14.2	14.0	14
25	% Vacios llenos con C.A.				53.0	51.5	51.5	52.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.0	13.0	12.0	12.7	8 - 14
27	Estabilidad sin correar (Kg)				1400	1488	1416		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.00	1.00		
29	Estabilidad Correjada 27 ° 28				1456	1486	1416	1453	MIN 825
30	Estabilidad / Flujo				4480	4571	4721	4591	1700 - 4000

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 





RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS

Ing - IF - A - CAB5 - 2020 - 24

CF: Ing - IF - A - PN
VF: 01
FEF: 03/08/2020

Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto **Institución:** Universidad San Martín de Porres **Especialidad:** Ingeniería Civil
Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación: Mezcla de materiales
Descripción: Diseño MAC-2 (N° 01)

ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PAGA MATERIAL	100	100.0	94.1	80.1	61.6	40.1	23.3	10.3	5.7
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	40 - 61	20 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRUJETA 1"					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					36.63			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					58.87			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.584			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.677			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.805			
11	Altura promedio de la brujeta cm								
12	Peso de la brujeta al aire (gr)				1194.0	1190.0	1192.0		
13	Peso de la brujeta al agua por 60' (gr)				1196.0	1191.0	1193.0		
14	Peso de la brujeta desplazada (gr)				690.0	687.0	685.0		
15	Volumen de la brujeta por desplazamiento (cc) = (13-14)				506.0	501.0	508.0		
16	Peso especifico Bulk de la Brujeta = (12/15)				2.360	2.361	2.346	2.358	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.494			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				5.4	5.2	5.9	5.5	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.604			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.676			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.05			
22	% de Asfalto Efectivo					3.49			
23	Relacion Filler/Beltes					0.6			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				13.5	22.4	13.9	13.6	14
25	% Vacios llenos con C.A.				60.0	60.3	57.6	59.3	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				14.0	13.0	14.0	13.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kq)				1450	1361	1400		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1511	1436	1456	1468	MIN 913
30	Estabilidad / Flujo				4217	4419	4160	4290	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. Z0601148404</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - A - CABS - 2020 - 24	KF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020	
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"	
	Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación: Mezcla de materiales
Descripción: Diseño MAC-2 (N°01)

ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TANQUES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	100.0	94.1	80.1	61.0	48.1	23.3	10.1	3.7
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	50 - 77	43 - 61	25 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	4	5
1	No C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	No Grava > N°4 en peso de la Mezcla					36.44			
3	No Arena < N°4 en peso de la Mezcla					58.56			
4	No Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.021			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.599			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.677			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.805			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1194.0	1196.0	1194.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1195.0	1197.0	1195.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				691.0	692.0	693.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				504.0	505.0	502.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.369	2.368	2.378	3.372	
17	Peso Especifico Mezcla - Roca (ASTM D 2041)					2.480			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.5	4.5	4.1	4.4	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.604			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.682			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.14			
22	% de Asfalto Efectivo					3.91			
23	Relacion Filler/Bolton					0.7			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				13.6	13.6	13.2	13.5	14
25	% Vacios llenos con C.A.				67.0	66.8	69.0	67.6	
26	Flujo 0,01" (0,25 mm)				14.0	15.0	14.0	14.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1305	1303	1326		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1423	1407	1378	1402	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4064	3752	3026	3017	1700 - 4000

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 06346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma: 



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CAB5 - 2020 - 24</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de materiales
Descripción : Diseño MAC-2 (N°01)

ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	100.0	94.1	86.1	61.6	46.1	23.2	10.3	5.7
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	87 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					36.25			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					58.25			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.621			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.584			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					1.677			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.805			
11	Altura promedio de la brqueta								
12	Peso de la brqueta al aire (gr)				1196.0	1197.0	1199.0		
13	Peso de la brqueta al agua por 60' (gr)				1198.0	1198.0	1200.0		
14	Peso de la brqueta desecada (gr)				693.0	691.0	690.0		
15	Volumen de la brqueta por desajustamiento (cc) = (13-14)				505.0	507.0	508.0		
16	Peso especifico Bulk de la Brqueta = [(12)/(15)]				2.368	2.361	2.360	2.363	
17	Peso Especifico Maximo - Base (ASTM D 2041)					2.461			
18	% de Vacios = [(17-16)(100)/17] (ASTM D 3003)				3.8	4.1	4.1	4.0	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.604			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.661			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.13			
22	% de Asfalto Efectivo					4.42			
23	Relacion Filler/Betun					0.6			0.6 - 1.3
24	V.M.A				14.0	14.3	14.3	14.2	14
25	% Vacios llenos con C.A.				73.3	72.7	72.5	72.1	
26	Flejo 0.01(0.25 mm)				15.0	14.0	14.0	14.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				4372	1306	1343		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1427	1358	1396	1364	MDA 815
30	Estabilidad / Flejo				3896	3881	3989	3892	1700 - 4000

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma: 

Revisado por:
 Juan Carlos Zapeta Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

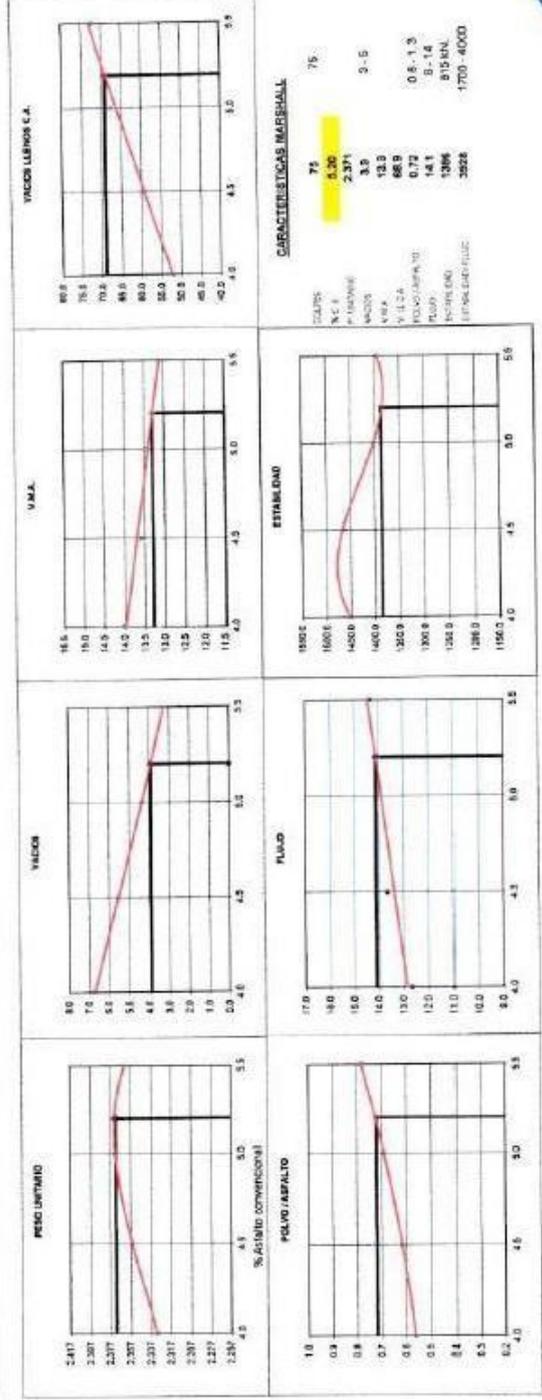
Firma: 



 <p>HIS ASSESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	<p>RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</p> <p><u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 24</u></p>	<p>CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020</p>
<p>Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil</p> <p>Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"</p> <p>Fecha emisión informe: 17/08/2020</p>		

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación : Mezcla de materiales
 Descripción : Diseño MAC 2 (1%03)

**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASPÁLTICO
 CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE**



Revisado por:
 Juan Carlos Barahona Soto
 Ingeniero Civil
 HIS ASSESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 

Elaborado por:
 Alvaro Huamani
 Ingeniero Civil
 Elaborado en Laboratorio Suelos, Concreto y Acabado
 HIS ASSESORES Y CONSULTORES S.A.C.
 Firma: 

 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 24</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Mezcla de canteras Descripción: Diseño MAC-2 (Nº1)		
DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (RESUMEN)		

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado piedra triturada TM 1/2" (Cantera "Gloria") : 35 %
 Agregado arena triturada (Cantera "Gloria") : 65 %

Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto : Asfalto convencional 60/70
 % óptimo de asfalto residual : 5.2%

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño	-0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPES N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO %	5.00	5.20	5.40	
PESO UNITARIO kg/m3	2.371	2.371	2.367	
VACIOS %	4.4	3.9	3.5	3 - 5
V.M.A. %	13.4	13.3	13.2	
V.L.L.C.A. %	66.2	68.9	71.7	
POVVO / ASFALTO %	0.7	0.7	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO mm	13.9	14.1	14.3	8 - 14
ESTABILIDAD kN	1401.8	1386.9	1386.6	8,15
ESTABILIDAD Y FLUJO kg/cm	4032.4	3927.8	3869.3	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa		3.0		2.1
RESISTENCIA RETENIDA %		79		75
RESISTENCIA CONSERVADA %		79		80

Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 58346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

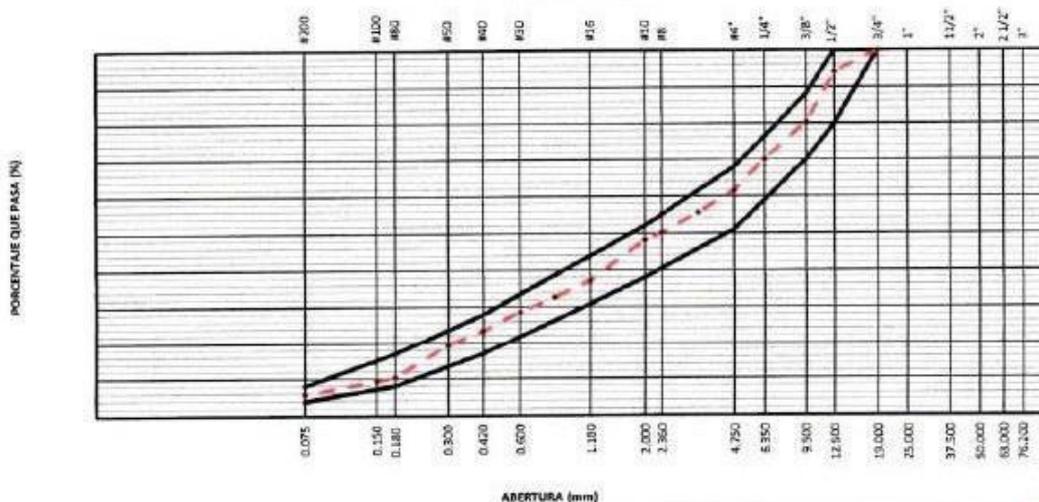



 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - A - CABS - 2020 - 25	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 05/05/2020	
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"	
	Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Mezcla de materiales Descripción: Diseño MAC-2 con material reciclado (N° 02)
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO Retenido	PORCENTAJE			FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACIÓN MAC-2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumul.	Pasado		Mínimo	Máximo	
3"	76.200								Peso total 3106.1 g
2 1/2"	63.000								Fración finos 0.0 g
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000								
3/4"	19.000				100.0		100	100	
1/2"	12.000	183.2	5.9	5.9	94.1		80	100	
3/8"	9.500	434.0	14.0	19.9	80.1		70	88	
1/4"	6.350	311.7	10.0	29.9	70.1				
# 4	4.750	262.9	8.5	38.4	61.6		55	68	Observaciones :
# 5	3.360	186.2	6.0	44.4	55.6				Según especificación técnica MTC EIC -2013 (Sección 423)
# 8	2.360	170.4	5.5	49.9	50.1				Pavimento de concreto asfáltico en caliente
# 10	2.000	63.0	2.0	51.9	48.1		35	52	Diseño de mezcla asfáltica en caliente MAC-2
# 16	1.180	341.0	11.0	62.9	37.1				
# 20	0.840	141.2	4.5	67.4	32.6				
# 30	0.600	123.4	4.0	71.4	28.6				
# 40	0.420	164.2	5.3	76.7	23.3		17	28	Arena charcada 30 %
# 60	0.300	124.1	4.0	80.7	19.3				Concreto 20 %
# 80	0.180	280.3	9.0	89.7	10.3		8	17	Piedra chancada 10 %
# 100	0.150	31.1	1.0	90.7	9.3				Material reciclado 40 %
# 200	0.075	112.4	3.6	94.3	5.7		4	8	
-200		177.0	5.7	100.0					

CURVA GRANULOMETRICA



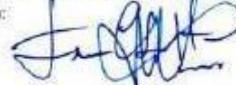
Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56348
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CABS - 2020 - 25</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)									
Identificación	: Mezcla de materiales									
Descripción	: Diseño MAC-2 con material reciclado (N° 02)									
ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)										
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100	100.0	99.1	80.1	61.6	48.1	23.3	10.3	5.2	
ESPECIFICACIONES	100	90 - 100	87 - 95	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8	
BIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla									3.0
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla									37.22
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla									59.78
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla									
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc									1.021
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc									2.636
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc									2.584
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc									
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									2.677
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									2.805
11	Altura promedio de la biqueta cm									6.12 6.15 6.10
12	Peso de la biqueta al aire (gr)									1179.2 1178.8 1179.6
13	Peso de la biqueta al agua por 60'(gr)									1182.3 1181.1 1180.3
14	Peso de la biqueta desplazada (gr)									682.2 683.1 679.1
15	Volumen de la biqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)									500.1 498.0 501.2
16	Peso especifico Bulk de la Biqueta = (12/15)									2.358 2.367 2.354 2.360
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)									2.590
18	% de Vacios = (17-16)/(106/17) (ASTM D 3203)									9.1 9.7 9.2 9.0 3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total									2.604
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total									2.723
21	Asfalto Absorbido por el Agregado									1.71
22	% de Asfalto Efectivo									1.34
23	Relación Polvo/Asfalto									0.2 0.6 - 1.3
24	V.M.A.									12.3 11.8 12.3 12.1 14
25	% Vacios llenos con C.A.									25.4 25.3 25.1 25.6
26	Flujo 0.075(0.25 mm)									13.2 12.4 13.2 12.9 8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)									1699 1768 1700
28	Factor de estabilidad									1.09 1.09 1.04
29	Estabilidad Corregida 27 * 28									1851 1927 1825 1868 MIN 815
30	Estabilidad / Flujo									5610 6238 5530 5786 1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:




 <p>HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C. R.U.C. 20601148464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS <u>Ing - IF - A - CAB5 - 2020 - 25</u>	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil	Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"
Fecha emisión informe: 17/08/2020		

Tipo de muestra	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	: Mezcla de materiales
Descripción	: Diseño MAC-2 con material reciclado (N° 02)

ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAUCES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200
% PASA MATERIAL	100	100.0	91.1	80.1	61.6	48.1	23.1	10.3	5.7
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	50 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 9
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					3.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					37.63			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					59.47			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.021			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.584			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.677			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.808			
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				6.10	6.14	6.09		
13	Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)				1194.2	1193.8	1194.6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				1196.3	1196.1	1196.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				697.2	692.1	691.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				499.1	504.0	504.2		
17	Peso especifico Bulk de la Grava = (12/15) (ASTM D 2041)				2.393	2.360	2.309	2.377	
18	Peso Especifico Masimo - Ricos (ASTM D 2041)					2.561			
19	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3200)				6.6	7.5	7.5	7.2	3 - 5
20	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.604			
21	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.709			
22	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.53			
23	% de Asfalto Efectivo					2.02			
24	Relacion Flen/Ratun					0.4			0.6 - 1.3
25	V.M.A.				11.3	12.2	12.2	11.9	14
26	% Vacios llenos con C.A.				41.9	38.5	38.5	39.6	
27	Flujo 0.075(0.25 mm)				13.2	13.4	13.2	13.2	8 - 14
28	Estabilidad sin correji (Kg)				1704	1693	1710		
29	Factor de estabilidad				1.09	1.09	1.09		
30	Estabilidad Correjió 27 * 28				1857	1846	1863	1855	MIN 825
31	Estabilidad / Flujo				9627	9510	9647	9594	1700 - 1000

Elaborado por:
Miguel Angel Añaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:






RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS

Ing - IF - A - CABS - 2020 - 25

CP: Ing - IF - A - PH
VF: 01
FEF: 05/08/2020

Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto

Institución: Universidad San Martín de Porres

Especialidad: Ingeniería Civil

Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"

Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de materiales
Descripción : Diseño MAC-2 con material reciclado (N° 02)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

INDICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	100.0	94.1	80.1	61.8	49.1	23.2	15.3	5.7
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	56 - 77	40 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRUQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla					4.0			
2	% Grava > Nº4 en peso de la Mezcla					36.83			
3	% Arena < Nº4 en peso de la Mezcla					59.17			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) g/cc					1.021			
6	Peso Específico de la Grava > Nº4 (Bulk) g/cc					2.436			
7	Peso Específico de la Arena < Nº4 (Bulk) g/cc					2.504			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) g/cc								
9	Peso Específico de la Grava > Nº4 (Aparente) g/cc					2.677			
10	Peso Específico de la Arena < Nº4 (Aparente) g/cc					2.805			
11	Altura promedio de la briqueta mm				6.20	6.11	6.12		
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1199.2	1198.8	1195.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1202.3	1201.1	1200.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				785.2	786.1	699.1		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				497.5	501.0	503.2		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.412	2.392	2.397	2.400	
17	Peso Específico Máximo - Rife (ASTM D 2911)					2.549			
18	% de Vaciros = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3303)				5.2	5.9	5.9	5.7	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total					2.409			
20	Peso Específico Científico Agregado total					2.712			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.57			
22	% de Asfalto Efectivo					2.56			
23	Relación Filler/Betun					0.4			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				11.1	11.8	11.8	11.5	14
25	% Vaciros llenos con C.A.				53.4	49.7	49.8	51.0	
26	Flujo 0.61" (0.25 mm)				13.6	13.6	14.0	13.7	8 - 14
27	Estabilidad en correa (Kgf)				1895	1701	1681		
28	Factor de estabilidad				1.09	1.09	1.09		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1849	1854	1832	1845	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				9437	5452	5235	5375	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:





RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS

Ing - IF - A - CABS - 2020 - 25

CF: Ing - IF - A - PN
WF: 01
FEF: 03/08/2020

Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto

Institución: Universidad San Martín de Porres

Especialidad: Ingeniería Civil

Tema de tesis:

"Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"

Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de materiales
Descripción : Diseño MAC-2 con material reciclado (N° 02)

ENSAYO MARSHALL (ASTM D1558)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200
% PASA MATERIAL	100	100.0	91.1	80.1	61.8	40.1	23.3	10.3	5.7
ESPECIFICACIONES	100	86 - 100	67 - 85	50 - 77	40 - 61	20 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BIQUETA N°					1	2	3	PROHIBIDO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					36.64			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					58.86			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.201			
6	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.636			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.591			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.677			
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.803			
11	Altura promedio de la biqueta cm				6.10	6.15	6.32		
12	Peso de la biqueta al aire (gr)				1185.2	1183.8	1184.6		
13	Peso de la biqueta al agua por 60" (gr)				1186.1	1185.1	1180.1		
14	Peso de la biqueta desplazada (gr)				692.2	691.1	691.1		
15	Volumen de la biqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				494.1	491.0	492.2		
16	Peso específico Bulk de la Mezcla = (13/15)				2.390	2.396	2.407	2.401	
17	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.527			
18	% de Vacíos = (17-16)/(100/17) (ASTM D 3203)				5.1	5.2	4.8	5.0	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total					2.004			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total					2.716			
21	Rafalo Absorbido por el Agregado					1.02			
22	% de Asfalto Efectivo					2.96			
23	Relación Filler/Bahen					0.5			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				12.0	12.1	11.7	11.5	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				57.8	57.3	59.4	58.2	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				14.0	14.8	13.6	14.1	8 - 14
27	Estabilidad sin conejo (Kg)				1088	1090	1600		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Completa 27 + 28				1755	1767	1767	1763	MIR 415
30	Estabilidad / Flujo				5015	4776	5196	4996	1200 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alaro Huayanay
Especialidad en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 56346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto

Institución: Universidad San Martín de Porres

Especialidad: Ingeniería Civil

Tema de tesis:

"Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"

Fecha emisión informe:

17/08/2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de materiales
Descripción : Diseño MAC-2 con material reciclado (N° 02)

ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMBIOS ASTM	1"	3/4"	3/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIA	100	100.0	91.1	90.1	62.0	46.1	23.1	10.3	5.7
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	45 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					36.45			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					58.55			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla								
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) g/cc					1.621			
6	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) g/cc					2.636			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) g/cc					2.581			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) g/cc								
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) g/cc					2.677			
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) g/cc					2.606			
11	Altura promedio de la brqueta cm				6.13	6.28	6.23		
12	Peso de la brqueta al aire (gr)				1189.3	1189.9	1191.7		
13	Peso de la brqueta al agua por 60" (gr)				1182.4	1182.7	1183.4		
14	Peso de la brqueta desplazada (gr)				697.3	697.2	698.2		
15	Volumen de la brqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				495.1	495.0	495.2		
16	Peso específico Bulk de la Brqueta = (12/15)				2.407	2.404	2.407	2.404	
17	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.504			
18	% de Vacíos = $(17 - (16 \times 100)) / 17$ (ASTM D 3203)				6.1	4.9	3.9	6.0	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total					2.604			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total					2.712			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.56			
22	% de Asfalto Efectivo					3.50			
23	Relación Rellen/Venun					0.6			0.4 - 1.3
24	V.H.A.				12.4	12.3	12.2	12.3	11
25	% Vacíos llenos con C.A.				67.0	67.4	68.0	67.5	
26	Flujo 0.01" (0.25 mm)				24.4	13.6	15.2	14.4	0 - 14
27	Estabilidad en correaje (Kg)				1630	1567	1570		
28	Factor de estabilidad				1.09	1.04	1.09		
29	Estabilidad Correaje 27 * 28				1776	1661	1733	1716	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				6534	4886	4563	4774	1700 - 4000

Elaborado por:
Miguel Angel Alfaro Huayanay
Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:



Revisado por:
Juan Carlos Zapata Silva
Ing. Civil CIP 58346
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:






RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS

CFE: Ing - IF - A - PN
VF: 01
FEF: 03/08/2020

R.U.C. 20601148464

Especialidad: Ingeniería Civil

Institución: Universidad San Martín de Porres

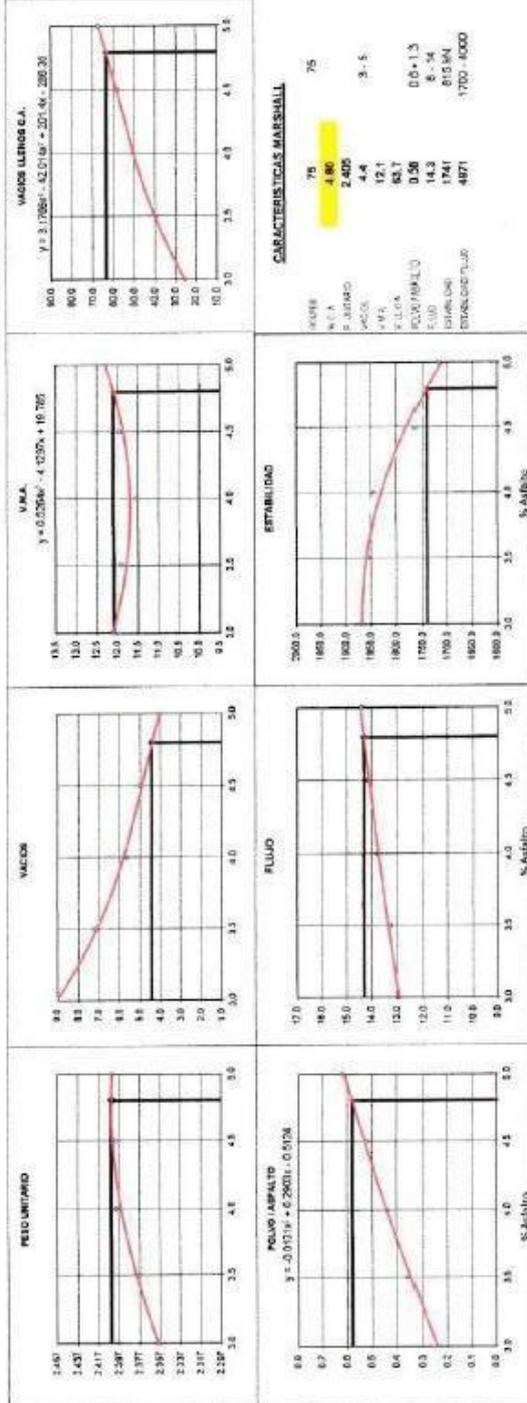
Solicitante: Carlos Antonio Barahona Soto

Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima"

Fecha emisión informe: 17/08/2020

Tipo de muestra: **! Mezcla asfáltica en caliente (MAC)**
 Identificación: **! Mezcla de mantecas:**
 Descripción: **! Diseño MAC-2 con material reciclado (R' 90)**

**DETERMINACIÓN DEL OPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE**



Elaborado por:
Miguel Ángel Alvarado Huamani
Especialista en Laboratorio de Suelos
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:

Revisado por:
Juan Carlos Zúñiga Soto
Ingeniero Civil
HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.
Firma:



Esta información es de exclusiva responsabilidad del solicitante. Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización de HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

 <p>R.U.C. 20601140464</p>	RESULTADO DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS Ing - IF - A - CABS - 2020 - 25	CF: Ing - IF - A - PN VF: 01 FEF: 03/08/2020
	Solicitante: Carlos Antonio Berahona Soto Institución: Universidad San Martín de Porres Especialidad: Ingeniería Civil Tema de tesis: "Diseño de mezcla asfáltica usando material reciclado para optimizar costos en el tramo Km 18+000 al km 19+000 de la Av. Universitaria, ubicado en el distrito de Los Olivos - Lima" Fecha emisión informe: 17/08/2020	
Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación: Mezcla de materiales Descripción: Diseño MAC-2 con material reciclado (N° 02)		
DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (RESUMEN)		

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado piedra triturada TM 3/4"	(Cantera "Gloria")	: 10 %
Agregado arena triturada	(Cantera "Gloria")	: 20 %
Agregado conchillo	(Cantera "Gloria")	: 30 %
Material reciclado	(RAP)	: 40 %
Gradación		: MAC-2 "Especificación Técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto	: Asfalto convencional 60/70
% óptimo de asfalto residual	: 4.8%

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño		-0.3 %	% Óptimo	+0.3 %	Especificación EG 2013
GOLPES	N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.60	4.80	5.00	
PESO UNITARIO	kg/m ³	2.406	2.405	2.400	
VACIOS	%	4.7	4.4	4.2	3 - 5
V.M.A.	%	11.9	12.1	12.3	
V.L.L.C.A.	%	60.3	63.7	67.4	
POLVO / ASFALTO	%	0.5	0.6	0.6	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	14.2	14.3	14.4	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	1767.6	1740.6	1710.4	815
ESTABILIDAD FLUJO	kg/cm	4994.0	4870.6	4742.6	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.8		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		78		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		78		80



Elaborado por:
 Miguel Angel Alfaro Huayanay
 Especialista en Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Revisado por:
 Juan Carlos Zapata Silva
 Ing. Civil CIP 56346
 HIS ASESORES Y CONSULTORES S.A.C.

Firma:

Anexo 3

Ficha técnica de mejorado de adherencia

	FICHA TECNICA ADHESOL 5000	FT-ADH-5000
		Aprobación: 25/09/2012
		Version: 02

DESCRIPCION

Aditivo químico base Amina, térmicamente estable que actúa en la interfase asfalto/agregado, aumentando considerablemente el poder de adherencia entre ambos, permitiendo una excelente cohesión del pavimento durante largo tiempo.

VENTAJAS

Utilizado como aditivo mejorador de adherencia en ligantes asfálticos aplicados en caliente, en asfaltos diluidos (cut backs) en mezclas asfálticas en frío.

- Aditivo de fácil incorporación en el ligante asfáltico.
- Fácil de dosificar por ser un aditivo líquido
- Excelentes propiedades "Anti-stripping"

APLICACIÓN

Añadido en cantidades determinadas en los ligantes asfálticos a ser utilizados, obteniéndose la homogenización por circulación, con una bomba de transferencia o agitación, por un período mínimo de 45 minutos.

DOSIS RECOMENDADA

La dosificación varía de acuerdo a los agregados de 0,25% a 1%, de forma general se recomienda el uso de 0.5% de **ADHESOL 5000** con respecto al peso del ligante asfáltico. Es importante tener en cuenta que la dosificación arriba mencionada, estará sujeta a los resultados obtenidos durante los ensayos de adherencia de nuestro laboratorio, los cuales están normados por el MTC (Manual EM-2000: MTC E-517, MTC E-521, MTC E-220), por lo cual se recomienda proveer muestra de los respectivos agregados a fin de determinar el porcentaje a utilizarse.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Color Gardner	Máx. 10
Composición principal	Aminas grasas
Apariencia a 25°C	Líquido aceitoso
Viscosidad a 25°C	> 60 cP
Densidad a 25°C, g/cm ³	> 1,000
Punto de Inflamación, °C	> 280
Solubilidad en agua	INSOLUBLE
Solubilidad en gasolina	SOLUBLE
Solubilidad en alcohol	SOLUBLE

MANEJO Y ALMACENAJE

Manejar en áreas ventiladas y evitar el contacto con los ojos y la piel
 Almacenar protegido del sol en un lugar bien ventilado

PRESENTACION

Suministrado en envases de 200 kilogramos de peso líquido.