



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**“Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado,
Tacna 2018”**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Capcha Espinoza, Karla Jennifer

Asesor

Magtr. Cesar P. Pacha Rufasto


Línea de investigación

Diseño de infraestructura vial

Lima-Perú

Año 2018-II

Acta de aprobación de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CEMA VALLE	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-APP-APP-
		02.02
		Versión : 00
		Fecha : 23-05-2018
		Página : 19 de 120

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **CAPCHA ESPINOZA, KARLA JENNIFER**

Cuyo título es: **"DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON INCORPORACIÓN DEL CAUCHO RECICLADO, TACNA 2018"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **12 (número) DOCE (letras)**.

Lima, San Juan de Lurigancho, 15 de Diciembre de 2018



Dra. Ing. GARCIA ALVAREZ MARIA YSABEL
PRESIDENTE



Mgtr. Ing. ESPINOZA SANDOVAL JAIME HEMÁN
SECRETARIO



Ing. DE LA CRUZ HERRERA ANDRES EDUARDO
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Viceministerio de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectoral

Dedicatoria

A Dios por permitirme vivir este momento de mi vida, sé que sin El nada sería posible; a mis queridos padres Anna y Alberto, mis hermanos (as), a mi sobrino Sebastián y a mi compadre Henry Chaca, además a mi amado Américo Navarro que me apoya con su ejemplo y amor.

Agradecimiento

A Dios por darme salud, fuerza, ante toda adversidad, además agradecida a mi familia por el apoyo, al entusiasmo de mi madre y su confianza, además a mi amado Américo Navarro por su ejemplo, apoyo y amor.

Muy agradecida con la universidad César Vallejo, con todos los educadores, instructores, ingenieros de la escuela de Ingeniería Civil, que contribuyeron en mi aprendizaje profesional

Así como también muy agradecida con el Ing. Juan Rosales Heredia del Laboratorio Inge Servicios S.A.C., por facilitarme con las pruebas necesarias, para conseguir resultados excelentes planteados en mi investigación y así poder demostrar la hipótesis planteada en esta investigación.

Declaratoria de autenticidad

Yo Karla Jennifer Capcha Espinoza, identificada con DNI N° 41580726, en efecto de cumplir todas las disposiciones vigentes y considerando el Reglamento de Grados, Títulos para la Universidad César Vallejo de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Yo declaro bajo juramento, toda la documentación que acompaña es verdadero y auténtica, con respecto a la tesis **“Diseño de mezcla asfáltica con incorporación de caucho reciclado, Tacna 2018”**.

A la vez, se declara bajo juramento que toda información y datos presentados en la presente tesis son veraces. En tal sentido se asume la responsabilidad que corresponda ante una falsedad, ocultamiento u omisión en los documentos dispuesto en las normas académicas para la Universidad César Vallejo,



Lima, 15 de diciembre del 2018.

Presentación

El presente trabajo comprende VI Capítulos, que han ayudado para la investigación. Introducción, se describen los aspectos generales del proyecto, el planteamiento del problema, los temas relacionados al proyecto, formulación del problema, Justificación de estudio, hipótesis, los objetivos, tanto general como específico; siendo el objetivo general, determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018, para esto hicimos la comparación de la resistencia de un asfalto convencional con un asfalto modificado (incluyendo caucho reciclado), para poder demostrar, la durabilidad, flexibilidad y propiedades que ofrece el asfalto modificado, para ello obtendremos resultados que arrojen los ensayos realizado en el laboratorio de pavimento. Los resultados que se han obtenido durante el proceso de investigación representan, mejor resistencia ante un asfalto convencional y presentara mejor servicio con más años de vida útil, economizando así las rehabilitaciones y mejoramientos en obras de pavimentos.

Mencionamos también el tipo de metodología a realizar en el proyecto tal como: el diseño de investigación, el tipo de estudio, las variables, los ensayos, la población, los instrumentos para la recolección de los datos, la validez, la confiabilidad, el método de análisis y aquellos aspectos éticos, además se está desarrollando la discusión, conclusiones, y todas las recomendaciones.

Se encuentran las referencias bibliográficas utilizadas para el desarrollo de la investigación.

Índice

Acta de aprobación de tesis	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice	vii
Índice de ilustraciones	x
Índice de tablas	xi
Resumen	xiii
Abstract	xi
I. Introducción	12
1.1 Realidad problemática	12
1.2 Trabajos previos	13
1.2.1 Internacional	13
1.2.2 Nacional	14
1.3 Teorías relacionadas al tema	15
1.3.1 Generalidades	19
1.3.2 Pavimento	19
1.3.3 Asfaltos	20
1.3.5. Propiedades físicas del asfalto.....	20
1.3.6 El caucho ventajas y desventaja.....	21
1.3.6.1 Ventajas	21
1.3.6.2 Desventajas	22
1.3.7 Modificación de asfalto - Proceso	22
1.3.7.1 Por Vía Seca	23
1.3.7.2 Por Vía Húmeda.....	23
1.3.8 Procedimiento	26
1.3.8.1 El Neumático (Caucho).....	26
1.3.8.2 Proceso de molienda del Neumático	28
1.3.9 Tipos de procedimientos	30
1.3.9.1 Trituración Criogenética	30
1.3.9.3 Método de pirolisis.....	31
1.3.9.4 La destrucción de los neumáticos vía mecánica	32
1.3.9.5 Primera fase: Remoción	33

1.3.9.6 Triturador número 2.....	34
1.3.9.7 Separación del acero.....	34
1.3.10 Mantenimiento.....	35
1.3.11 Impacto ambiental asfalto con caucho	36
1.3.11.1 Emisión de gases	37
1.3.12 Costo	37
1.4 Formulación del problema	38
1.4.1 Problema general	38
1.4.2 Problemas específicos.....	38
1.5 Justificación del estudio	39
1.5.1 Justificación teórica.....	39
1.5.2 Justificación metodológica	39
1.5.3 Justificación tecnológica	40
1.5.4 Justificación económica	40
1.6 Hipótesis.....	40
1.6.1 Hipótesis general	40
1.6.2 Hipótesis específicas	40
1.7 Objetivos	40
1.7.1 Objetivo general	40
1.7.2 Objetivos específicos.....	40
II. Método	42
2.1 Diseño de la investigación.....	42
2.1.1 Investigación Aplicada	42
2.1.2 Diseño experimental.....	42
2.1.3 Método de utilización	42
2.1.4 Proceso	43
2.2 Variable, Operacionalización	44
2.2.1 Variables.....	44
2.2.1.1. Variable Independiente	44
2.2.1.2 Variable Dependiente	45
2.3 Población y muestra.	45
2.3.1. Población	45
2.3.2. Muestra.....	45
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos	47

2.4.1 Técnicas.....	47
2.4.2 Instrumento	47
2.4.3 Validez y confiabilidad.....	47
2.5 Método de análisis de datos.....	48
III. Resultados	52
3.1 Análisis granulométrico	52
3.2. Ensayo granulométrico de los agregados (agregado fino)	53
3.2.1 Ensayo granulométrico de los agregados (agregado grueso).....	54
3.2.2 Ensayo absorción.....	55
3.3 Equivalente de arena	56
3.4 Ensayo de partícula con caras de fractura.....	58
3.5 Ensayo abrasión ángeles ASTM C-535.....	64
3.6 Combinación de agregados	64
3.7 Ensayo Contenido de Humedad	65
3.8 Ensayo Sales Totales – Cloruros – Sulfatos. (Agregado grueso y fino)	66
3.9. Resumen de Procedimiento	67
3.10 Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (agregado grueso y fino) ...	68
3.11 Cantidad de asfalto	71
3.12 Calidad del material para asfalto	72
3.13 Ensayo Lavado asfáltico	73
3.14 Límites de Atterberg.....	76
3.15 Ensayo de Marshall (objetivos).....	78
3.16 Informe óptimo de asfalto modificado con caucho (10% de caucho).....	79
3.17 Ensayo de Marshall – mezcla asfáltica modificada (15% de caucho)	81
3.18 Informe óptimo de asfalto convencional (sin caucho)	84
3.19 Características de diseño (Grupo de Control) Ensayo Marshall	87
3.20 Tipo de Mezcla Vs. Estabilidad	88
3.21 Tipo de Mezcla Vs. Flujo.....	89
3.22 Tipo de Mezcla Vs. Índice de Rigidez	90
IV. Discusión	91
V. Conclusiones.....	92
VI. Recomendaciones.....	90
Referencias Bibliográficas	91
Anexos	96

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Costo de mantenimiento</i>	16
Ilustración 2. Influencia del caucho molido de llanta.....	17
Ilustración 3. Influencia del tamaño de grano de caucho molido de llanta.....	18
Ilustración 4. Cuando las fuerzas tienden a cortarlo esfuerzos tangenciales.....	22
Ilustración 5. Asfalto - caucho	23
Ilustración 6. Depositas de llantas	24
Ilustración 7. Departamento de transporte de los Estados Unidos	25
Ilustración 8. Componentes del neumático	27
Ilustración 9. Contenido de neumático.....	27
Ilustración 10. Acopio de llantas desechadas para el proceso de trituración	28
Ilustración 11. Imagen de la curva del ensayo por tamizado	29
Ilustración 12. Estructura de una maquina termólisis.....	31
Ilustración 13. Proceso del método de pirolisis	31
Ilustración 14. Procedimiento mecánico	32
Ilustración 15. Faja transporta neumáticos al triturador primario	34
Ilustración 16.Producto final de molienda de desechos de neumáticos	34
Ilustración 17. Fases del procedimiento de mezcla asfáltica con polvo del caucho de Neumático reciclado.....	35
Ilustración 18. Proceso de mantenimiento de una mezcla asfáltica.....	36
<i>Ilustración 19. Reducción de impacto ambiental (reducción de furano y dioxina)</i>	37
Ilustración 20. Reducción de espesor de mezcla asfáltica.....	38
Ilustración 21. Secuencia lógica.....	44
Ilustración 22. Ensayo Marshall.....	78
Ilustración 23. Mezcla - estabilidad	88
Ilustración 24. Mezcla - flujo.....	89
Ilustración 25. Mezcla - índice de rigidez	90

Índice de tablas

<i>Tabla 1 . Ficha técnica de polvo del caucho de neumático reciclado</i>	29
<i>Tabla 2. Rendimiento por 100 litros</i>	30
<i>Tabla 3. Porcentaje de componentes extraídos</i>	32
<i>Tabla 4. Porcentaje de partículas restantes</i>	35
<i>Tabla 5. Matriz de consistencia</i>	50
<i>Tabla 6. Matriz de operacionalización</i>	51
<i>Tabla 7. Tamaño de agregado</i>	52
<i>Tabla 8. Análisis granulométrico por tamizado</i>	53
<i>Tabla 9. Ensayo de agregado grueso</i>	54
<i>Tabla 10. Ensayo de absorción</i>	55
<i>Tabla 11. Resultado peso específico y absorción del agregado fino</i>	55
<i>Tabla 12. Resultado peso específico y absorción del agregado grueso</i>	56
<i>Tabla 13. Ensayo de equivalente de arena</i>	56
<i>Tabla 14. Resultado equivalente de arena</i>	57
<i>Tabla 15. Ensayo caras fracturadas</i>	58
<i>Tabla 16. Resultado ensayo de caras fracturadas</i>	58
<i>Tabla 17. Resultado porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso</i>	59
<i>Tabla 18. Ensayo de abrasión</i>	64
<i>Tabla 19. Combinación de agregados</i>	65
<i>Tabla 20. Contenido de humedad</i>	66
<i>Tabla 21. Sales totales – cloruros - sulfatos</i>	67
<i>Tabla 22. Sales totales</i>	68
<i>Tabla 23. Durabilidad de sulfato de sodio y de magnesio – agregado grueso</i>	69
<i>Tabla 24. Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (agregado fino)</i>	70
<i>Tabla 25. Cantidad de asfalto</i>	71
<i>Tabla 26. Calidad de material para asfalto</i>	72
<i>Tabla 27. Lavado asfáltico 1</i>	73
<i>Tabla 28. Lavado asfáltico 2</i>	74
<i>Tabla 29. Lavado asfáltico 3</i>	75
<i>Tabla 30. Límite de Atterberg 1</i>	76

<i>Tabla 31. Límite de Atterberg 2</i>	77
<i>Tabla 32. Resistencia de mezcla</i>	79
<i>Tabla 33. Resistencias de mezclas bituminosas</i>	80
<i>Tabla 34. Ensayo de Marshall 1</i>	81
<i>Tabla 35. Ensayo de Marshall 2</i>	82
<i>Tabla 36. Ensayo de Marshall 3</i>	83
<i>Tabla 37. Asfalto convencional</i>	84
<i>Tabla 38. Ensayo de resistencia</i>	85
<i>Tabla 39. Resistencia de mezclas</i>	86
<i>Tabla 40. Parámetros de diseño</i>	87

Resumen

Actualmente los diseños mezcla asfáltica en el Perú son de vital importancia para un país en crecimiento, ya que el sector automotriz va en aumento por la gran cantidad de vehículos en venta que se genera cada vez en la ciudad de Tacna.

En los países europeos se recicla casi el 100 % de los neumáticos en desuso a diferencia de los países de América con un 60 % (Colpatria, 2015)

El objetivo de esta investigación es determinar la aplicación del caucho reciclado GCR como material componente, para un tipo de asfalto modificado, obteniendo un diseño de mayor durabilidad, adherencia, resistencia al envejecimiento a las deformaciones plásticas y a la fatiga, se tuvo que analizar mediante ensayos de laboratorio de mezcla asfáltica convencional y mezcla modificada (con incorporación de caucho reciclado) como instrumento, de esta manera, mediante el proceso que se realizó se logró obtener mejores resultados en la mezcla asfáltica modificada a comparación de un asfalto convencional. Es de gran importancia conocer que el asfalto modificado ofrece propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez en un 4.64% en comparación de una mezcla convencional, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Se determina también que un asfalto modificado ofrece mejor servicio al tránsito vehicular, dando mayor tiempo de vida de más de 10 años y de esta manera disminuye el periodo de mantenimiento vial como mejoramiento y rehabilitación de pavimentos, generando ahorro, ya que es el propósito de todo proyecto, así también contribuimos al medioambiente con la reutilización de caucho reciclado (llantas en desuso).

Palabras clave: Asfalto-caucho, asfalto modificado, mezcla asfáltica modificada, grano de caucho de llanta.

Abstract

At present asphalt mix designs in Peru are of vital importance for a growing country, as the automotive sector is increasing due to the large number of vehicles for sale that is generated each time in the city of Tacna.

In European countries almost 100% of disused tires are recycled, unlike the countries of America with 60% (Colpatria, 2015)

The objective of this research is to determine the application of recycled GCR recycled rubber as a component material, for a modified type of asphalt, obtaining a design of greater durability, adherence, resistance to aging to plastic deformations and fatigue, it had to be analyzed through laboratory tests of conventional asphalt mix and modified mix (with incorporation of recycled rubber) as instrument, in this way, through the process that was made it was possible to obtain better results in the modified asphalt mix compared to a conventional asphalt. It is very important to know that the modified asphalt offers elastic properties to the mixture, it also adds rigidity in a 4.64% compared to a conventional mixture, obtaining a mixture with two very important qualities for resistance to permanent deformations: greater elasticity and rigidity.

It is also determined that a modified asphalt offers better service to vehicular traffic, giving more life time of more than 10 years and in this way the period of road maintenance decreases as improvement and rehabilitation of pavements, generating savings, since it is the purpose of every projects, so we also contribute to the environment with the reuse of recycled rubber (disused tires).

Keywords: asphalt-rubber, modified asphalt, modified asphalt mix, rubber tire of rim.

I. Introducción

1.1 Realidad problemática

Actualmente los diseños mezcla asfáltica en el Perú son de vital importancia para un país en crecimiento, ya que el sector automotriz va en aumento por la gran cantidad que vehículos en venta se genera cada vez en la ciudad de Tacna.

La entidad que nos proporciona informa la estadística sobre el crecimiento vehicular en el Perú es el INEI, según Costa (2018), en su artículo flujo vehicular por unidad de peaje nos informa lo siguiente. “Registro nacional del tráfico de automóviles, en el presente año se presentó un aumento en el tránsito en un 6,4 % comparado con el mismo mes de 2017, generado por la mayor afluencia vehicular de alta capacidad, que fue superior en 4,9%, impulsado por el tráfico de automóviles de alta carga entre 3 a 7 ejes que se expandió en 3,4%. Del mismo modo, el tránsito de unidades menores tuvo un incremento de 7,6%” (p.40).

La realización de una carretera es bastante caro, lo que hace que las carreteras que están en pésimo estado genere gastos innecesarios al estado, inversiones redundantes en rehabilitaciones que no deberían proyectarse en construcciones recientes de carreteras; las deficiencias se presentan de diferentes maneras; a) La pésima elección de materiales, éstos deben ser de primera calidad que cumplan con los certificados de calidad como análisis granulométricos y químicos para los agregados a utilizar entre otros, b) mala dosificación de estos materiales, c) Pésimos diseños de IMDA e IMDS, d) Factor de corrección, ya que es la estimación del nivel de traslado de personas y productos en diferentes circunstancias y meses del año; estas tienen impacto directo en las vías más aún si no se adecua un riguroso seguimiento a los proyectos.

Al respecto, Costa f. (2018), en el periodo de 03/2017 a 02/ 2018, la demanda vehicular creció en 2,5%, el cual nos detalla que efectivamente el crecimiento de vehículos es muy grande en el Perú y esto está generando grandes problemas en nuestra mezcla asfáltica por fallas como fatiga, ahuellamiento y creciente contaminación ambiental.

De esta manera este trabajo busca encontrar una posible solución para las fallas y la contaminación que esta ocasiona. Ya que el mismo crecimiento de vehículos genera una importante suma de desechos de llantas que no tienen otro uso después que son

desechados, es por ello que asociaciones y fundaciones ambientales buscan maneras de reutilizarlas en parques juegos recreativos, etc.

Reyes (2008) La calcinación de llantas se realiza muy seguido en la ciudad de Tacna ya sea en calles, zonas con desechos de basura, vertederos o rellenos sanitarios, provocando una contaminación muy considerable en el medio ambiente de la ciudad de Tacna ya que la quema de llantas genera unos gases llamado dioxina y furano que es altamente contaminante.

Las llantas en desechadas son materiales no degradables ya que su periodo de descomposición es entre 400 y 3000 años, el cual está demostrado que es un material que urge buscar una forma la cual no genere más contaminación, en Perú una norma legal la cual regule estos desechos que va en aumento (p.67).

Es por ello, buscamos una forma de desarrollar un diseño el cual comprometa resolver este enorme problema ambiental negativo, el cual no tiene una forma viable a ser reutilizado.

Reyes (2008), Realizaremos un diseño basado en la recolección, reutilización y trituración de neumáticos con fines de producir asfalto en caliente agregando polvo del caucho de neumático reciclado, aprovechado que este diseño nos dará una serie de beneficios favorables con fines de lograr dicha mezcla modificada el cual se realizara en un diseño en caliente que tiene como margen de temperatura entre 160° C y 190° C grados centígrados.

Reyes (2008), Y así aprovechar los beneficios al añadir polvo el producto de neumáticos en una mezcla asfáltica en caliente el cual da mayor resistencia, adherencia, menor mantenimiento, mayor drenaje, mayor resistencia al deslizamiento, mayor vida útil, menor costo y reducción de un impacto ambiental de un material que causa tanto daño a nuestro medio ambiente y que hoy en día está demostrado en muchos países que es viable para el uso el mencionado producto.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Internacional

Según (Nuha, Asim, Ali y Mohamed, 2013) en su artículo “el caucho como un polímero es un material termo endurecible enlazado con el procesamiento y el moldeado, no puede ser dañado por el calentamiento al igual que los tipos de polímeros

termoplásticos que pueden ser formados y deformados cuando se calientan. Debido a un aumento en la densidad del tráfico de servicio, la carga del eje y las estructuras de los servicios de bajo mantenimiento se han deteriorado y, por lo tanto, están sujetas a fallas más rápidamente. Para minimizar el daño del pavimento, como la resistencia a la formación de grietas y fatiga, se requiere la modificación de la mezcla asfáltica. El polímero vítreo ofrece la posibilidad de producir mezclas que puedan resistir tanto el agrietamiento como el agrietamiento. Por lo tanto, el uso de polímeros reciclados es una buena alternativa y económica. Además, se considera una tecnología sostenible, es decir, un "asfalto verde" que transformaría los residuos no deseados en una nueva mezcla bituminosa altamente resistente al fracaso. Por lo tanto, la utilización de hule de migajas obtenido de una grieta en una unidad móvil no es solo beneficioso en términos de reducción de costos, pero también tiene un impacto ecológico menor para mantener limpio el medio ambiente y lograr un mejor equilibrio de los recursos naturales”.

Según (Guochau, 2009) en su libro “Asphalt Rubber” nos dice que la incorporación del caucho de miga reciclado de neumáticos de desecho al asfalto convencional, conocido como aglutinante del caucho asfáltico, produce mezclas del caucho asfáltico que han demostrado ser una excelente alternativa para minimizar la deformación permanente en las capas de pavimento de asfalto.

La deformación permanente de las mezclas del caucho asfáltico puede asociarse con las características del aglutinante del caucho asfáltico (penetración, elasticidad y viscosidad aparente). Los resultados de este estudio permitieron concluir que:

1. Cuanto mayor sea la resistencia y el asfalto, mejor será la resistencia a la corrosión.
2. Las mezclas producidas con un asfalto de penetración más baja mostraron más resistencia.
3. La alta viscosidad aparente obtenida por los cauchos de asfalto contribuyó a mejorar su resistencia a la deformación permanente.

Se obtuvo buena correlación entre la resiliencia y la resistencia en deformación constante para ambas pruebas, permitiendo uso de la resiliencia para determinar la resistencia del producto.

1.2.2 Nacional

Mediante el proceso por vía seco, se incorpora polvillo de llanta GCR al producto como material granular fino, para mejorar el comportamiento mecánico, disminuir los

gastos en mantenimiento y rehabilitación, así como también mejorar las propiedades del asfalto, aprovechando el desuso de llantas de neumáticos aumentaremos la duración a los pavimentos, estableciendo logros tecnológicos, económicos y sociales y cooperando con el impacto ambiental positivo, nos menciona **(Fajardo y Vergaray, 2014)** en su estudio referido al uso de llanta reciclada añadido a mezcla asfáltica.

El CO₂ es una sustancia tóxica que contamina el medio ambiente que es producido por la incineración de las llantas recicladas, se finaliza la utilización de GCR aporta con la reducción de esta sustancia en el medio ambiental, además aporta beneficios con sus propiedades, es confiable y reduce la contaminación ambiental.

Estos materiales nombrados se hacen visiblemente notorio por sus bondades que posee; consiguen un gran cambio en su aspecto mecánico del producto en estudio, el proyectista optará por el uso de este material basándose en un criterio objetivo y técnico considerando el bajo costo y buen rendimiento de este material. En esto se difundió materiales utilizado en mejorar los que productos asfálticos tradicionales. Esto de (Marín, 2008) en su estudio, referido a asfaltos y las pruebas efectuadas en el laboratorio.

Según (Minaya y Ordoñez, 2006) en su libro “Diseño Moderno de pavimentos asfálticos”, nos dice que el objetivo de nosotros al combinar estos materiales obtendremos un material más resistente que el habitual, se vuelve un material sumamente elástico y con mayor resistencia al ahuellamiento por el cual se hace una mezcla asfáltica superior a la que estamos acostumbrados construir.

1.3 Teorías relacionadas al tema

En seguida, se precisan ventajas que implica el pavimento conteniendo GCR:

Magalhães (2003) considera que en Brasil se tiene en promedio 900 millones de neumáticos que están localizados inusualmente en el ámbito externo.

Botero (2005) manifestó en Puerto Rico se registra 1 neumático de desecho por poblador.

(Shen, 2007) establece que en el mundo se tiene todos los años un alto porcentaje de residuos de neumáticos, que causa daños al ámbito y ecología y tenemos como muestra que alrededor de 300 millones de estos son descartados en norte américa.

Neto (2003), también en el país brasileño se tiene 45 millones de este material, conformando alrededor de 30 millones los desechados.

Según (Waste Ideal MAGAZINE, 2007) conceptualiza que el acopio de este material es dañino y perjudicial, generando lugares contaminados que causa diversas enfermedades al ser humano. El impacto es alto en perjuicio del ciudadano (Waste Ideal Magazine, 2007).

Una llanta necesita gran energía para ser fabricada, para efectos medioambientales, se necesita para fabricar un neumático de camión medio barril de petróleo crudo, tal que Waste, 2007 se tiene en esta revista registrado que la emisión de CO2 es un factor que tiene impacto en el fenómeno del calentamiento, que causa alteraciones climáticas de gran envergadura.

Botero (2005), estima que son requeridos 1553 neumáticos por kilómetro-carril para una capa de 5.08 cm de grosor en con asfalto-caucho. Rubber & Plastic News (1998) hizo un cálculo demostrando que para 1km con GCR es de 13.6 toneladas.

(Lee, 2008), destaca reducción de costos en tiempo por mantenimiento.

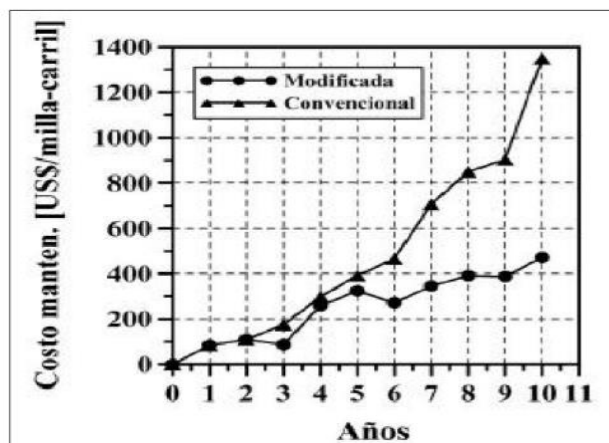


Ilustración 1. Costo de mantenimiento

El costo/eje (beneficio-costos) reduciría a 57% al cambiar la mezcla por vía seca con 1% y 2% de GCR (grano de caucho reciclado) respectivamente, según el peso integral de mezcla IDU (Instituto de Desarrollo Urbano) y Universidad de Los Andes (2002).

Las mezclas variadas con asfalto-GCR son duraderas lo que implica menor requerimiento de mantenimiento.

“Los polímeros o aditivos son utilizados para modificar propiedades de mezcla asfáltica, por vía húmeda y seca” (Rondón y Reyes, 2015, p.135).

Sibal et al. (2009) hicieron cambios en mezcla asfáltica por vía seca agregando el caucho molido de neumáticos al agregado, en la búsqueda de analizar su efecto en la resistencia a fatiga con diversas temperaturas, en tal sentido agradando se logra mayor resistencia con diversos rangos de temperatura.

Ruth y Roque (1995), Way (2003), Sebaal y et al. (2003) y Huang et al. (2007) comprobaron mejora resistencia con el uso del caucho en lo referido a la superficie de la vía. También, Holleran y Van (2000) precisa que con este material hay menos grosor del pavimento.

En seguida, presentamos cuadro de influencia respecto a caucho molido de llanta en una mezcla asfáltica caliente, en la que podemos apreciar mayor resistibilidad deformativa constante a comparación de los hechos de manera tradicional.

Influencia del caucho molido de llanta (Shen at al., 2006).

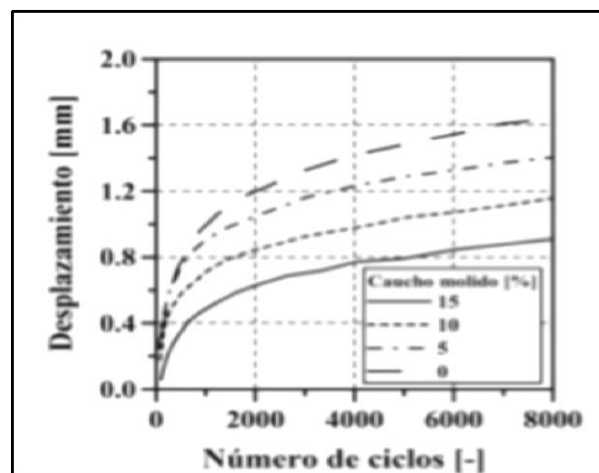


Ilustración 2. Influencia del caucho molido de llanta

En esta figura ponemos en evidencia lo logrado con APA en referencia a la resistencia a la deformación respecto al material indicado adicionando caucho triturado de neumáticos. En esto, tenemos la resistencia a la deformación constante dentro del rango de 5-15% de caucho molido (Shen at al., 2006). Xiao et al. (2007) con la misma cantidad del material, se tiene mayor resistencia en tracción indirecta.

Influencia del tamaño de grano de caucho molido de llanta (Xiao et al., 2007).

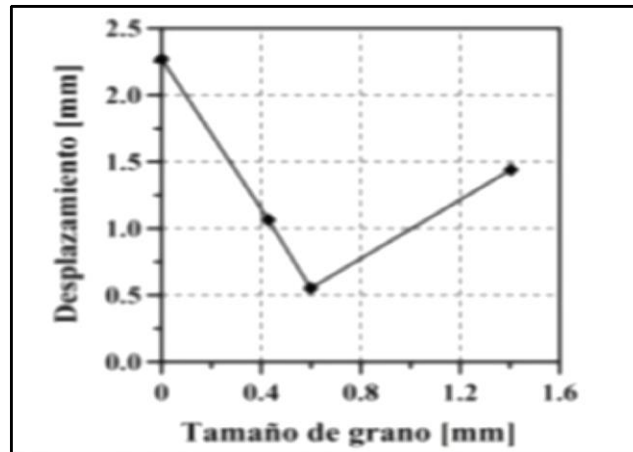


Ilustración 3. Influencia del tamaño de grano de caucho molido de llanta

Consideran que hay una medida de grano de caucho en que la resistencia al ahuellamiento es óptima.

Incrementa resistencia relacionada con la vejez y oxidación referido al ligante del asfalto (Heitzman, 1992); entre otros.

Si se mezcla asfalto- caucho se logra mayor flexibilidad a temperaturas menores y a en caso contrario es menos plástica, lo que implica no adecuada a la variabilidad de temperatura (ARRB Transport Research, 1999; Roberts et al., 2002; Othman, 2006; Khodary, 2010; Shutang et al. 2010, Dong y Tan, 2011). Según logrado por la ULA (2002) logro determinar mejoras al aumentar 13% y 15% de GCR.

Mayor resistencia a la humedad (Dong y Tan, 2011; Punith et al., 2011).

Ligante asfáltico soporta mayor calor como consecuencia del vulcanizado en llanta (IDU y ULA, 2002, 2005).

Mayor elasticidad en ligante (Gagle et al., 1973; Dempster, 1978; Oliver, 1981; Shuler et al., 1985; King, 1986; Loughheed y Papagiannakis, 1998; Huang, 2008; Khodary, 2010).

(Punith et al., 2011) menciona que esta las mezclas asfálticas modificadas poseen excelente resistividad, considerando en mezcla porosa.

Menor sonido en rodaje (McQuillen et al., entre otros, consideran la reducción promedio va de 4 a 10 decibeles.

Buenas propiedades reológicas del asfalto (AI-Dubabe et al., entre otros). Hacen referencia al ligante asfáltico teniendo más rigidez y menos ángulo de fase.

Mezclas duraderas requiriendo menos mantenibilidad (Lalwani et al., 1998); entre otros. De acuerdo con IDU y ULA (2005), usar GCR mejora la durabilidad del pavimento.

Schnormeier (1992) también manifiesta que es más durable que el tradicional.

1.3.1 Generalidades

Durante muchos años los estudiosos han ido mejorando el asfalto implementando fibras vegetales, otros que son reciclados como polímeros de plástico, caucho de neumáticos (llantas), en la búsqueda de más confiabilidad en propiedades mecánicas, logrando mayor resistencia en deformación por agentes mediambientales, la finalidad que se busca al incorporar caucho al asfalto se asocia a la resistencia de altas temperaturas, disminuyendo en el futuro ahullamientos, esto no debe implicar mayor costo, consideramos vital: (Angulo Rodríguez, 2008).

- Sumamente fácil
- Excelente mixtura con el asfalto
- Resistente a la flexibilidad
- Costo bajo

1.3.2 Pavimento

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013 pág. 23) constituye estructura de distintas capas hecha en subrasante del carril, con fines de soporte y asociar esfuerzos producidos en la vía por unidades de transporte y mejorar el bienestar y seguridad para el tránsito.

- Base
- Sub base
- Parte de rodadura
- Suelo Compactado
- Sub rasante
- Drenaje

En áreas metropolitanas han aumentado neumáticos reciclados, es decir llantas en desuso, gracias a esto esta material neumático es importante, económica en lo referente a mezclas asfálticas. (Fajardo Cachay, y otros, 2014 págs. 58-59).

1.3.3 Asfaltos

Material básico en el ámbito constructivo aglomerante resistente, duradero e impermeable. Se caracteriza por ser flexibilidad a los agregados combinados frecuentemente. Muy resistente a ácidos, álcalis y sales. Puede licuarse fácilmente por emulsificación. (Velázquez, 1977).

Este material se asocia de manera inmediata con la temperatura y frecuencia aplicada a cargas que soporta el pavimento, existiendo con frecuencia niveles de deformación.

En un estudio hecho en UPM y con reconocimiento se tiene que se reduce la temperatura con neumáticos no usados (NFU), siendo beneficioso con menos gasto de energía, también hay buena resistencia a deformaciones.

1.3.4. Propiedades químicas del asfalto

- ✓ 82,90% de carbón
- ✓ 10,45 de hidrógeno
- ✓ 0,78% de nitrógeno
- ✓ 5,43% de azufre
- ✓ 0,29% de oxígeno
- ✓ 1380 ppm de vanadio
- ✓ 109 ppm de níquel

1.3.5. Propiedades físicas del asfalto

- ✓ Consistencia
- ✓ Durabilidad
- ✓ Adherencia
- ✓ Cohesión
- ✓ Pureza
- ✓ Gravedad específica

1.3.6 El caucho ventajas y desventaja

El caucho de neumáticos no utilizados en el presente es un elemento económico y muy útil como insumo de mezclas asfálticas para pavimento debido a que son alto el índice de existencia en zonas metropolitanas (Fajardo Cachay, y otros, 2014 págs. 58-59).

1.3.6.1 Ventajas

Tenemos:

- ✓ (Khodary, 2010; Dong y Tan, 2011; Hsu, 2011; Punith et al., 2011). Menciona que se obtienen mezclas resistentes asociadas a fatiga, ahuellamiento.
- ✓ Agregando 5% de GCR a la mezcla asfáltica confirma mayor durabilidad, Según Jimenez y Meier (1985),
- ✓ Sibal (2000) agregando GCR por vía seca hay más resistencia a la fatiga con variación calórica, comparada con lo tradicional.
- ✓ Se produce una mezcla asfalto - caucho más infatigable, fuerte a fisuras combinando cemento asfáltico a altas temperaturas.

- ✓ Resiste a las deformaciones y hace menos ruido.
- ✓ Extiende la vida útil de las carreteras, tienen flexibilidad mezclas asfálticas incorporando GCR con lo que se tiene que cada 15 años se puede corregir las fallas existentes economizando los gastos a nivel país.
- ✓ (Xiao y Amirkhanian, 2009) menciona que contribuye el daño ocasionado a nivel medioambiental generados por los neumáticos utilizados.
- ✓ (Xiao, 2009) considera que mejora resistencia al deslizamiento
- ✓ Jiménez y Meier (1985) manifiesta que agregando 5% de GCR en el total de mezcla asfáltica, tendremos el resultado equivalente a dos veces la resistencia a fatiga a comparación de la tradicional. También Punith (2011) considera que aumentado 5,3% de GCR a mezcla asfáltica, también resulta favorable y mucho mejora que la tradicional (lo mismo que Hsu 2011).

- ✓ Mas elástica por polímeros estructura prolongada
- ✓ Mas adherencia por polímeros estructura cortas

- ✓ A partir de lo anterior con respecto al fraccionamiento de polímeros se tiene que la dureza del polímero (y en general sus propiedades mecánicas) dependen de la longitud que lo forman, según su peso molecular.
- ✓ Mas impermeabilizante en sellados bitumitosos, con lo que se evitan fisuramiento.

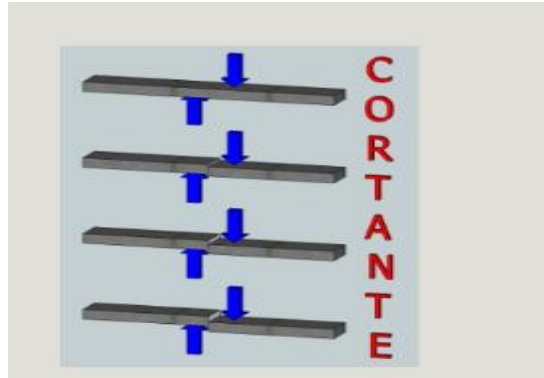


Ilustración 4. Cuando las fuerzas tienden a cortarlo esfuerzos tangenciales

- ✓ Resistente a la vejez: conserva sus características dado el uso de caucho reciclado.
- ✓ La adición del GCR en mezcla asfáltica efectúan por vía seca para finalmente obtener el material modificado.
- ✓ Respecto al factor monetario el GCR implica menos gasto.

1.3.6.2 Desventajas

- ✓ La mezcla asfáltica podría ser muy blanda y delicada, ya que la obtención o absorción tienen impacto en el factor adhesivo.
- ✓ Necesidad de una maquinaria especializada en separación del caucho e hilos acerados dentro de las llantas.
- ✓ El caucho pulverizado no debe estar ni húmedo ni sucio.
- ✓ Las temperaturas mínimas de distribución son de 125°C por su rápido endurecimiento.

1.3.7 Modificación de asfalto - Proceso

En temperaturas extremas las mezclas son de menor susceptibilidad, habiendo dos métodos para el uso del caucho:

1.3.7.1 Por Vía Seca

(Fajardo, *et al.*, 2014, pp. 62-63), menciona que el caucho molido va a reemplazar una parte del agregado fino, lo que se puede ingresar de manera directa o con otro material previo a ser fabricado (Revista constructivo, 2010).

Este material se añade directamente a la mezcla asfáltica en caliente, el cual se combina con los demás materiales previo a añadir cemento.

1.3.7.2 Por Vía Húmeda

Rondón y Reyes (2015), indican que son:

El GCR es agregado al asfalto a alta temperatura y, posteriormente se añade a la mezcla de asfalto.

Implica elaboración de ligante variado (asfalto – caucho) entre ciertos parámetros de mezclado en donde se suma caucho reciclado al asfalto tradicional (Fajardo et al., 2014 pp. 59-60).



Ilustración 5. Asfalto - caucho

Por otro lado, existen teorías provienen de estudios hechos en el extranjero como nos explica Xiang., Baoshan: Aproximadamente 300 millones de chatarra neumáticos anuales, alrededor del 40% de los cuales se utilizan como combustible para generar energía, 26% molido en caucho para migajas, 13% desechado en vertederos, 5.5% utilizado en aplicaciones de ingeniería civil. Además, la conciencia ambiental ha llevado a las personas a buscar un uso alternativo de llantas de desecho El uso de neumáticos de desecho

industrial en aplicaciones de ingeniería civil se remonta a las edades muy tempranas cuando los automóviles fueron los primeros inventado Los neumáticos de desecho se convirtieron en candidatos naturales para la construcción materiales, como vertederos y materiales de amortiguación. En los términos de la década de los 80 e inicios de los 90, el Departamento de Transporte (USDOT) y Administración Federal de Carreteras (FHWA) lanzó varios estudios importantes relacionados con la utilización de reciclado productos de neumáticos en construcciones de carreteras (pp.01-09). Reciclaje de chatarra neumáticos fue incluso el mandato del Congreso de los Estados Unidos y se escribió la Ley ISTEA de 1991 y la Ley de Recuperación de Conservación de Recursos, que establece:



Ilustración 6. Deposititas de llantas

(Xiao y Amirkhani, 2009) menciona que ayuda a reducir el daño causado por neumáticos al medioambiente.



Ilustración 7. Departamento de transporte de los Estados Unidos

- (1) Uso como modificadores en mezclas de pavimentación de asfalto.
- (2) utilizado como un aditivo para hormigón de cemento portland.
- (3) utilizados como rellenos de peso ligero.
- (4) utilizado en neumáticos enteros como barreras de choque, parachoques y artificiales arrecifes, etc.

Así mismo Xiang y Baoshan (2013), Nos informan que en las postrimerías del 1980 y e inicios de 1990, el Departamento Transporte (USDOT) y Administración Federal de Carreteras (FHWA) lanzó varios estudios importantes relacionados con la utilización de reciclado productos de neumáticos en construcciones de carreteras. Reciclaje de chatarra neumáticos fue incluso el mandato del Congreso de los Estados Unidos y se escribió en Tanto la Ley ISTEA, que cualquier proyecto de carretera financiado por el gobierno federal tiene que usar ciertos porcentajes de proyecto de neumáticos reciclados, de lo contrario los fondos serán retenidos. Sección 1038 de las direcciones ISTEA (Uso de material de pavimentación reciclado) el uso de llantas de desecho en el asfalto mezclas de concreto y contiene tres requisitos principales que incluyen: (a) las regulaciones federales

con respecto al uso de llantas de desecho deben ser relajadas; (b) se debe estudiar el rendimiento, el reciclaje y el impacto ambiental relacionado con el uso de llantas de desecho; y (c) cada estado debe cumplir con un requisito mínimo de utilización de llantas de desecho. Sin embargo, la Sección 1038 (d) era revocado por la cámara de senadores en los Estados Unidos año 1995. Sin embargo, los principales esfuerzos de investigación durante las décadas de 1980 y 1990 trajeron consigo un desarrollo tecnológico significativo y estimularon una mayor aplicación de productos de llantas de desecho en ingeniería civil, especialmente en construcciones de carreteras.

Según el instituto americano nos informa que la Goma asfáltica: se utiliza como aglutinante en varios tipos de construcción de pavimento flexible, incluido tratamientos superficiales y mezclas calientes. De acuerdo con la definición ASTM del Libro Anual de ASTM Standards 2001, el caucho asfáltico es "una mezcla en la mezcla asfáltica, goma de llanta recuperada y algunos mejoradores para la estructura del neumático reciclado tiene un porcentaje de 15 % en base al total del material mezclado reaccionada en el cemento asfáltico caliente lo necesario como para provocar una inflamación del polvo del caucho de neumático reciclado". Por definición, el caucho asfáltico se prepara usando el "proceso húmedo". Caltrans las especificaciones para las propiedades físicas del caucho asfáltico se encuentran dentro de los rangos listados en ASTM D 6114, "Especificación estándar para mezclas del caucho asfáltico", también ubicado en Vol. 4.03. El caucho reciclado es utilizado para el caucho recuperado y actualmente se lo conoce como modificador de goma de migajas (CRM). El asfalto el caucho se formula y reacciona a temperaturas elevadas y bajo alta agitación para promover la interacción física del cemento asfáltico y los constituyentes de CRM, y para mantener las partículas de CRM suspendido en la mezcla. Se pueden agregar varios

destilados de petróleo o aceite diluyente para reducir la viscosidad, facilite las aplicaciones de pulverización y promueva la trabajabilidad.

1.3.8 Procedimiento

1.3.8.1 El Neumático (Caucho)

Primero para comentar el procedimiento necesitamos saber que significa un neumático y de que está compuesto. Un neumático es un elemento mecánico compuesto por caucho, el cual comprende elementos químicos, material textil, armadura de acero y

algunos otros componentes al cual es procesada y el cual es llenada con fluido compresible que tiene disposición de soportar grandes cargas al ser trasladada y llevada a grandes esfuerzos.

Si lo vemos de un punto mecánico se podría describir como un toroide que no es endurecido, con compuestos flexibles elaborados con cuerdas textiles de alta capacidad de resistencia y afianzadas a unos cables de acero de los talones que firmemente se anclan al rin. El cual tiene la siguiente estructura:

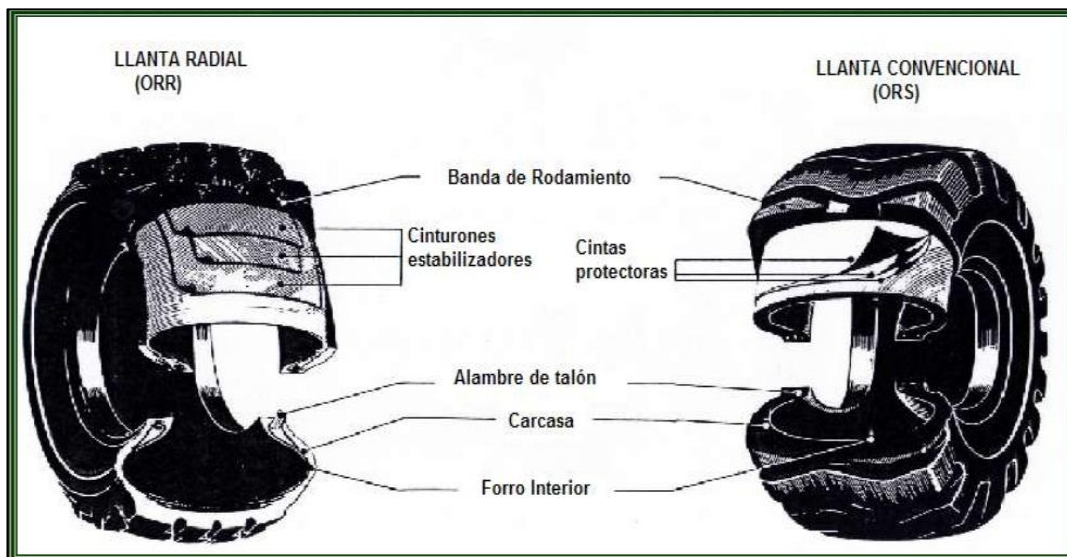


Ilustración 8. Componentes del neumático

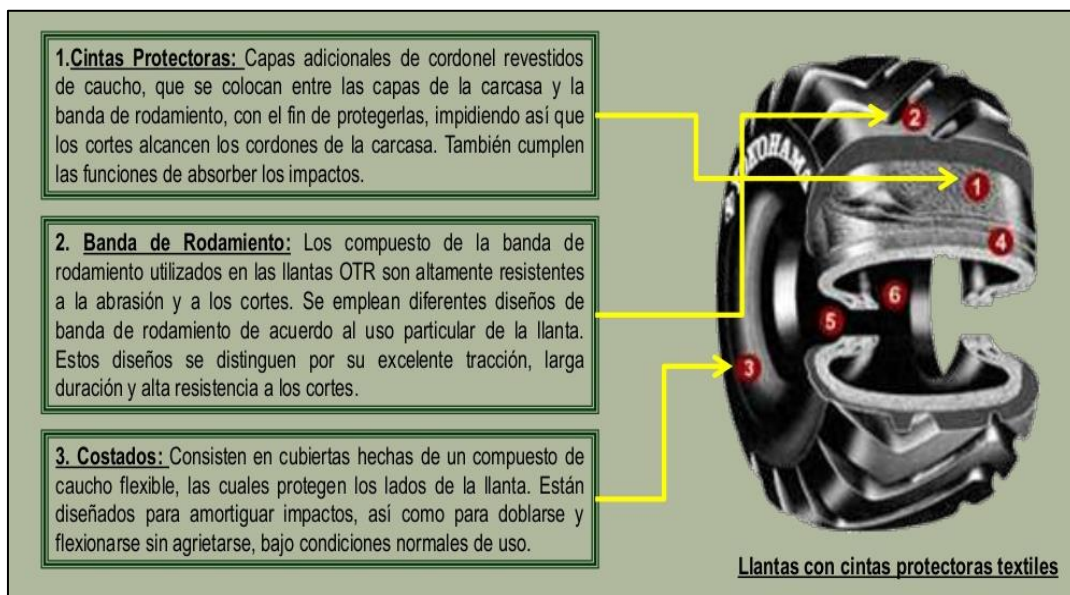


Ilustración 9. Contenido de neumático

1.3.8.2 Proceso de molienda del Neumático

El tratamiento, proceso, reutilizándolo y reciclándolo de desechos sólidos se ha transformado en una manera de generar dinero a personas que vieron de este material como una forma prosperidad por su eventual crecimiento en la producción y demanda, es beneficioso para el Tacna y la sociedad tener lugares de acopio y procesadoras mecánicas y tecnológicas para poder procesar este material de neumáticos ya que es una fuente contaminante de agua y fuente de nido de mosquitos en diversos conos de la ciudad, el cual las personas sin conocimiento de ellos suelen quemarlas por lo que no tienen ningún tipo de uso para ellos y genera una contaminación muy elevada para la ciudad de Tacna y las personas que la habitamos. La gran cantidad y masiva producción de neumáticos con el boom de las ventas de automóviles, camiones, maquinaria para construcción y minas, ya que existen muchísimas dificultades para desaparecerlos una vez desechos creando botaderos de neumáticos el cual genera una problemática para las entidades del medio ambiente de los países.

Tenemos como referencia países como estados unidos que es el que encabeza desechando una cantidad de 300 millones de neumáticos anualmente, así mismo yendo a otro continente tenemos a España con una cantidad de 250 000 toneladas de neumáticos provenientes de vehículos y maquinaria pesada, el cual causa un problema medioambiental muy considerable.



Ilustración 10. Acopio de llantas desechadas para el proceso de trituración

Acopio de llantas desechadas para el proceso de trituración

El procedimiento del producto de polvo del caucho de neumático reciclado se realiza en varias etapas y ya que es un proceso mecánico se realizará en temperaturas ambientes, en el cual se realiza en dos procesos grandes como es la primaria y secundaria, separando sus materiales adheridos como son el acero y la malla textil. El cual tiene la siguiente ficha técnica proporcionada por la empresa SICONOR PERÚ S.A.C.

Tabla 1 . Ficha técnica de polvo del caucho de neumático reciclado

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
DESCRIPCIÓN	MICROPARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO
DENSIDAD	1.109 gr/cm ³ a 25 °C descrito por la norma ASTM D 792
FORMA DEL CAUCHO	PARTICULAS DE FORMA IRREGULAR
TAMAÑO DEL CRANO	0.50 mm - 0.85 mm
% DE ACERO	0.10%
% DEL TEXTIL	0.10%

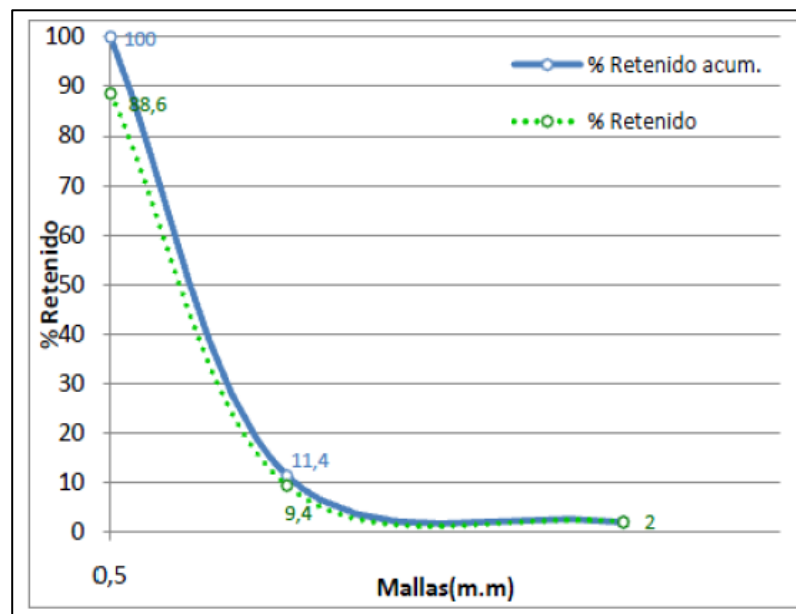


Ilustración 11. Imagen de la curva del ensayo por tamizado

1.3.9 Tipos de procedimientos

1.3.9.1 Trituración Criogénica

Este tipo de procedimiento es empleado con nitrógeno líquido, este tipo de método es generalmente aplicado para poder llegar a un grado de temperatura tan bajo que se llega a cristalizar para que luego los productores puedan destruirlo más fácilmente. Pero tienen que crearse instalaciones especiales para poder desarrollarlas el cual genera un costo muy elaborado para poder desarrollarlo masivamente, según muchos autores el proceso de trituración criogénico es muy costoso y complicado a comparación del proceso mecánico.

Costo:

Tabla 2. Rendimiento por 100 litros

100 litros	\$ 1500 dólares
100 litros	De 3 a 7 neumáticos

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, este método no es sustentable, aunque no es contaminante para el medio ambiente es una inversión muy costosa por los altos costo que generaría crear maquinarias e insumos.

1.3.9.2 Método de termólisis

Este método su objetivo final es triturar este material en varios elementos por medio de la exposición a altas temperaturas de los residuos en el cual no contiene oxígeno. Los altos niveles de temperatura y el nulo oxígeno conlleva a que del material expuesto se destruya sus enlaces.

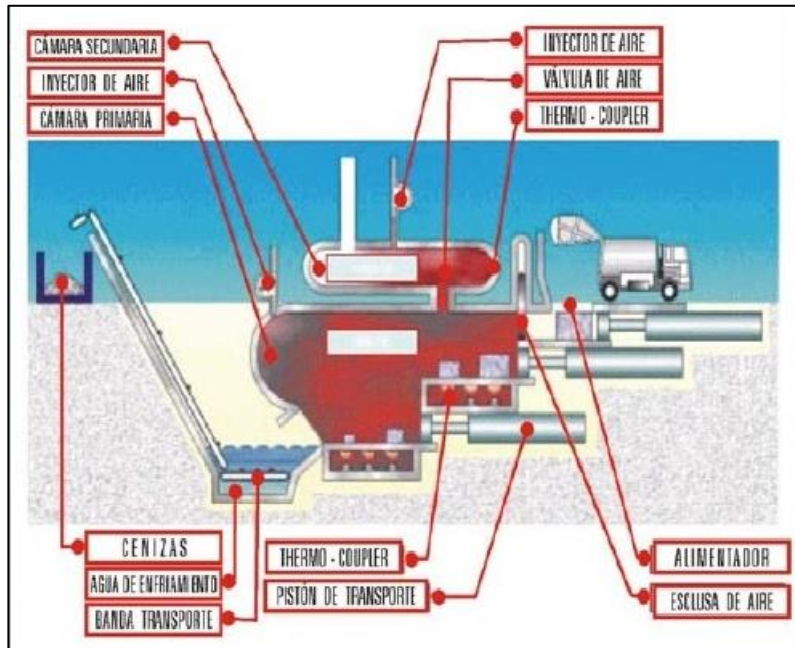


Ilustración 12. Estructura de una maquina termólisis

1.3.9.3 Método de pirolisis

Es un método que tiene como objetivo obtener sus elementos iniciales de los neumáticos realizándole una aplicación de calentar en unas dimensiones sin acceso al oxígeno, eliminando los residuos químicos de las llantas.

Muchos autores han querido desacreditar la elaboración de las partículas de la extracción de las llantas recicladas afirmando el factor molido de llantas generan impactos ambientales considerables, hay muchas investigaciones que afirman que los contaminantes que producen estos métodos están bajos de los límites permitidos por las asociaciones que protegen el medio ambiente.

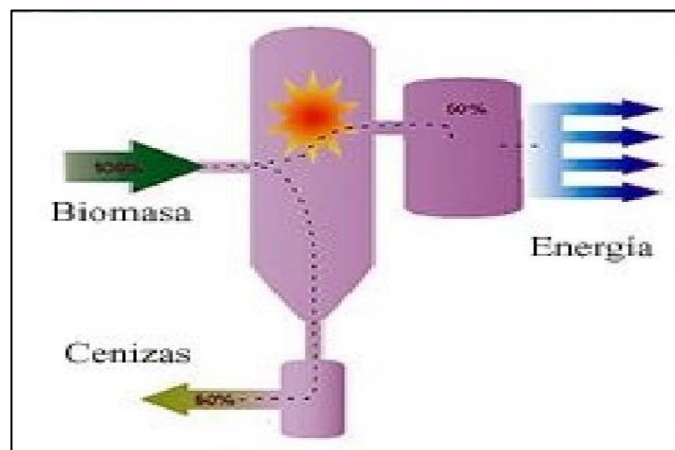


Ilustración 13. Proceso del método de pirolisis

1.3.9.4 La destrucción de los neumáticos vía mecánica

Dominado como un método de trituración a temperatura actual de la zona a la cual se instaló, es un procedimiento el cual no se utiliza mayor tecnología y tiene un efecto contaminante casi nulo, cuya función de la maquinaria estas máquinas tienen una tecnología muy avanzada la cual minimiza las partículas de las llantas recicladas a partículas muy finas la cual en la granulometría son pasantes del tamiz #30 en un ensayo de que se emplea en la misma maquina por crinado. La maquinaria tiene en su estructura una fase la cual mediante un proceso de vibración y separación por medio de fajas separa a las partículas de acero y mallas trituradas de textil.

Según la empresa Regomax. Los componentes extraídos por la molienda de los neumáticos producen estos porcentajes:

Tabla 3. Porcentaje de componentes extraídos

Material	Porcentaje
CAUCHO	80 %
ALAMBRE DE ACERO	15%
FIBRA TEXTIL	5 %

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 14. Procedimiento mecánico

Los neumáticos son llevados a la planta y en la cual el primer procedimiento comienza con la extracción del cordón de las mallas de acero – al inicio de llevarlo a la primera fase de desmenuzar el caucho. Este primer paso de vital importancia para no tener que presenciar desgaste y daños a las maquinas trituradoras especialmente a las cuchillas y generar mayor gasto. Luego de este primero son echados los granos a una cinta transportadora al triturador primario donde reducirán aún más los trozos de los neumáticos.

Este proceso se realiza por dos rodillos de trituración el cual están conectado con las fajas transportadoras, que poseen dientes de trituración con todos sus lados afilados que destruyen las llantas que se han depositado, el cual el mismo también tritura la estructura de la llanta como son la parte de acero y las mallas textiles. Los restos generados son movilizados hacia un próximo triturador que trabaja como unas compresoras con fajas que lleva donde los tamices y un proceso de separación magnética con el fin de recuperar el acero sobrante. En esta movilización del neumático, por cada proceso se desliga los residuos de textiles por diferencia de peso. Al final, el granulo del caucho reciclado es llevado a una clasificación de acuerdo a su espesor.

1.3.9.5 Primera fase: Remoción

En el caso de llantas de eje superior a los de los vehículos convencionales se utilizará la etapa de remoción de laterales. En los casos de los automóviles simplemente se llevará inicialmente al triturador de la fase 1, En caso de neumáticos de mineras de ejes mayores los pedazos resultantes se dirigirán a una pre-trituración, luego de este proceso ya los trozos resultantes pasarán al triturador primario.

El removedor lateral procede a dañar la cara de las llantas hasta llegar a la malla metálica, teniendo como resultado unos tamaños más pequeños, estos fragmentos son cortados por 12 partes, y llevado al triturador primario.

El triturador inicial o primario. – unos cargadores se utilizará maquinaria para el traslado de los neumáticos que las trasladará al triturador primario.

Todos los pedazos están conformados por llantas y restos producidos por la parte lateral, el equipo que tritura inicialmente estará colocado en un nivel superior al segundo triturador el cual triturará el neumático en trozos relativamente pequeños, para que pueda entrar en el segundo triturador.



Ilustración 15. Faja transporta neumáticos al triturador primario

1.3.9.6 Triturador número 2.

Luego de la trituración todos estos restos caen hacia una segunda faja que los llevara a una trituradora más fina el cual reducirá partículas de 50 mm x 50 mm, para que luego sea trabajada por un granulador aún más fino para otros tipos de trabajo como es el que necesitamos para partículas de 0.425 mm aproximadamente.



Ilustración 16. Producto final de molienda de desechos de neumáticos

1.3.9.7 Separación del acero.

Las fajas transportadoras se someten a una vibración y mediante el dispositivo magnético, las fracciones de acero son separadas en alambres libres. El acero es clasificado y separado del caucho. Las fibras textiles son separadas de la misma manera por vibraciones - clasificación.

Este sistema de trituración tiene como finalidad los siguientes porcentajes por tamaños el cual es tamizado en el propio proceso.

Tabla 4. Porcentaje de partículas restantes

MATERIAL	PORCENTAJE
Partículas (-30Mesh/malla)	15 %
Partículas (10 - 12) mm	20 %
Partículas (4 - 7) mm	25%
Partículas (1 - 4) mm	40 %

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 17. Fases del procedimiento de mezcla asfáltica con polvo del caucho de Neumático reciclado

1.3.10 Mantenimiento

Según Lo Presti, unos resultados realizados en la Universidad Estatal de Arizona compararon las tendencias de mantenimiento y costos del usuario para los pavimentos bituminosos convencionales y los pavimentos de asfalto y caucho. Los resultados mostraron que después de 5 años los costos de mantenimiento y uso no son muy diferentes, después de 10 años el costo de mantenimiento comienza a ser sustancialmente diferente, ya que se anticipan mayores costos de mantenimiento para el pavimento convencional. Esta diferencia para los costos del usuario comienza en aproximadamente 15 años. Con base en el análisis de datos presentado para los dos pavimentos, un pavimento de asfalto y caucho

sería más rentable que un pavimento convencional con respecto a precios de las autoridades viales y precios fijados a usuarios (Lo Presti, 2013).

Tener en cuenta que actualmente en el país, no es muy aplicable el diseño de mezcla asfáltica con caucho, sin embargo, según los resultados mencionado por Lo Presti, sería oportuno aplicar en el país, así como lo realizan nuestros países vecinos de Latinoamérica.



Ilustración 18. Proceso de mantenimiento de una mezcla asfáltica

1.3.11 Impacto ambiental asfalto con caucho

En los países europeos se recicla casi el 100 % de los neumáticos en desuso a diferencia de los países de américa con un 60 % (Colpatria, 2015).

El impacto ambiental es una actividad generada por el ser humano sobre la naturaleza, el cual podría ser considerado como un efecto natural tanto positivo como negativo, dependiendo de las tareas que realice la población con el medio ambiente.

Las actividades del ser humano entorno al medio ambiente siempre traerán consecuencias colaterales sobre este. Entre ellas tenemos:

- ✓ Contaminación del mar gracias al petróleo.

- ✓ Generar desechos radioactivos
- ✓ Contaminación auditiva

1.3.11.1 Emisión de gases

El uso de la mezcla de asfalto convencional a diferencia de la utilización del grano de caucho reciclado para la mezcla asfáltica, este último genera un impacto ambiental positivo para la naturaleza.

El impacto ambiental generado por la recolección y el reusó de los neumáticos causan muchos impactos positivos ya sea al medio ambiente como a las personas.

El caucho como principal componente en la mezcla asfáltica, disminuye la generación del CO₂ por lo cual dichos gases no contaminaran a los usuarios que transiten por el lugar de obra y más importante a los participantes de la obra.



Ilustración 19. Reducción de impacto ambiental (reducción de furano y dioxina)

1.3.12 Costo

Según el State of California Department of Transportation (Caltrans, 2013). El caucho asfáltico es generalmente rentable cuando se usa como capas superficiales o capas superpuestas de espesor delgado o abierto con un espesor compactado de 30 a 60 mm, sellos de virutas y aplicaciones de capas intermedias.

Esto implica menores costos de mantención de este tipo de mezcla asfáltica modificada, debido a que las reparaciones que deben hacerse son menores y más distanciadas en el tiempo, relacionándolo con mezcla tradicional.

Para pavimentos con caucho, estos tienen menores costos de mantención y costo para los usuarios que los pavimentos tradicionales. En el caso de mantención, los costos del pavimento con caucho son en promedio 41.69% menor que el pavimento convencional. (Calahorra et.al, 2016).



Ilustración 20. Reducción de espesor de mezcla asfáltica

1.4 Formulación del problema

Ante la problemática expuesta en este tema se sugiere los siguientes problemas de investigación:

1.4.1 Problema general

¿Cómo influye la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna, 2018?

1.4.2 Problemas específicos

Surgen en este proyecto de investigación algunos problemas los cuales tenemos:

¿Cuáles son los resultados incorporando caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente aplicando el método Marshall, Tacna, 2018?

¿En qué medida favorece la incorporación de caucho reciclado con el agregado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018?

¿Cómo influye la incorporación del caucho reciclado con los vacíos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018?

1.5 Justificación del estudio

Con fines de concientizar sobre el reutilizamiento de las llantas usadas se elaboró una medida que consiste en brindarle utilidad a los neumáticos y hacer de estos un tipo de agregado para uso en pavimentos debido a sus propiedades adherentes, mayor resistencia y larga vida útil al contacto con el asfalto, a nivel nacional no existen muchas empresas recicladoras de llantas, y son pocas las que se dedican también a la reutilización de estas como un material para uso vial debido a la falta de conocimiento, miedo a innovar con nuevos componentes y falta de cultura de aplicación a la investigación.

El buen funcionamiento del caucho brindara a la población no solo mejores estructuras de transporte, sino también, mejor calidad de vida, debido a la reducción del impacto ambiental. De aquí se manifiesta una de las primordiales razones de este proyecto de investigación. Posteriormente se logrará proponer alternativas de diseño de mezcla asfáltica reutilizando los neumáticos que terminaron su vida útil.

1.5.1 Justificación teórica

Con la adherencia del caucho de neumático reciclado al asfalto en caliente se reforma sus propiedades mecánicas, físicas, químicas y geológicas. En la actualidad se han realizado nuevas tendencias innovadoras en las cuales se desea favorecer la conducta que manifiestan en mezcla con caucho en caliente, que son sometidas a grandes cargas y exposición al medio ambiente obteniendo mejoras en sus resultados con espesores menores a las capas asfálticas tradicionales.

1.5.2 Justificación metodológica

En nuestro proyecto aplicamos el modelo cuantitativo el cual deberá de ser lo más objetivo que se pueda realizar. Todas las dimensiones o variables deberán ser totalmente medibles para su correcta interpretación. El proyecto no deberá de ser influencia por pensamiento o ideas que no tengan que ver con el resultado de la investigación para que no se vea alterada por supuestos deberá de ser tajante con sus resultados (Neumático reciclado, Grinnell y Williams, 2005, p.10) .

1.5.3 Justificación tecnológica

El presente método de trituración es un proceso que no afecta en absoluto al medio ambiente el cual conlleva a un proceso que no contiene emisión a gases y es netamente mecánico sin presencia de químicos el cual se tritura hasta llegar al pasante del tamiz N° 30 el ensayo se hará por cribado teniendo en cuenta que las fajas transportadoras trasladan el material y se separan hacia diferentes fajas las cuales separan por completo el material ya sea alambre, textil y el caucho triturado (Rondón y Reyes, 2015, p.12)

1.5.4 Justificación económica

Mediante el estudio se busca reducir los costos de mantenimiento que generalmente son realizados cada 10 años por el proyectista o ingeniero especialista en pavimentos, prolongándolo de 4 a 6 años más para su regeneración.

Reducción de estructural dimensional de mezcla asfáltica

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

La incorporación del caucho reciclado influye significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018.

1.6.2 Hipótesis específicas

HE1. La incorporación de caucho reciclado produce efectos favorables en los resultados del método Marshall en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna, 2018

HE2: La incorporación de caucho reciclado con el agregado favorece significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018

HE3: La incorporación del caucho reciclado con los vacíos influye significativamente en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna, 2018.

1.7.2 Objetivos específicos

Nuestros objetivos son:

OE1: Determinar los resultados al incorporar caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en caliente aplicando el método Marshall, Tacna, 2018

OE2: Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado con el agregado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018

OE3: Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado con los vacíos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018

II. Método

2.1 Diseño de la investigación

2.1.1 Investigación Aplicada

Definiremos todo referente a la investigación aplicada como sustento teórico a (Moreno), que nos explica lo siguiente:

Es también llamada práctica o empírica, vinculada con labores de indagación, implica ello con una investigación básica y el mismo desarrollo.

En tal sentido tiene un vínculo marcado con esta forma investigativa, porque tiene que ver con hallazgos y el neumático reciclado incide de dichos descubrimientos, su utilidad es se asocia a su uso y los logros obtenidos.

Su finalidad es la comprobación en su aplicación.

2.1.2 Diseño experimental

Según Gómez (2006) “Un adecuado diseño experimental es crucial para obtener datos experimentales para que realicen las premisas que soliciten los parámetros, un investigador necesita garantizar su investigación a base de un respaldo científico”.

La determinación diseño experimental delinea los siguientes niveles experimentales:

- Identificar todos los factores que modifiquen cualquier resultado de un experimento.
- Todos los factores deberán ser conocidos, controlables y modificables.
- Deberemos reducir cualquier factor que afecte a nuestra investigación desconocidos o desbocado.
- Se empleará métodos de análisis estadístico para diferenciar cualquier efecto o factor que no sea favorable para la investigación.
- Obtener la máxima indagación de datos verídicos y fiables.
- Utilizar herramientas las cuales sean garantizadas por expertos y entidades relacionadas a la investigación.

2.1.3 Método de utilización

Método cuantitativo.

Definiremos todo referente al método cuantitativo teniendo como sustento teórico a (Barragán), que nos explica lo siguiente:

El concepto del “método cuantitativo” la relación queda intrínseca que determina con objeto- sujeto del proyecto de investigación: el cual se refiere a conocer su relación que tiene su parentesco pero desde afuera, es por ello la intensidad de las proporciones de medición, y el seguimiento al comportamiento a lo largo del tiempo (procesos históricos), en el cálculo correlacional de sí mismo (números de sus índices), el cual nos llevara a un objetivo específico el cual será tener la medición con exactitud numérica de los comportamientos de cada una de nuestras variables de una manera profesional y objetiva, el cual tiene se deberá explicar toda causa y sus respectivos efectos los cuales tendrán fuertemente un apoyo matemático y estadístico donde nos llevara a un resultado verídico.

Nuestro proyecto de investigación se basa a un fuerte respaldo matemático, por el cual utilizaremos formulas complicadas de ingeniería matemática, tablas, métodos, etc. Afirmamos que nuestra investigación es netamente cuantitativa.

2.1.4 Proceso

Nuestro proyecto de investigación tiene como método de investigación un procedimiento equitativo racional y lógico, los cuales tiene como objetivo proponer proyectos de investigación, darles una solución y una respuesta, este nivel de organización tiene un criterio académico el cual se apreciará su respaldo conceptual y la relación entre ellas.

Las cuales tienen 5 procedimientos:

- ✓ Eje de decisiones para una investigación (EDI).
- ✓ Composición de proyecto de investigación.
- ✓ Informe final.
- ✓ Resultados de laboratorio.
- ✓ Conclusiones y recomendaciones.

(Barragán, 2003) Nos dice que el proceso de investigación científica cuantitativa expresa todo fundamento teórico y método Lógico, si es necesario corregir algún tipo de resultado se deberá de corregir desde el inicio, por lo que se busca una buena estructura lógica para desarrollar el proyecto de investigación dada a su complejidad de demostrar y dar solución al problema desarrollado en el proyecto de investigación.

Nuestro proceso estructural del proyecto de investigación tiene como base demostrar la viabilidad respecto a la mezcla asfáltica contando con el polvillo de neumático reciclado proveniente de las llantas en desuso.

2.2 Variable, Operacionalización

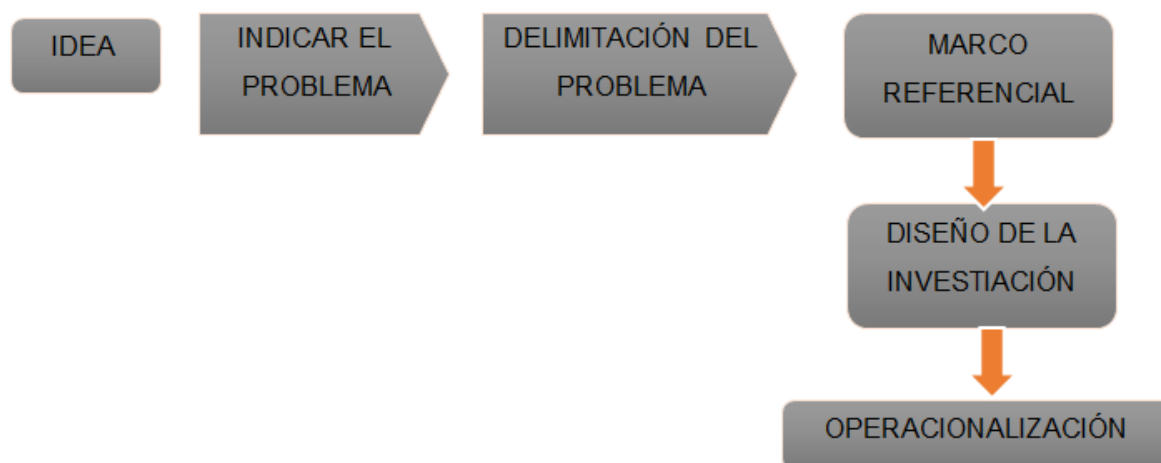


Ilustración 21. Secuencia lógica

Según (Ospino, 2004) En primera instancia se tiene que tomar la idea de nuestro proyecto de investigación para así poder determinar nuestras variables ya que con la operacionalización se descompondrá las variables de tal forma que explique detalladamente la definición de las variables estudiadas, los valores, cálculos, dimensiones, indicadores debido a que la metodología está vinculada para obtener la recolección de datos. Es por ello que en nuestro proyecto de investigación tenemos como primera variable operacional lo referente al asfalto y como segunda variable operacional polvo del caucho de neumático reciclado detallando debidamente sus dimensiones, indicadores, instrumentos.

2.2.1 Variables

Según Núñez (2007) manifiesta que la variable “puede ser determinadas por sus características o propiedades distintivas, sistema, texto, derivaciones o relaciones. La importancia de la investigación es de vital importancia, pues, nos refiere a los mecanismos de debemos usar en la contrastación” (p.167).

2.2.1.1. Variable Independiente

Según Núñez (2007) se refiere que la variable es independiente cuando “dentro de tu universo no tiene relación con alguna otra variable (p.169).

En el presente proyecto, la variable independiente a estudiar es las “polvo del caucho de neumático reciclado”.

2.2.1.2 Variable Dependiente

Para Núñez (2007) es aquella que depende de la otra variable (p.169).

En este caso, la variable dependiente a estudiar es “la mezcla asfáltica en caliente”.

2.3 Población y muestra.

2.3.1. Población

De conformidad con Gómez, Villasís y Miranda (2016) afirman que: “El universo o población a indagar es un grupo o todo que se encuentra definido, fácil de acceder y tiene un fin, que viene a ser una referencia para el cumplimiento de ciertos requisitos específicos” (p.201). Por lo tanto, una población es una agrupación o conjunto donde todos sus elementos armonizan en una serie determinada de especificaciones técnica.

En el presente proyecto a estudiar, las poblaciones está referida a la mezcla asfáltica tradicional en comparación con la mejorada en el que se va considerar el mantenimiento, costo e impacto ambiental del material que se utiliza.

2.3.2. Muestra

Agrupada por componentes que pertenecen a un todo, conocido como universo, la muestra es parte de la población, esto de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) (p.201).

En este caso lo conforman:

- ✓ Muestras de control, mezcla asfáltica convencionales en caliente.

Consideramos las Tablas de probetas de asfalto convencional normado.

- ✓ Muestras de control, mezcla asfáltica en caliente modificado con caucho reciclado

Se tendrá que realizar briquetas en el diseño mediante el método Marshall.

Según Hernández, la muestra tomada en el proyecto a estudiar serán briquetas con agregados de polvo del caucho reciclado, con estos se realizarán ensayos según ASTM D 1559 – 89.

En definir, muestra debemos tener una noción acerca del principio de inclusión y exclusión.

Gómez (2016) afirma: “Las normas de inclusión, constituyen el fundamento estudiado que conforma el proceso investigativo” (p. 204).

Gómez (2016) nos dice que: “Las normas de exclusión, se refiere a detalles presentes en actores que hacen variar logros, por lo que no son viables en el estudio” (p. 204).

En nuestro proyecto, respecto al polvo del caucho de neumático reciclado se consideró en los criterios lo siguiente:

Criterios de Inclusión:

- ✓ La incorporación del caucho granulado en el pavimento es por vía seca.
- ✓ Mezcla asfáltica debe ser en caliente.
- ✓ El caucho de neumático reciclado debe ser proveniente de llantas en desuso o recicladas.
- ✓ El grano del caucho reciclado pulverizado debe tener un diámetro máximo de 0.8 mm.

Criterios de exclusión:

- ✓ La incorporación del caucho granulado en el pavimento no puede ser por vía húmeda.
- ✓ La mezcla de mezcla asfáltica no debe ser en frío.

Vega (2016) en su proyecto se propuso experimentalmente, debido a que llegó a la conclusión que era indispensable realizar un cálculo para una muestra ya que mientras más elementos sean evaluados se conseguirá un producto más confiable.

Se tomó como referencia este estudio realizado que es el más preciso y demostrado en la actualidad y al cual se asemeja a mi siguiente diseño que presentaré en mi tesis como alternativa mediante neumático reciclado.

En el diseño se modificará con la adherencia del caucho.

Los ensayos variaron con una proporción desde 6 % hasta 8.5% lo que veremos con un porcentaje de cemento asfalto de 5% cuál de ellos tienen un mejor comportamiento.

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Gómez (2016), indica que “Son herramientas con que cuenta el investigador con fines de obtener datos del ámbito de estudio, además que constituye la fuente informativa requerida”.

El proyecto de investigación tiene como técnica la obtención de información cuantitativa.

2.4.1 Técnicas

- ✓ Técnicas bibliográficas

Se utilizó datos y referencias escritas, como anuncios, libros que tienen que ver con el tema a investigar todo esto para obtener un conjunto de ideas, procedimientos y teorías que me sirvieron con la investigación para llevar a término la hipótesis.

- ✓ Técnica virtual

Ya que la web tiene una vasta ampliación, se tomó la información de biblioteca virtual, antecedentes y tendencias.

Así como también el uso de números, formulas, normas, gráficos, tablas, datos estadísticos, libros, revistas, tesis, etc. El cual pueda probar nuestra hipótesis general y realizar un correcto desarrollo de proyecto de investigación teniendo una correcta base científica.

2.4.2 Instrumento

- ✓ Fotografías

Se recopiló fotografías comprobar lo efectuado en gabinete, así como también pavimentos que presentan fallas en su estructura.

- ✓ Los ensayos de laboratorio

En esta fase se hizo la comparación de resultados de los ensayos efectuados.

2.4.3 Validez y confiabilidad

Teniendo como fundamento:

- ✓ Emplear instrumentos que ya se han demostrado anteriormente el cual son válidos y confiables.

- ✓ Los datos recopilados son exactos y viables, ya que fueron obtenidos y recopilados por métodos normados, los cuales pueden ser cambiados o mejorados y se analizaron utilizando técnicas de métodos matemáticos.
- ✓ Se empleó el método de experimentación.
- ✓ Tuvo un análisis causa y efecto.
- ✓ Todos nuestros datos son medibles y observables.
- ✓ Nuestros datos son desarrollados por profesionales

2.5 Método de análisis de datos.

Para Gómez (2016), “Esta consiste en indagar situaciones y obtener datos relevantes”. Nuestro método de análisis de datos los cuales son cuantitativos utilizaremos un proceso de obtención de datos con métodos estadísticos para poder explicar, abreviar y relacionar datos ya obtenidos por otros autores y entidades relacionadas a la ingeniería civil, a nivel nacional e internacional.

Evaluación de supuestos: Aquí se verifican en ciertos casos mediante el análisis inferencial.

Ya que al analizar datos de un proyecto de investigación cuantitativo nos permite que todos nuestros resultados sean más confiables.

Tendremos ventajas y desventajas.

Ventajas:

Los resultados del análisis optado a desarrollar son confiables.

- ✓ Datos numéricos y certificados.
- ✓ Toda experimentación en laboratorio es firmada por profesional especialista en pavimentos.
- ✓ Los resultados tienen la mínima posibilidad de falla.
- ✓ Se utilizará software muy avanzado en el cálculo matemático para un resultado final.

Desventajas:

- ✓ Todo proceso de análisis para obtención de datos puede conllevar a mucho tiempo de espera para tener un resultado certero.
- ✓ El resultado si bien es cierto es confiable puede darnos un producto positivo o negativo.

- ✓ Se necesita una inversión económica considerable ya que se deben de realizar en laboratorios certificados con equipos de última generación.

En la técnica se utilizará:

- ✓ Datos numéricos.
- ✓ Métodos normados por el colegio de ingenieros, normas internacionales.
- ✓ Instrumentos viables de última generación.
- ✓ Todo dato podrá ser medido e interpretado.

Tabla 5. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Escalas
¿Cómo influye la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna, 2018?	Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna, 2018.	La incorporación del caucho reciclado influye significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018	Dependiente: Carpeta asfáltica en caliente	Método Marshall (AASHTO T 245) Agregados Vacíos	Estabilidad Factor de rigidez Granulometría ASTM 3515	Razón Razón Razón
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos				
¿Cuáles son los resultados incorporando caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente aplicando el método Marshall, Tacna, 2018	Determinar los resultados al incorporar caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente aplicando el método Marshall, Tacna, 2018	La incorporación de caucho reciclado produce efectos favorables en los resultados del método Marshall en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018	. Independiente Caucho reciclado	Mantenimiento	Agrietamiento Resistencia al envejecimiento	Razón Razón
¿En qué medida favorece la incorporación de caucho reciclado con el agregado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018?	Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado con el agregado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018	La incorporación de caucho reciclado con el agregado favorece significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018		Impacto ambiental	Confort	Razón
¿Cómo influye la incorporación del caucho reciclado con los vacíos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, Tacna 201	Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado con los vacíos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018	La incorporación del caucho reciclado con los vacíos influye significativamente en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, Tacna 2018		Costo	Reducción de gases Reducción de costo	Razón Razón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escalas
<p>Dependiente</p> <p>Carpeta asfáltica en caliente</p>	<p>Combinación de áridos con un <u>ligante</u>. Las cantidades relativas de <u>ligante</u> y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla. ZUÑIGA, R. (2015) <i>Mezclas asfálticas en caliente</i></p>	<p>Uno de los métodos de diseño de mezclas asfálticas más usados en la actualidad es el método Marshall. Es un experimento de laboratorio dirigido al diseño de una adecuada mezcla asfáltica por medio del análisis de su estabilidad, fluencia, densidad y vacíos.</p>	<p>Método Marshall (AASHTO T 245)</p> <p>GRADACION ASTM 3515</p> <p>Peso específico</p> <p>Bomba de vacío</p>	<p>Estabilidad</p> <p>Factor de rigidez</p> <p>Granulometría</p> <p>Peso específico</p> <p>RICE</p>	<p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p>
<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Caucho de neumático reciclado</p>	<p>En polvo o partículas pequeñas, tiene su aplicación en diferentes usos, como: pavimentos deportivos, pistas de atletismo y tenis, aislamiento acústico y mezclas con derivados del betún para mejorar las condiciones del firme (más durabilidad, reducción del ruido). DONAIRE (2008)</p>	<p>Mejoran la resistencia del fenómeno de <u>ahuellamiento</u> y fatiga, disminuyen el espesor del pavimento, incremento notable de la resistencia en tracción indirecta bajo carga <u>monotónica</u>. RONDON, H., REYES, F. (2015)</p>	<p>Mantenimiento</p> <p>Impacto ambiental</p> <p>Costo</p>	<p>Agrietamiento</p> <p>Resistencia al envejecimiento</p> <p>Confort</p> <p>Reducción de gases</p> <p>Reducción de costos</p>	<p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p>

Fuente: Elaboración propia

III. Resultados

3.1 Análisis granulométrico

Es una forma de fijar los porcentajes de participación los granos del piso de acuerdo a sus dimensiones, hecho que se denomina gradación.

(NEVI-12, p.420) consta con data precisa sobre los parámetros referido a la mezcla asfáltica en caliente, de acuerdo a su dimensión logrando una medida mayor de agregado grueso de 1/2 plg. y tamaño máximo del agregado fino Tamis N° 30 en el respectivo análisis granulométrico presentado. Al respecto se tienen resultados en las tablas:

Tabla 7. Tamaño de agregado


FECHA : 18 de Octubre de 2018		MARGEN : -				
Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observación
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo del agregado
N° 4	4.760	25.84	2.44	2.44	97.56	N°30
N° 8	2.380	158.14	14.92	17.36	82.64	W. Muestra seca (g)
N° 10		46.94	4.43	21.79	78.21	1059.64
N° 30	0.590	274.14	25.87	47.66	52.34	W. Muestra despues lavado (g)
N° 40		113.07	10.67	58.33	41.67	993.08
N° 80		241.28	22.77	81.10	18.90	% Perdida
N° 200	0.075	122.65	11.57	92.68	7.32	6.281
Base		77.58	7.32	100.00	0.00	
Total		1059.64	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia

3.2. Ensayo granulométrico de los agregados (agregado fino)

Dicho ensayo se efectuó con 1059.64 gramos de agregado fino. Muestra seca (g), 993.08, después del lavado y 6.281 (% Perdida).

Tabla 8. Análisis granulométrico por tamizado

	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Pagina	1 de 1
		Aprobado:	JRH

Informe N°: LSCP - 18 - 1123

Fecha Emision: 18/10/2018

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material

UBICACIÓN : Tacna - Tarata - Tacna

MUESTRA : Muestra N° 1

FECHA : 18 de Octubre de 2018

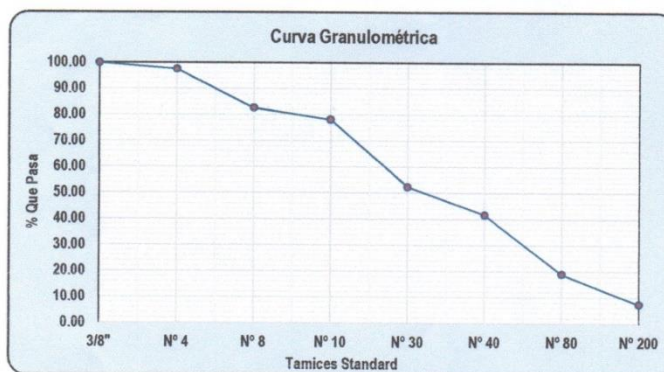
MATERIAL : Agregado fino

Km / Prog : -

PROF. : -

MARGEN : -

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observación
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo del agregado N°30
N° 4	4.760	25.84	2.44	2.44	97.56	W. Muestra seca (g) 1059.64
N° 8	2.380	158.14	14.92	17.36	82.64	W. Muestra despues lavado (g) 993.08
N° 10		46.94	4.43	21.79	78.21	% Perdida 6.281
N° 30	0.590	274.14	25.87	47.66	52.34	
N° 40		113.07	10.67	58.33	41.67	
N° 80		241.28	22.77	81.10	18.90	
N° 200	0.075	122.65	11.57	92.68	7.32	
Base		77.58	7.32	100.00	0.00	
Total		1059.64	-	-	-	



Observación:

- Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g mínimo.
- El material fue proporcionado por el solicitante.

INGESERVICIOS S.A.C.

Juan B. Rosales Heredia
Ing. Civil CIP: 790188
JEFE DE LABORATORIO
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Fernando K. Incacutipa Aguilar
LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


Alfonso Ugarte II Etapa – Edificio N° 32 Dpto. 201 – Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Telefax: 052 401047 – Celular: 966526767 – Email: jrosales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Ensayo granulométrico de los agregados (agregado grueso)

Peso específico y absorción de los agregados finos y gruesos.

Tabla 9. Ensayo de agregado grueso

 IngeServicios S.A.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version:	Fecha:
			01	15/02/2015
			Página	1 de 1
		Aprobado:	JRH	

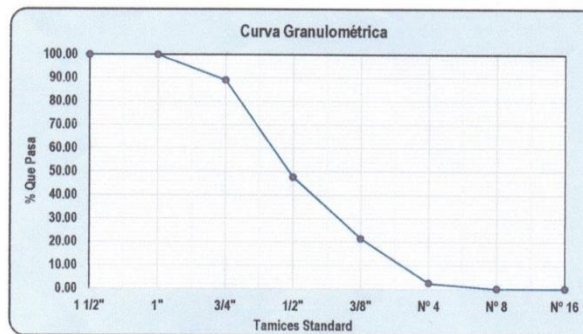
Informe N°: LSCP - 18 - 1124

Fecha Emisión: 18/10/2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018	
SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza	MATERIAL : Agregado Grueso
ESTUDIO : Calidad del Material	Km / Prog : -
UBICACIÓN : Tacna - Tarata - Tacna	PROF. : -
MUESTRA : Muestra N° 1	MARGEN : -
FECHA : 18 de Octubre de 2018	

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observación
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo del agregado
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	1/2"
3/4"	19.050	947.64	10.96	10.96	89.04	W. Muestra seca (g)
1/2"	12.700	3580.32	41.39	52.35	47.65	8649.37
3/8"	9.525	2271.40	26.26	78.61	21.39	W. Muestra después lavado (g)
N° 4	4.760	1637.07	18.93	97.54	2.46	8649.37
N° 8	2.380	212.94	2.46	100.00	0.00	% Perdida
N° 16	1.190	0.00	0.00	100.00	0.00	0.000
Base		0.00	0.00	100.00	0.00	
Total		8649.37	-	-	-	



INGESERVICIOS S.A.C.

Juan A. Rosales Heredia
 Ing. Civil U.P. 75088
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Fernando K. Incautipa Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Observación:
 - Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g mínimo.
 - El material fue proporcionado por el solicitante.

Alfonso Ugarte II Etapa - Edificio N° 32 Dpto. 201 - Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna
 Telefax.: 052 401047 - Celular: 966526767 - Email: jrosales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Fuente: Elaboración propia

Importancia del peso específico

- ✓ Sirve para separar el material bueno del malo.
- ✓ Precia el espacio ocupado por partículas
- ✓ Es válido para determinar el porcentaje de hoyos en agregado.

3.2.2 Ensayo absorción

Se hallará el incremento de peso de los agregados respecto al líquido

Norma del ensayo de absorción

Tabla 10. Ensayo de absorción

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Absorción	MTC E 206	1,03% máx.	1,03% máx.

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, junio 2013

Tabla 11. Resultado peso específico y absorción del agregado fino

GRAVEDAD ESPECIFICA (ARENA)			
ITEM	MUESTRAS		
	GEF-1	GEF-2	GEF-3
Volumen de recipiente (cc)	500.00	500.00	500.00
W. Tara (g)	86.92	87.45	103.23
W. Tara + Muestra SSS (g)	595.99	600.48	611.48
W. Muestra + Fiola + Agua (g)	988.69	987.95	977.61
W. Fiola + Agua (g)	668.28	665.13	657.94
W. Muestra SSS (g)	509.07	513.03	508.25
Peso específico aparente (g/cc)	2.671	2.670	2.668
Peso específico SSS (g/cc)	2.698	2.697	2.695
Peso específico nominal (g/cc)	2.746	2.745	2.743
Peso esp. aparente (g/cc)	2.670		
Peso específico SSS (g/cc)	2.697		
Peso específico nominal (g/cc)	2.744		

INGESERVICIOS S.A.C.

Juan R. Rosales Heredia
 Ing. Civil CIP. 79088
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Resultado peso específico y absorción del agregado grueso

PESO ESPECIFICO (PIEDRA)			
ITEM	MUESTRAS		
	PEG-1	PEG-2	PEG-3
Volumen de recipiente (cc)	1000	1000	1000
W. Tara (g)	123.99	121.73	122.84
W. Tara + Muestra SSS (g)	642.28	644.58	653.07
Volumen Inicial (ml)	500.00	550.00	600.00
Volumen Final (ml)	700.00	755.00	805.00
W. Muestra SSS (g)	518.29	522.85	530.23
Volumen desplazado (ml)	200.00	205.00	205.00
Peso Especifico (g/cc)	2.591	2.550	2.586
Peso Especifico (Prom.)(g/cc)		2.576	

Fuente: Elaboración propia, octubre 2018

3.3 Equivalente de arena


Este ensayo tiene como objetivo obtener el equivalente de arena de la muestra granulométrica del agregado.

Tabla 13. Ensayo de equivalente de arena

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, octubre 2018

Tabla 14. Resultado equivalente de arena

 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página	1 de 1
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1117

Fecha Emision: 18/10/2018

EQUIVALENTE DE ARENA

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material

UBICACIÓN : Tacna - Tarata - Tacna

MUESTRA : Muestra N° 1

FECHA : 18 de Octubre de 2018

MATERIAL : Agregado fino

Km / Prog : -

PROF. : -

MARGEN : -

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	EQA-1	EQA-2	EQA-3
W. tara (g)	15.93	15.93	15.93
W. Muestra + Tara (g)	153.73	141.99	146.25
W. Muestra (g)	137.80	126.06	130.32
Hora de entrada a saturación	16:20:00	16:24:00	16:26:00
ra de salida de saturación (10 min)	16:30:00	16:34:00	16:36:00
Hora de decantación (20 Min)	16:52:00	16:56:00	16:58:00
Altura del Material Fino (pulg)	8.20	7.90	8.30
Altura de la arena (pulg)	4.30	4.05	4.30
Altura del Material Fino (mm)	208.28	200.66	210.82
Altura de la arena (mm)	109.22	102.87	109.22
Equivalente de Arena (%)	53	52	52

INGESERVICIOS S.A.C.

Juan R. Rosales Heredia
 Ing. Civil CIP. 79088
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Fernando X. Incacutipa Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

3.4 Ensayo de partícula con caras de fractura

Es vital, porque tiene como objetivo determinar las caras de fractura habidas en el agregado grueso.

Se precisa de mayor número de caras porque eso facilita adherirse mejor.

Se detalla los pasos para fijar porcentaje, en peso del material que presenta una, dos o más caras fracturadas de agregados pétreos.

Tabla 15. Ensayo caras fracturadas

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Resultado ensayo de caras fracturadas


DESCRIPCION	Peso Total	Peso Muestra (B)	% Caras de Fracturas		% Caras de Fracturas (E.)	
			1 a más	2 a más	1 a más	2 a más
MALLAS SERIE AMERICANA	Retenido en Malas (A)	1 a más	1 a más	2 a más	1 a más	2 a más
2" - 1½"						
1 ½" - 1"						
1" - ¾"	564.74	524.98	73.82	68.62	502.14	466.79
¾" - ½"	443.26	416.39	88.41	83.05	4175.21	3922.11
½" - 3/8"	173.90	150.42	86.59	74.90	2286.51	1977.78
		6963.86	6366.68			

% CARAS DE FRACTURAS 1 A MAS: 86.58%

% CARAS DE FRACTURAS 2 A MAS: 79.15%

Fuente: Elaboración propia, octubre 2018

Tabla 17. Resultado porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso

 <p>IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Pagina	1 de 1
		Aprobado:	JRH

Informe N°: LSCP - 18 - 1118

Fecha Emision: 18/10/2018

**PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL
AGREGADO GRUESO**

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material

UBICACIÓN : Tacna - Tarata - Tacna

MUESTRA : Muestra N° 1

FECHA : 18 de Octubre de 2018

MATERIAL : Agregado grueso

Km / Prog : -

PROF. : -

MARGEN : -

GRANULOMETRIA POR TAMIZADO

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	765.02	6.80	6.80	93.20
1/2"	12.700	5311.30	47.23	54.03	45.97
3/8"	9.525	2969.93	26.41	80.44	19.56
Base		2200.39	19.56	100.00	0.00
Total		11246.64		W. Muestra Seca (g): 11246.64	

Partículas con una Cara Fracturada

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	% Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	93.20	6.80	765.02	564.74	73.82	502.14
3/4"	1/2"	45.97	47.23	501.37	443.26	88.41	4175.21
1/2"	3/8"	19.56	26.41	200.84	173.90	86.59	2286.51
Total			80.44	1467.23	1181.90	248.82	6963.86

Partículas con una Cara Fracturada (%): 86.58

Partículas con dos o más Caras Fracturadas

Tamices ASTM		Tamaño de Partícula		W. Muestra (g)	W. Muestra Fracturada (g)	% Partícula Fracturada	Promedio Partículas Fracturadas (%)
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	% Que pasa	% Retenido Parcial				
2"	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	73.82	6.80	765.02	524.98	68.62	466.79
3/4"	1/2"	88.41	47.23	501.37	416.39	83.05	3922.11
1/2"	3/8"	86.59	26.41	200.84	150.42	74.90	1977.78
Total			80.44	1467.23	1091.79	226.57	6366.68

Partículas con dos o más Caras Fracturadas (%): 79.15

INGESERVICIOS S.A.C.


Juan R. Rosales Heredia
 Ing. Civil CIP 79088
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


Fernando K. Tucacutipa Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

3.5 Ensayo abrasión ángeles ASTM C-535.

En este caso se busca lograr el porcentaje de desgaste de los agregados menores a 37.5 mm (1 ½”) y gruesos mayores de 19 mm (¾”), mediante la maquinaria los Ángeles.

Este ensayo determina si los agregados gruesos, resisten esfuerzos y desgastes a través de dicha maquinaria.

El resultado se logra con la resta de pesos del inicio y el retenido en el tamiz de 1.70mm. (N° 12), fijado en %.

El desgaste nos permite saber lo que ocasiona así como su alteración, pobre resistencia de estructura, entre otros aspectos relevantes para evaluar los resultados objetivamente.

Tabla 18. Ensayo de abrasión

ensayos	norma	requerimiento altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, Junio 2013

3.6 Combinación de agregados

Por causas diversas de efectuarán combinados de agregados, con tal de alinearse a la gradación establecida. De diversas formas se puede lograr, sea por dosificación o gráfica.

Este ensayo determina la proporción de arena y piedra, para la mezcla, para la mezcla asfáltica el agregado fino tiene que ser mayor que el agregado grueso. La proporción óptima para la combinación de agregados es de 54.78% de agregado fino y 45.22% de agregado grueso.

Tabla 19. Combinación de agregados



Fuente: Elaboración propia

3.7 Ensayo Contenido de Humedad


Los agregados son porosos, pudiendo contener líquido ya que presentan un nivel de humedad, siendo relevante para identificar su incidencia en la mezcla. A nivel de laboratorio tendremos el material relativamente seco con lo que se podrá comprobar lo requerido en humedad integral. De esta forma se procede con el secado y se hacen calcula para saber el % de humedad existente.

Se busca determinar el contenido de agua tiene el agregado en comparación al peso seco, evaluando según NTP.

Conclusiones

- ✓ Se analizó según NTP con fines de utilizar el agregado.
- ✓ Determinar el contenido de líquido comparativamente con el peso seco.

Tabla 20. Contenido de humedad

	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página	1 de 1
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1134 Fecha Emisión: 18/10/2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018			
SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza		MATERIAL :	-
ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)		Km / Prog :	-
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna		PROF. :	-
MUESTRA : Muestra N° 1		MARGEN :	-
FECHA : 18 de Octubre de 2018			

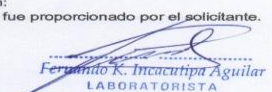
Agregado Fino

ITEM	CARACTERISTICAS	CHF-1	MUESTRA CHF-2	CHF-3
1	W. Tara (g)	62.45	58.10	59.61
2	W. Tara + Muestra Húmeda (g)	566.57	563.37	577.73
3	W. Tara + Muestra Seca (g)	565.25	562.20	576.37
4	W. Muestra Húmeda (g)	504.12	505.27	518.12
5	W. Muestra Seca (g)	502.80	504.10	516.76
6	W. Agua (g)	1.32	1.17	1.36
7	Contenido de Humedad (%)	0.263	0.232	0.263
8	Contenido de Humedad (%)		0.253	


Agregado Grueso

ITEM	CARACTERISTICAS	CHG-1	MUESTRA CHG-2	CHG-3
1	W. Tara (g)	130.54	115.97	123.21
2	W. Tara + Muestra Húmeda (g)	643.71	622.01	634.11
3	W. Tara + Muestra Seca (g)	640.38	618.81	630.65
4	W. Muestra Húmeda (g)	513.17	506.04	510.90
5	W. Muestra Seca (g)	509.84	502.84	507.44
6	W. Agua (g)	3.33	3.20	3.46
7	Contenido de Humedad (%)	0.653	0.636	0.682
8	Contenido de Humedad (%)		0.657	

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.



Fernando K. Incacutipa Aguilar
LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto



INGESERVICIOS S.A.C.
Juan R. Rosales Heredia
CIVIL CIP 70809
JEFE DE LABORATORIO
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Alfonso Ugarte II Etapa – Edificio N° 32 Dpto. 201 – Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Telefax.: 052 401047 – Celular: 966526767 – Email: jrosales@ingeservicios.com.pe – Web: www.ingeservicios.com.pe

Fuente: Elaboración propia

3.8 Ensayo Sales Totales – Cloruros – Sulfatos. (Agregado grueso y fino)

Fijar procesos de cristalización con fines de saber el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases mezclas bituminosas. Con esto se hacer seguimientos en el trabajo, ya que resulta fácil identificar la cantidad de sales presentes.

Tabla 21. Sales totales – cloruros - sulfatos

 IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version:	Fecha:
			01	15/02/2015
			Página:	1 de 1
		Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1146 Fecha Emisión: 18/10/2018

SALES TOTALES - CLORUROS - SULFATOS

PROYECTO: Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018			
SOLICITANTE: Karla Jennifer, Capcha Espinoza			
ESTUDIO: Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)		MATERIAL: Agregado Grueso	
UBICACIÓN: Tacna - Tacna - Tacna		Km / Prog.: -	
MUESTRA: Muestra N° 1		PROF.: -	
FECHA: 18 de Octubre de 2018		MARGEN: -	

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	SCS-1	SCS-2	SCS-3
Sales totales (ppm)	2640.000	3440.000	4160.000
Cloruros (ppm)	1346.400	1754.400	2121.600
Sulfatos (ppm)	1082.400	1410.400	1705.600

RESULTADOS	
Sales totales (ppm)	3413.333
Cloruros (ppm)	1740.800
Sulfatos (ppm)	1399.467


Fernando K. Incaculipa Aguilar
 LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


INGESERVICIOS S.A.C.
Juan F. Rosales Hierro
Ingeniero Civil
 JEFE DE LABORATORIO
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


Alfonso Ugarte II Etapa - Edificio N° 32 Dpto. 201 - Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna
 Telefax: 052 401047 - Celular: 966526767 - Email: jrosales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Fuente: Elaboración propia

3.9. Resumen de Procedimiento

La muestra de agregado pétreo entra en frecuentes lavados mediante agua destilada y con reactivos químicos se identifica el contenido de sales, identificando precipitados a la vista. Tomamos una parte proporcional del agua total del lavado y cristalizamos con fines de encontrar el total de sales existentes.

Tabla 23. Durabilidad de sulfato de sodio y de magnesio – agregado grueso

 <p>IngeServicios S.A.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página	1 de 1
		Aprobado:	JRH

Informe N°: LSCP - 18 - 1150

Fecha Emision: 18/10/2018

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO

PROYECTO: Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE: Karla Jennifer, Capoha Espinoza

ESTUDIO: Calidad del Material - (Carretera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)

UBICACIÓN: Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA: Muestra N° 1

FECHA: 18 de Octubre de 2018

MATERIAL: Agregado Grueso

Km / Prog: -

PROF.: -

MARGEN: -

GRANULOMETRIA						DATOS DEL ENSAYO
Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Solución de empleada en los ensayos
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Sulfato de sodio
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Sulfato de magnesio
3/4"	19.000	1055.96	12.05	12.05	87.95	X
1/2"	12.500	3801.59	41.10	53.15	46.85	
3/8"	9.500	2151.44	24.55	77.70	22.30	
N°4	4.750	1647.42	18.80	96.50	3.50	
Base		306.60	3.50	100.00	0.00	
Total		8763.00	-	-	-	W. Muestra (g): 8763.00

DURABILIDAD							
TAMICES (ASTM)		% Retenido	W. fracción antes del ensayo (g)	Fracciones después del ensayo (g)	Pérdidas por tamaños (g)	Pérdidas (%)	% Perdidas corregido
Pasa	Retiene						
2"	1 1/2"	0.00	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	0.00	-	-	-	-	-
1"	3/4"	12.05	1055.96	1022.53	33.43	3.17	0.381
3/4"	1/2"	41.10	673.12	663.84	9.28	1.38	0.567
1/2"	3/8"	24.55	302.41	296.35	6.06	2.00	0.492
3/8"	N°4	18.80	298.63	291.07	7.56	2.53	0.476
Total (%):						1.916	

RESULTADOS
% Perdida
1.916

Observación:

El material fue proporcionado por el solicitante.

Fernando K. Incentiva Aguilar
LABORATORISTA
Mediadora de Suelos, Pavimentos y Concreto


INGESERVICIOS S.A.C.

Juan A. Flores Flores
Ingeniero Civil - 75086
INGENIERO EN SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

Alfonso Ugarte II Etapa - Edificio N° 32, Dpto. 201 - Distrito de Gregorio Albarrocin - Tacna
Teléfono: 052 401047 - Celular: 99526767 - Email: info@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (agregado fino)

 IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version:	Fecha:
			01	15/02/2015
			Página	1 de 1
		Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1151

Fecha Emisión: 18/10/2018

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)

MATERIAL : Agregado Fino

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

Km / Prog : -

MUESTRA : Muestra N° 1

PROF. : -

FECHA : 18 de Octubre de 2018

MARGEN : -

GRANULOMETRIA

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Solución de empleada en los ensayos
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Sulfato de sodio
N° 4	4.760	111.99	1.97	1.97	98.03	-
N° 8	2.380	818.51	14.38	16.34	83.66	Sulfato de magnesio
N° 16	1.190	364.11	6.40	22.74	77.26	X
N° 30	0.590	1325.04	23.27	46.02	53.98	
N° 50	0.300	631.16	11.09	57.10	42.90	
N° 100	0.149	1343.92	23.61	80.71	19.29	
Base		1098.28	19.29	100.00	0.00	
Total		5693.00	-	-	-	W. Muestra (g): 5693.00

DURABILIDAD

TAMICES (ASTM)		% Retenido	W. fracción antes del ensayo (g)	Fracciones despues del ensayo (g)	Pérdidas por tamaños		% Perdidas corregido
Pasa	Retiene				(g)	(%)	
-	3/8"	0.00	-	-	-	-	-
3/8"	N° 4	1.97	101.20	94.38	6.82	6.74	0.133
N° 4	N° 8	14.38	100.35	97.61	2.74	2.73	0.393
N° 8	N° 16	6.40	100.00	96.87	3.13	3.13	0.200
N° 16	N° 30	23.27	102.64	100.85	1.79	1.74	0.406
N° 30	N° 50	11.09	101.33	99.26	2.07	2.04	0.226
N° 50	N° 100	23.61	-	-	-	-	-
Total (%) :							1.358

RESULTADOS
% Perdida
1.358

Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.

Fernando K. Incañan Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

INGESERVICIOS S.A.C.

Juan P. Rosales Haradía
 Ing. Civil 75089
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Alfonso Ugarte II Etapa - Edificio N° 32 Dpto. 201 - Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna

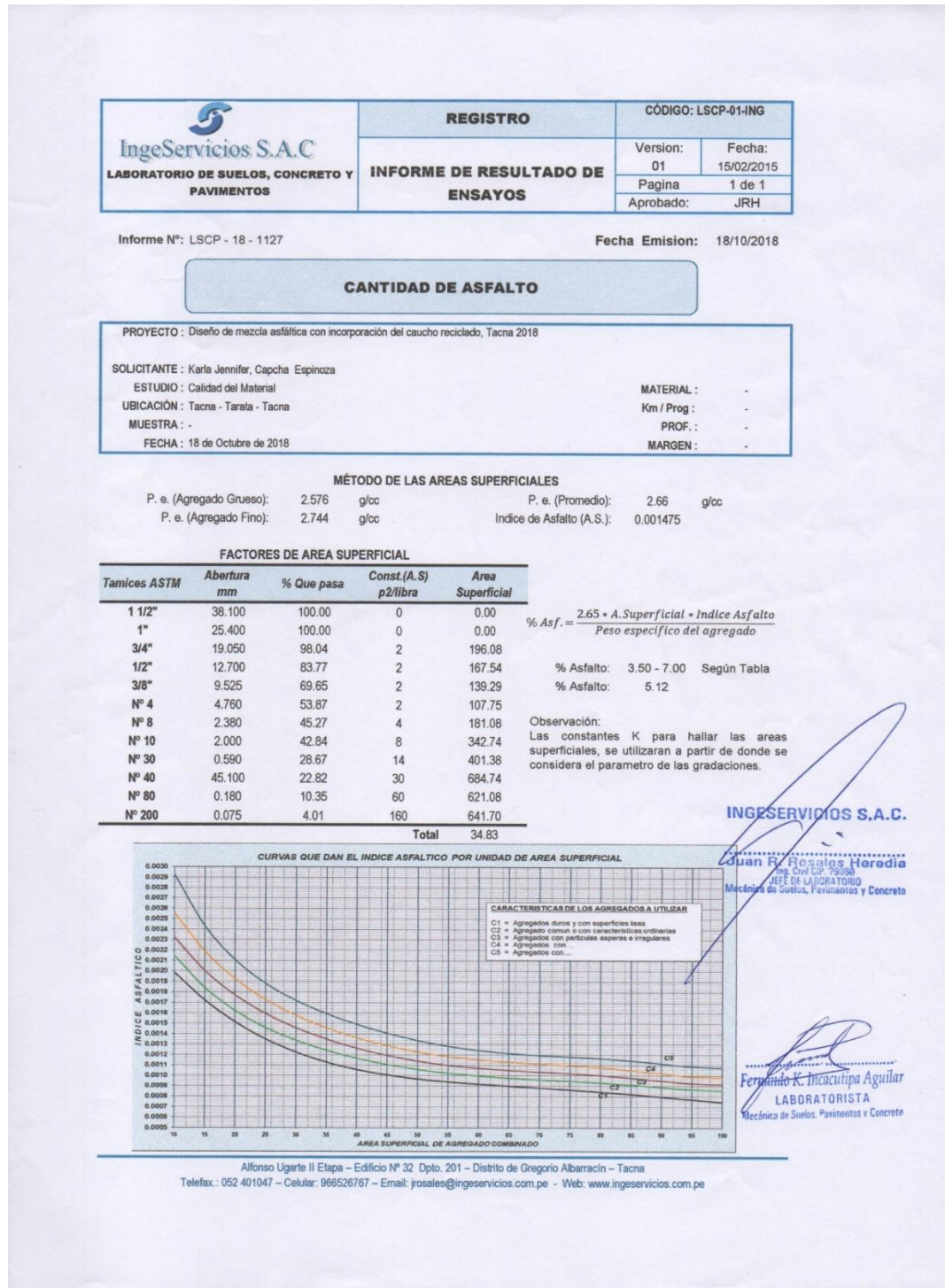
Teléfono : 052 401047 - Celular : 98526767 - Email : ingesar@ingeservicios.com.pe - Web : www.ingeservicios.com.pe

Fuente: Elaboración propia

3.11 Cantidad de asfalto

Con este ensayo se da la determinación cuantitativa del asfalto para mezclas asfálticas en caliente y muestras de pavimentos.

Tabla 25. Cantidad de asfalto




Fuente: Elaboración propia

3.12 Calidad del material para asfalto

Existen diversos tipos de ensayos para definir las características favorables del material respecto a agregados en diseño de mezcla asfáltica en caliente, entre ellos tenemos: porcentaje de caras fracturadas, sales solubles, equivalente de arena, entre otros.

Tabla 26. Calidad de material para asfalto

 <p>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página	1 de 1
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1147 Fecha Emision: 18/10/2018

CALIDAD DEL MATERIAL PARA ASFALTO

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata) **MATERIAL :** -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna **Km / Prog :** -

MUESTRA : Agregado Grueso y Agregado fino **PROF. :** -

FECHA : 18 de Octubre de 2018 **MARGEN :** -

Análisis Granulométrico Por Tamizado			
Tamices ASTM	Abertura mm	% Que Pasa	Gradación
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	100.00	100
3/4"	19.050	98.04	80 - 100
1/2"	12.700	83.77	67 - 85
3/8"	9.525	69.65	60 - 77
Nº 4	4.760	53.87	43 - 54
Nº 8	2.380	45.27	
Nº 10	2.000	42.84	29 - 45
Nº 30	0.590	28.67	
Nº 40	45.100	22.82	14 - 25
Nº 80	0.180	10.35	8 - 17
Nº 200	0.075	4.01	4 - 8

Aceptabilidad: **Aceptado**

Sales Solubles (Agregado Fino)		
Característica	Laboratorio	Norma EG-2013
Sales Solubles (%):	0.448	0.500
Sales Solubles (ppm):	4480.00	5000

Aceptabilidad: **Aceptado**

Sales Solubles (Agregado Grueso)		
Característica	Laboratorio	Norma EG-2013
Sales Solubles (%):	0.341	0.500
Sales Solubles (ppm):	3413.33	5000

Aceptabilidad: **Aceptado**

Equivalente de arena		
Característica	Laboratorio	Norma EG-2013
Equivalente de arena (%):	61	60% min

Aceptabilidad: **Aceptado**

Abrasión Los Angeles		
Característica	Laboratorio	Norma EG-2013
Desgaste (%):	17.720	40% Max.

Aceptabilidad: **Aceptado**

Porcentaje de Caras Fracturadas		
Característica	Laboratorio	Norma EG-2013
Con una cara fracturada (%):	86.580	85% Min.
En dos o más cara fracturada (%):	79.150	50% Min.

Aceptabilidad: **Aceptado**

CONCLUSIONES:

- El ensayo de sales solubles es **aceptable** con el margen establecido en el Manual de carreteras EG-2013 para asfaltos en caliente.
- El porcentaje de desgaste del agregado grueso es **aceptable** con lo establecido en el Manual de carreteras EG-2013 para asfaltos en caliente.
- El ensayo de equivalente de arena es **aceptable** con lo especificado en el Manual de Carreteras EG-2013 para asfalto en caliente.
- El porcentaje de caras fracturadas es **aceptable** con lo especificado en el Manual de Carreteras EG-2013 para asfalto en caliente.
- Para obtener resultados con una **confiabilidad aceptable** se deben realizar como mínimo 5 muestras por ensayo y llevar un control de calidad eficiente, con la finalidad de no obtener resultados discutibles con el material analizado.
- Los ensayos se realizaron para especificaciones técnicas de vías de alto tránsito del Manual de carreteras EG-2013 para asfalto en caliente.

INGESERVICIOS S.A.C.

Juan R. Rosales Heredia
Ing. Civil D.P. 75088
JEFE DE LABORATORIO
Mecánica de Suelos, Pavimentación y Concreto

Fernando R. Incaucapina Aguilar
LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Pavimentación y Concreto

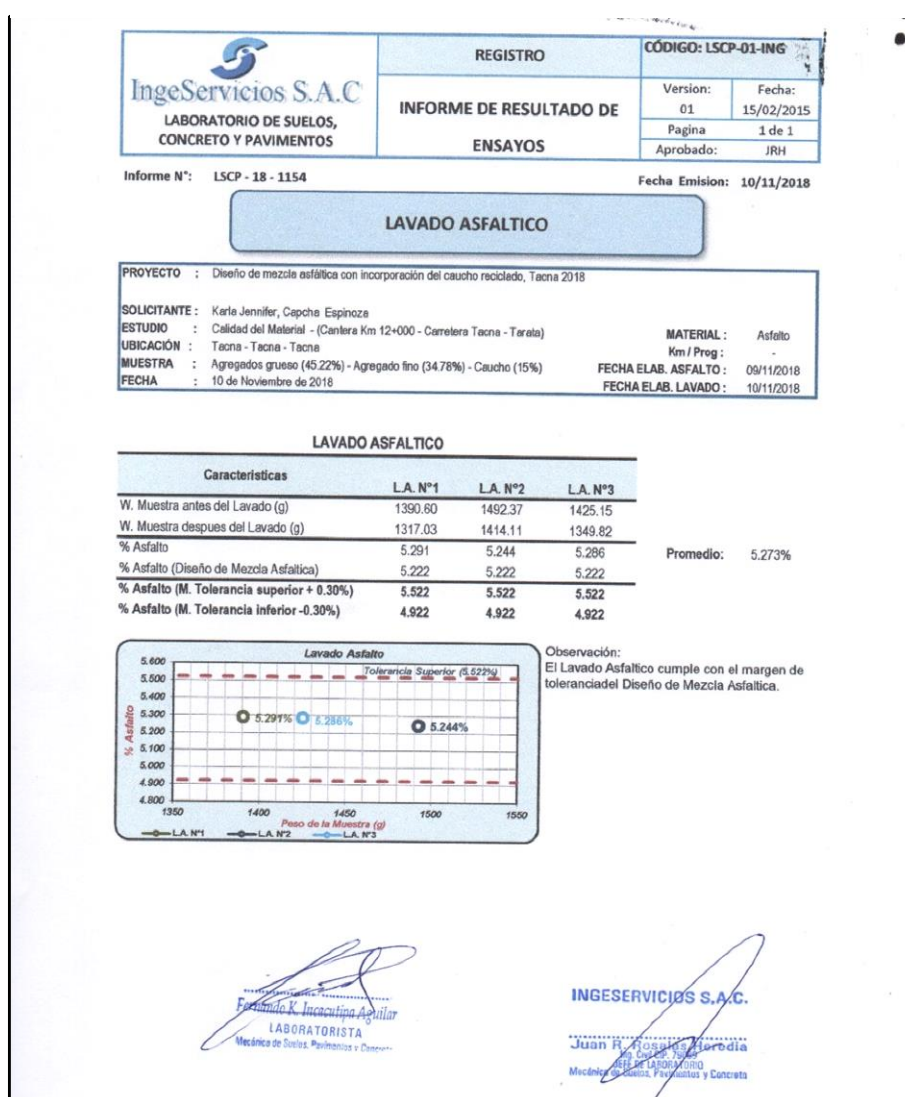
Alfonso Ugarte II Etapa – Edificio N° 32. Dpto. 201 – Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Telefax: 052 401047 – Celular: 966526767 – Email: jrosales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Fuente: Elaboración propia

3.13 Ensayo Lavado asfáltico


Este ensayo determina % de asfalto y la granulometría para mezcla, a través del ensayo del lavado asfáltico. Es importante que se tenga la proporción adecuada durante el estudio y desarrollo de la obra. Lo precisado en asfalto se relaciona con el agregado respecto a granulometría y la capacidad de absorción. El primero se asocia con la cantidad de asfalto. El área de la superficie está relacionada con el contenido de agregado fino o grueso y con ello se identifica si tiene mayor o menor área.

Tabla 27. Lavado asfáltico 1



Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Lavado asfáltico 2

 IngeServicios S.A.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página	1 de 1
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1153

Fecha Emision: 10/11/2018

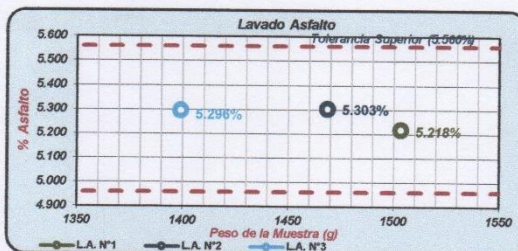
LAVADO ASFALTICO

PROYECTO :	Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018		
SOLICITANTE :	Karla Jennifer, Capcha Espinoza		
ESTUDIO :	Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)	MATERIAL :	Asfalto
UBICACIÓN :	Tacna - Tacna - Tacna	Km / Prog :	-
MUESTRA :	Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (44.78%) - Caucho (10%)	FECHA ELAB. ASFALTO :	09/11/2018
FECHA :	10 de Noviembre de 2018	FECHA ELAB. LAVADO :	10/11/2018

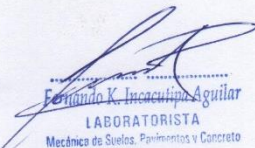
LAVADO ASFALTICO

Características	L.A. N°1	L.A. N°2	L.A. N°3
W. Muestra antes del Lavado (g)	1503.47	1468.51	1399.04
W. Muestra despues del Lavado (g)	1425.02	1390.64	1324.95
% Asfalto	5.218	5.303	5.296
% Asfalto (Diseño de Mezcla Asfáltica)	5.260	5.260	5.260
% Asfalto (M. Tolerancia superior + 0.30%)	5.560	5.560	5.560
% Asfalto (M. Tolerancia inferior -0.30%)	4.960	4.960	4.960

Promedio: 5.272%




Observación:
El Lavado Asfáltico cumple con el margen de tolerancia del Diseño de Mezcla Asfáltica.


Fernando K. Incautipa Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


INGESERVICIOS S.A.C.
Juan R. Rosales Heredia
 Ing. Civil Exp. 2008
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Tabla 29. Lavado asfáltico 3

 IngeServicios S.A.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página	1 de 1
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1152

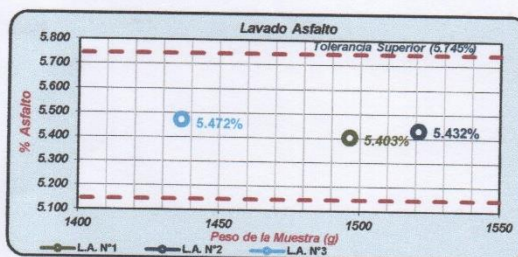
Fecha Emision: 10/11/2018

LAVADO ASFALTICO

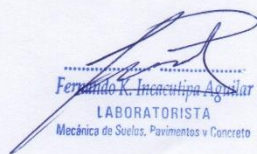
PROYECTO :	Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018		
SOLICITANTE :	Karla Jennifer, Capcha Espinoza		
ESTUDIO :	Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)	MATERIAL :	Asfalto
UBICACIÓN :	Tacna - Tacna - Tacna	Km / Prog :	-
MUESTRA :	Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (54.78%)	FECHA ELAB. ASFALTO :	09/11/2018
FECHA :	10 de Noviembre de 2018	FECHA ELAB. LAVADO :	10/11/2018

LAVADO ASFALTICO

Características	L.A. N°1	L.A. N°2	L.A. N°3	Promedio:
W. Muestra antes del Lavado (g)	1496.34	1520.88	1436.52	
W. Muestra despues del Lavado (g)	1415.49	1438.27	1357.91	
% Asfalto	5.403	5.432	5.472	5.436%
% Asfalto (Diseño de Mezcla Asfaltica)	5.445	5.445	5.445	
% Asfalto (M. Tolerancia superior + 0.30%)	5.745	5.745	5.745	
% Asfalto (M. Tolerancia inferior -0.30%)	5.145	5.145	5.145	



Observación:
El Lavado Asfáltico cumple con el margen de tolerancia del Diseño de Mezcla Asfaltica.


Fernando X. Incautipa Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


INGESERVICIOS S.A.C.
Juan P. Rosales Heredia
 Ing. Civil
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


Fuente: Elaboración propia

3.14 Límites de Atterberg

En este caso podemos decir que son propiedades índices de los suelos, mediante el cual definimos su plasticidad y mediante ello se puede hacer una buena diferenciación de

Tabla 30. Límite de Atterberg I

los suelos según sus características.

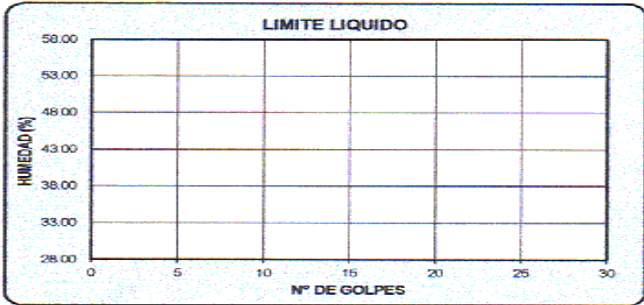
	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version: 01	Fecha: 15/02/2015
		Página: 1 de 1		
		Aprobado: JRH		

Informe N°: LSCP - 18 - 1148 Fecha Emisión: 18/10/2018

LIMITES DE ATTEBERG (NPT 339.129)

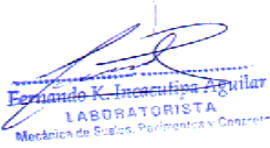
PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018				
SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza				
ESTUDIO : Calidad del Material - (Cartera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)				
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna				
MUESTRA : Muestra N° 1				
FECHA : 18 de Octubre de 2016				
MATERIAL : Agregado fino		Km / Prog : -		
PROF. : -		MARGEN : -		

CARACTERÍSTICA	LIMITE LIQUIDO			MUESTRA	LIMITE PLASTICO		
	1	2	3		1	2	3
N° Golpes	-	-	-	-	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-	-	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-	-	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-	-	-	-	-




RESULTADOS	
Límite Líquido (Multipunto) (%)	N.P
Límite Plástico (%)	N.P
Índice de Plasticidad Malla N°40 (%)	N.P

Observación:
- El material de fundación no presenta Límite líquido y límite plástico.



Fernando K. Incaclitiga Aguilar
LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto



INGESERVICIOS S.A.C.
Juan R. Rosales Arellano
Ing. Civil N° 17289
JEFE DE LABORATORIO
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Alfonso Ugarte II Etapa – Edificio N° 32 Dpto. 201 – Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Telefax: 052 401047 – Celular: 966526767 – Email: jrosales@ingeservicios.com.pe – Web: www.ingeservicios.com.pe

Tabla 31. Límite de Atterberg 2

 IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página:	1 de 1
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1148

Fecha Emision: 18/10/2018

LIMITES DE ATTEBERG (NPT 339.129)

PROYECTO: Diseño de mezola asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE: Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO: Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)

UBICACIÓN: Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA: Muestra N° 1

FECHA: 18 de Octubre de 2018

MATERIAL: Agregado fino

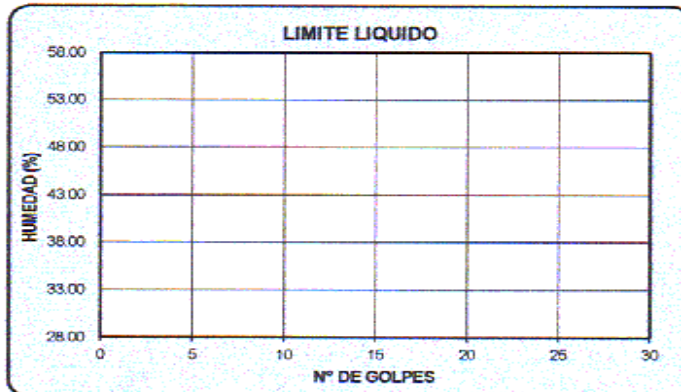
Km / Prog: -

PROF.: -

MARGEN: -

CARACTERISTICA	LIMITE LIQUIDO		
	MUESTRA		
	1	2	3
N° Golpes	-	-	-
W. Frasco (g)	-	-	-
W. Frasco + Suelo Humedo (g)	-	-	-
W. Frasco + Suelo Seco (g)	-	-	-
W. Agua (g)	-	-	-
W. Suelo Seco (g)	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	-	-	-

	LIMITE PLASTICO		
	MUESTRA		
	1	2	3
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-



RESULTADOS	
Límite Líquido (Multipunto) (%)	N,P
Límite Plástico (%)	N,P
Índice de Plasticidad Malla N°40 (%)	N,P

Observación:

- El material de fundación no presenta Límite líquido y límite plástico.

Fernando K. Incacutipa Aguilar
Fernando K. Incacutipa Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

INGESERVICIOS S.A.C.

Juan P. González Maredia
Juan P. González Maredia
 Ing. Civil N° 78288
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

3.15 Ensayo de Marshall (objetivos)

El ensayo Marshall nos permite definir lo requerido en asfalto en una mezcla de agregados; del mismo modo se conoce en mezcla asfáltica en caliente, determinando el cumplimiento de densidades y contenidos óptimos de vacío en la elaboración del pavimento, con este sabemos lo requerido en asfalto con ensayos volumétricos - mecánicos con diferentes cualidades físicas de las muestras tales como la densidad, entre otros.

Equipos utilizados


Se utilizó un agregado fino extraído de la cantera del (Km. 12 + 000 – Cantera Tacna – Tarata) ubicada en el departamento de Tacna, se utilizaron diferentes porcentajes de caucho para cada tipo de mezcla asfáltico, en la muestra 1 se utilizó un 10% de caucho, mientras que para la muestra 2 se utilizó 15% de caucho y una muestra convencional (sin caucho), para demostrar los beneficios que se obtienen al incrementar GCR a la mezcla asfáltica.



Ilustración 22. Ensayo Marshall

3.16 Informe óptimo de asfalto modificado con caucho (10% de caucho)

Tabla 32. Resistencia de mezcla

 <p>IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version:	Fecha:
			01	15/02/2015
			Pagina	1 de 1
		Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1151 Fecha Emision: 08/11/2018

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata) MATERIAL : -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna Km / Prog : -

MUESTRA : Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (44.78%) - Caucho (10%) PROF : -

FECHA : 8 de Noviembre de 2018 MARGEN : -

Determinación de la Cantidades Necesarias de Agregado y Asfalto

W.total de la Briqueta: 1200 g

% de Asfalto	Asfalto (gr)	AGREGADOS		
		45.22% Agregado grueso (g)	44.78% Agregado fino (g)	10.00% Filter (g)
4.50%	54	518.22	513.18	114.60
5.00%	60	515.51	510.49	114.00
5.50%	66	512.79	507.81	113.40
6.00%	72	510.08	505.12	112.80

Determinación del Espesor, Densidad Real y Gravedad Especifica de Bulk de la Mezcla Compactada

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"

% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	H ₃ (cm)	H ₄ (cm)	Promedio (cm)
4.50%	6.59	6.55	6.58	6.51	6.56
5.00%	6.43	6.48	6.44	6.50	6.46
5.50%	6.48	6.52	6.54	6.54	6.52
6.00%	6.35	6.40	6.38	6.41	6.39

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA COMPACTADA


% Asfalto	M _s	M _{SS}	M _{SUM}	G (kg/m ³)	G _{mb}
4.50%	1168	1188	660.56	2214.47	2.214
5.00%	1175	1189	664.22	2239.03	2.239
5.50%	1175	1190	671.15	2264.62	2.265
6.00%	1175	1192	670.08	2251.30	2.251

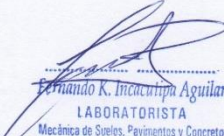
Es la optima ←

El ensayo Marshall analiza: estabilidad, fluencia, densidad y vacios

Determinación de la Estabilidad y Flujo

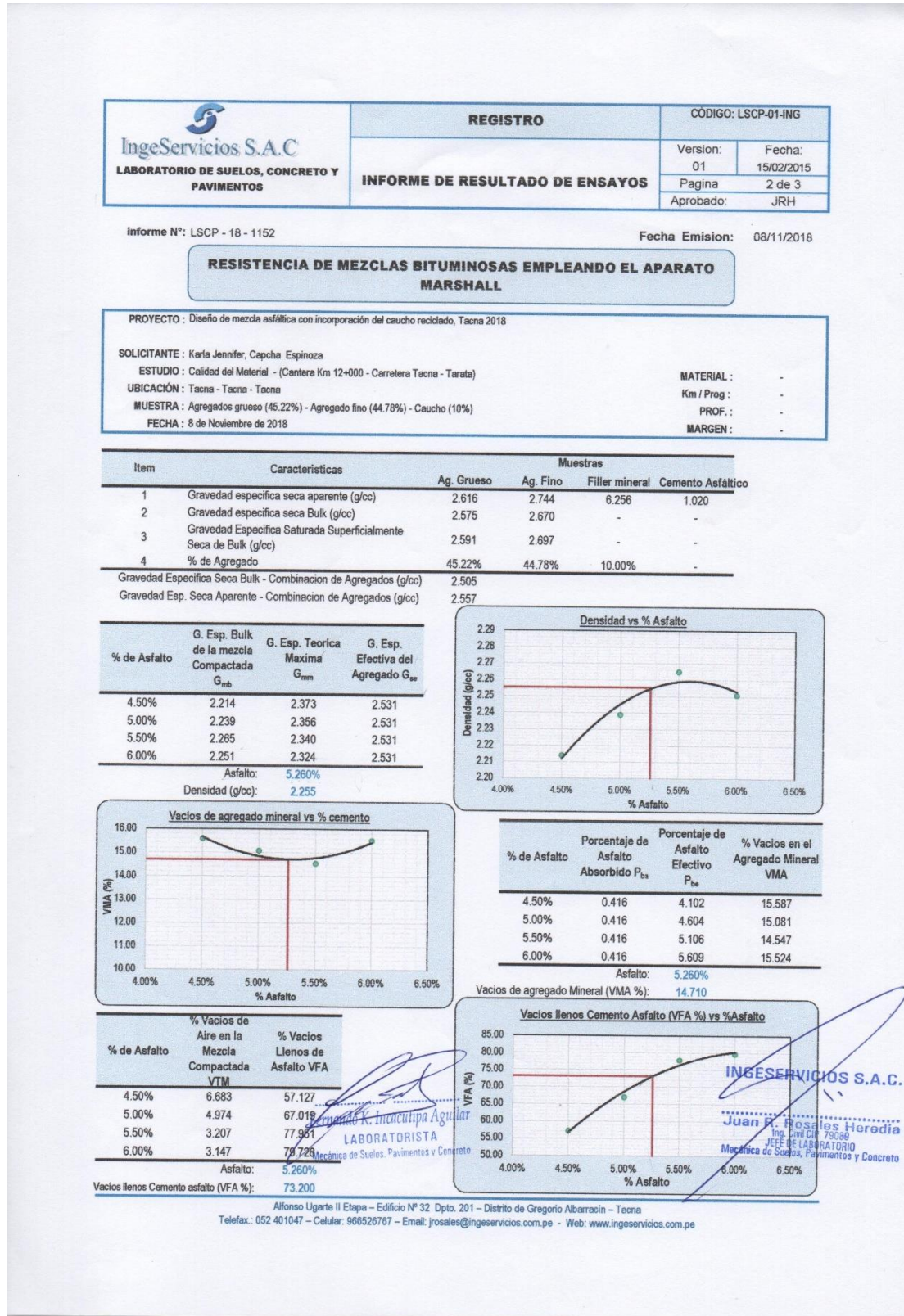
% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (kg)	Indice de Flujo 0.01" (mm)
4.50%	12.4	1359	3.30
5.00%	53.9	1348	3.46
5.50%	34.5	1329	3.55
6.00%	86.1	1313	3.63

INGESERVICIOS S.A.C.

 Juan R. Rosales Heredia
 Ing. Civil CIP 79088
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


 Fernando K. Incaucuyta Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


Alfonso Ugarte II Etapa - Edificio N° 32 Dpto. 201 - Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna
 Telefax.: 052 401047 - Celular: 966526767 - Email: jrosales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Tabla 33. Resistencias de mezclas bituminosas



3.17 Ensayo de Marshall – mezcla asfáltica modificada (15% de caucho)

Tabla 34. Ensayo de Marshall 1

 IngeServicios S.A.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version:	Fecha:
			01	15/02/2015
			Página	1 de 1
		Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1154 Fecha Emisión: 08/11/2018

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza	MATERIAL : -
ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)	Km / Prog : -
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna	PROF. : -
MUESTRA : Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (34.78%) - Caucho (15%)	MARGEN : -
FECHA : 8 de Noviembre de 2018	

Determinación de las Cantidades Necesarias de Agregado y Asfalto

W _{total} de la Briqueta:		1200 g		
	ASFALTO	AGREGADOS		
		45.22%	39.78%	15.00%
% de Asfalto	Asfalto (gr)	Agregado grueso (g)	Agregado fino (g)	Filler (g)
4.50%	54	518.22	465.88	171.90
5.00%	60	515.51	453.49	171.00
5.50%	66	512.79	451.11	170.10
6.00%	72	510.08	448.72	169.20

Determinación del Espesor, Densidad Real y Gravedad Específica de Bulk de la Mezcla Compactada

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"

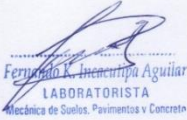
	Altura de las Probetas o Briquetas				
% de Asfalto	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	H ₃ (cm)	H ₄ (cm)	Promedio (cm)
4.50%	6.32	6.38	6.41	6.35	6.37
5.00%	6.16	6.20	6.19	6.23	6.20
5.50%	6.36	6.42	6.39	6.35	6.38
6.00%	6.48	6.53	6.51	6.57	6.52


DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA COMPACTADA

% Asfalto	M _s	M _{SS}	M _{SU}	G (kg/m ³)	G _{mb}
4.50%	1158	1183	653.34	2186.31	2.186
5.00%	1164	1189	662.31	2210.03	2.210
5.50%	1161	1190	660.07	2190.86	2.191
6.00%	1160	1191	661.18	2189.42	2.189

Determinación de la Estabilidad y Flujo


% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (kg)	Indice de Flujo 0.01" (mm)
4.50%	15.6	1303	3.34
5.00%	49	1292	3.45
5.50%	36	1286	3.56
6.00%	84.9	1271	3.60


Fernando L. Incahuasi Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto


Juan R. Rosales Heredia
 Ing. Civil, 75068
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Alfonso Ugarte II Etapa – Edificio N° 32 Dpto. 201 – Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
 Telefax.: 052 401047 – Celular: 966526767 – Email: jrosales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Tabla 35. Ensayo de Marshall 2

 <p>IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Pagina	2 de 3
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1155

Fecha Emision: 08/11/2018

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (34.78%) - Caucho (15%)

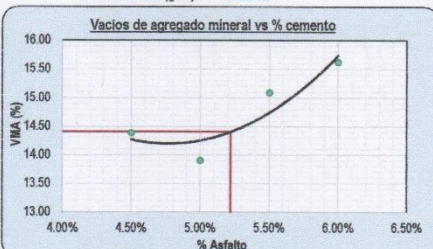
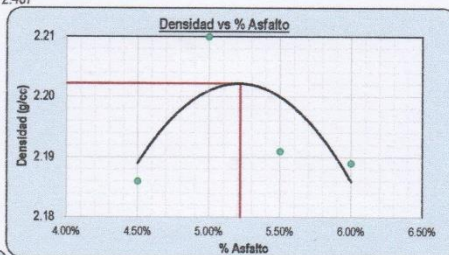
FECHA : 8 de Noviembre de 2018

MATERIAL : -
Km / Prog : -
PROF. : -
MARGEN : -

Item	Características	Muestras			
		Ag. Grueso	Ag. Fino	Filler mineral	Cemento Asfáltico
1	Gravedad específica seca aparente (g/cc)	2.616	2.744	6.256	1.020
2	Gravedad específica seca Bulk (g/cc)	2.575	2.670	-	-
3	Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk (g/cc)	2.591	2.697	-	-
4	% de Agregado	45.22%	39.78%	15.00%	-
Gravedad Específica Seca Bulk - Combinación de Agregados (g/cc)		2.438			
Gravedad Esp. Seca Aparente - Combinación de Agregados (g/cc)		2.487			

% de Asfalto	G. Esp. Bulk de la mezcla Compactada G_{mb}	G. Esp. Teórica Maxima G_{mm}	G. Esp. Efectiva del Agregado G_{se}
4.50%	2.186	2.315	2.463
5.00%	2.210	2.300	2.463
5.50%	2.191	2.285	2.463
6.00%	2.189	2.270	2.463

Asfalto: 5.220%
Densidad (g/cc): 2.202

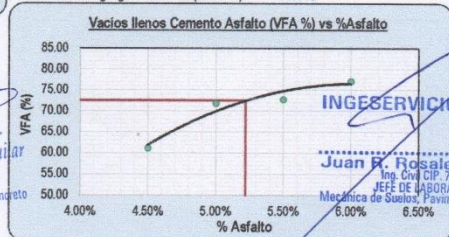


% de Asfalto	Porcentaje de Asfalto Absorbido P_{ba}	Porcentaje de Asfalto Efectivo P_{be}	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA
4.50%	0.410	4.108	14.388
5.00%	0.410	4.610	13.901
5.50%	0.410	5.112	15.091
6.00%	0.410	5.614	15.617

Asfalto: 5.220%
Vacíos de agregado Mineral (VMA %): 14.410

% de Asfalto	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
4.50%	5.584	61.193
5.00%	3.912	71.856
5.50%	4.109	72.770
6.00%	3.568	77.152


Asfalto: 5.220%
Vacíos Llenos Cemento asfalto (VFA %): 72.500



Germán K. Incacutipa Aguilar
LABORATORISTA

INGESERVICIOS S.A.C.
Juan R. Rosales Heredia
Ing. Civil CIP 75086
JEFE DE LABORATORIO
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

Tabla 36. Ensayo de Marshall 3

 IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version:	Fecha:
			01	15/02/2015
			Página	3 de 3
		Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1156

Fecha Emision: 08/11/2018

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (34.78%) - Caucho (15%)

FECHA : 8 de Noviembre de 2018

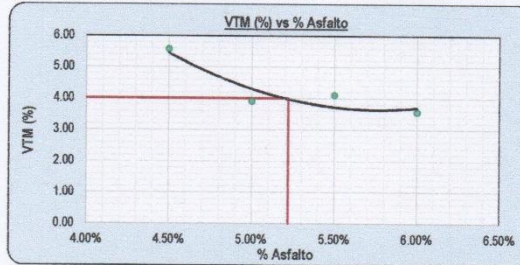
MATERIAL : -

Km / Prog : -

PROF. : -

MARGEN : -

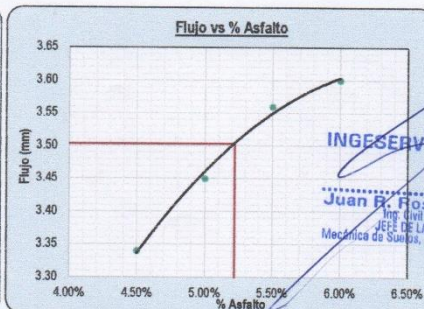
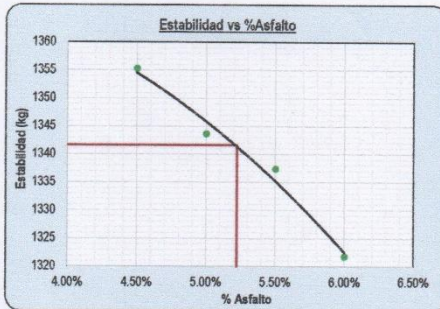
% de Asfalto	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
4.50%	5.584	61.193
5.00%	3.912	71.856
5.50%	4.109	72.770
6.00%	3.568	77.152
Asfalto:		5.222%
Vacios (VTM %):		4.000



Determinación de la Estabilidad y Flujo

% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (kg)	Estabilidad corregida (kg)	Indice Flujo 0.01" (mm)
4.50%	15.60	1303.00	1355.32	3.34
5.00%	49.00	1292.00	1343.68	3.45
5.50%	36.00	1286.00	1337.44	3.56
6.00%	84.90	1271.00	1321.84	3.60

Asfalto: 5.222%
Estabilidad (kg): 1341.64
Flujo (mm): 3.50



INGESERVICIOS S.A.C.
 Juan R. Rosales Heredia
 Ing. Civil 1998
 JEFE DE LABORATORIO
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

RESULTADOS

Características	% Asfalto	VMA (%)	VFA (%)	Vacios (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/Flujo (kg/cm)
EG - 2013	-	14 Min.	70 - 80	3 - 5	8 - 14	831 Min.	1700 - 4000
Valor obtenido	5.222%	14.41	72.5	4.000	3.50	1341.64	3829.97

Alfonso Ugarte II Etapa - Edificio N° 32 Dpto. 201 - Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna
 Telefax: 052 401047 - Celular: 966526767 - Email: jrosales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Eduardo K. Incautupa Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

3.18 Informe óptimo de asfalto convencional (sin caucho)

Tabla 37. Asfalto convencional

 <p>IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>	REGISTRO	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	
	Version: 01	Fecha: 15/02/2015
	Página: 1 de 1	Aprobado: JRH

Informe N°: LSCP - 18 - 1148

Fecha Emision: 08/11/2018

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

PROYECTO : Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer, Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (54.78%)

FECHA : 8 de Noviembre de 2018

MATERIAL : -

Km / Prog : -

PROF. : -

MARGEN : -

Determinación de la Cantidades Necesarias de Agregado y Asfalto

W_{total} de la Briqueta: 1200 g

% de Asfalto	ASFALTO		AGREGADOS		
	Asfalto (gr)	Agregado grueso (g)	Agregado fino (g)	Filler (g)	
4.50%	54	518.22	627.78	0.00	
5.00%	60	515.51	624.49	0.00	
5.50%	66	512.79	621.21	0.00	
6.00%	72	510.08	617.92	0.00	

Determinación del Espesor, Densidad Real y Gravedad Especifica de Bulk de la Mezcla Compactada

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"

% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	H ₃ (cm)	H ₄ (cm)	Promedio (cm)
4.50%	6.51	6.54	6.57	6.56	6.55
5.00%	6.40	6.43	6.41	6.48	6.43
5.50%	6.60	6.62	6.56	6.59	6.59
6.00%	6.29	6.34	6.30	6.33	6.32

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA COMPACTADA

% Asfalto	M _s	M _{SS}	M _{SUM}	G (kg/m ³)	G _{mb}
4.50%	1160	1175	672.26	2307.36	2.307
5.00%	1172	1178	673.48	2323.00	2.323
5.50%	1172	1180	683.15	2358.86	2.359
6.00%	1170	1176	670.09	2312.66	2.313

Determinación de la Estabilidad y Flujo

% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (kg)	Indice de Flujo 0.01" (mm)
4.50%	10.9	1296	3.34
5.00%	52	1294	3.45
5.50%	27	1286	3.56
6.00%	90	1275	3.60

INGESERVICIOS S.A.C.

Juan R. Rosales Alvarado
Ing. Civil en Puentes
JEFE DEL LABORATORIO
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto.

Fernando K. Inocentini Aguilar
LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto.

Tabla 38. Ensayo de resistencia

	REGISTRO	CODIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Página	2 de 3
		Aprobado:	JRH

Informe N°: LSCP - 18 - 1149

Fecha Emision: 08/11/2018

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

PROYECTO : Diseño de mezclas asfálticas con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jennifer Capcha Espinoza

ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+600 - Carretera Tacna - Tarata)

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

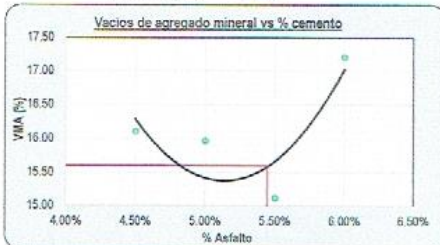
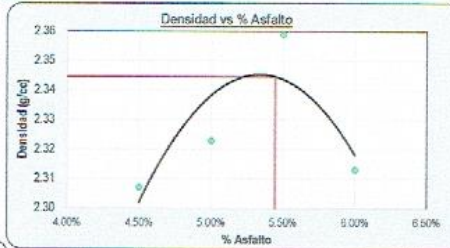
MUESTRA : Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (54.78%)

FECHA : 8 de Noviembre de 2010

MATERIAL : -
Km / Prog : -
PROF : -
MARGEN : -

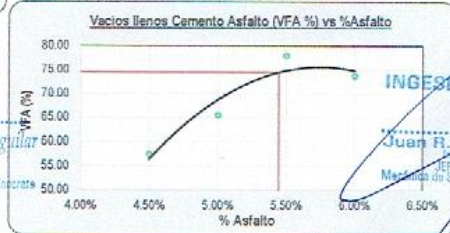
Item	Características	Muestras			
		Ag. Grueso	Ag. Fino	Filler mineral	Cemento Asfáltico
1	Gravedad específica seca aparente (g/cc)	2.616	2.744	-	1.020
2	Gravedad específica seca Bulk (g/cc)	2.575	2.670	-	-
3	Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk (g/cc)	2.591	2.697	-	-
4	% de Agregado	45.22%	54.78%	-	-
Gravedad Especifica Seca Bulk - Combinación de Agregados (g/cc)		2.626			
Gravedad Esp. Seca Aparente - Combinación de Agregados (g/cc)		2.605			

% de Asfalto	G. Esp. Bulk de la mezcla Compactada G_{mb}	G. Esp. Teórica Maxima G_{mm}	G. Esp. Efectiva del Agregado G_{se}
4.50%	2.307	2.477	2.655
5.00%	2.323	2.458	2.655
5.50%	2.359	2.440	2.655
6.00%	2.313	2.422	2.655
Asfalto: 5.445%		Densidad (g/cc): 2.345	



% de Asfalto	Porcentaje de Asfalto Absorbido P_{ab}	Porcentaje de Asfalto Efectivo P_{be}	% Vacios en el Agregado Mineral VMA
4.50%	0.427	4.092	16.107
5.00%	0.427	4.594	15.968
5.50%	0.427	5.096	15.114
6.00%	0.427	5.598	17.210
Asfalto: 5.445%		Vacios de agregado Mineral (VMA %): 15.600	

% de Asfalto	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
4.50%	6.852	57.460
5.00%	5.505	66.527
5.50%	3.328	77.982
6.00%	4.515	73.762
Asfalto: 5.445%		Vacios llenos Cemento asfalto (VFA %): 74.500



Alfonso Ugarte II Etapa - Edificio N° 32 Dpto. 201 - Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna
 Telefax: 052 401047 - Celular: 986526767 - Email: pozales@ingeservicios.com.pe - Web: www.ingeservicios.com.pe

Fernanda K. Inocencia Aguilar
 LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos

INGESERVICIOS S.A.C.
Juan R. Pozales Horeada
 Dpto. 201 - Tacna
 Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos

Fuente: Elaboración propia

 <p>IngeServicios S.A.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>	REGISTRO		CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS		Version:	Fecha:
			01	15/02/2015
			Página:	3 de 3
		Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 18 - 1150

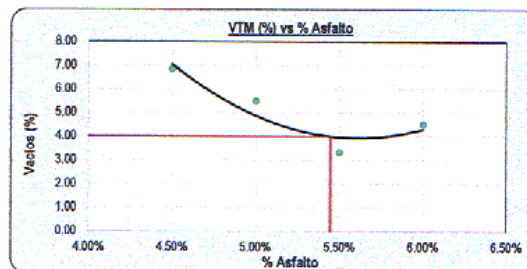
Fecha Emision: 08/11/2018

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

PROYECTO : Diseño de mezcla estéril con incorporación del caucho reciclado. Tacna 2018

SOLICITANTE : Karla Jenner, Cepcho Espinoza	MATERIAL :	-
ESTUDIO : Calidad del Material - (Cantera Km 12+000 - Carretera Tacna - Tarata)	Km / Prog :	-
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna	PROF. :	-
MUESTRA : Agregados grueso (45.22%) - Agregado fino (54.78%)	MARGEN :	-
FECHA : 8 de Noviembre de 2018		

% de Asfalto	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
4.50%	6.652	57.460
5.00%	5.505	65.527
5.50%	3.328	77.982
6.00%	4.515	73.767
Asfalto:		5.445%
Vacios (VTM %):		4.000



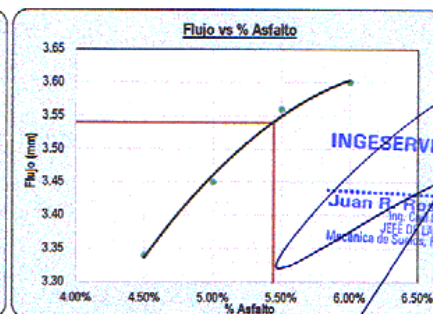
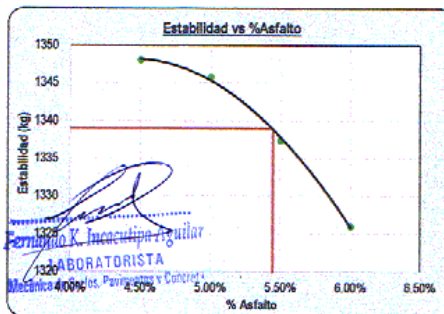
Determinación de la Estabilidad y Flujo

% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (kg)	Estabilidad consolidada (kg)	Índice Flujo 0.01" (mm)
4.50%	10.90	1296.00	1348.03	3.34
5.00%	52.00	1294.00	1345.76	3.45
5.50%	27.00	1286.00	1337.44	3.56
6.00%	90.00	1275.00	1326.00	3.60

Asfalto: 5.445%
Estabilidad (kg): 1339.050
Flujo (mm): 3.54

Lo que se le va a hacer

Se recomienda un 10% de Caucho



RESULTADOS

Características	% Asfalto	VMA (%)	VFA (%)	Vacios (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/Flujo (kg/cm)
EG - 2013		14 Min.	70 - 80	3 - 5	8 - 14	831 Min.	1700 - 4000
Valor obtenido	5.445%	15.6	74.5	4.000	3.54	1339.05	3782.63

Tabla 39. Resistencia de mezclas

Fuente: Elaboración propia

3.19 Características de diseño (Grupo de Control) Ensayo Marshall

Tabla 40. Parámetros de diseño

PARAMETROS DE DISEÑO	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica modificada (GCR)	
		10%	15%
% Cemento asfáltico en peso	5.45%	5.26%	5.22%
Gravedad específica seca <u>Bulk</u>	2.426 2.35%	2.505	2.438
Vacíos	4%	4%	4%
Vacíos agregados mineral	15.6%	14.71%	14.41%
Vacíos llenados con cemento asfáltico	74.5	73.2	72.5
Flujo	3.54	3.51	3.50
Estabilidad	1339.05	1392.35	1341.64
Factor de rigidez	3782.63	3966.81	3829.97

Fuente: Elaboración propia

En tabla se tiene los parámetros de diseño.

Para este estudio de Diseño se consideró dos posibilidades de proporción en cuanto al incremento del caucho en la mezcla asfáltica, con mejor resultado en sus propiedades.

3.20 Tipo de Mezcla Vs. Estabilidad

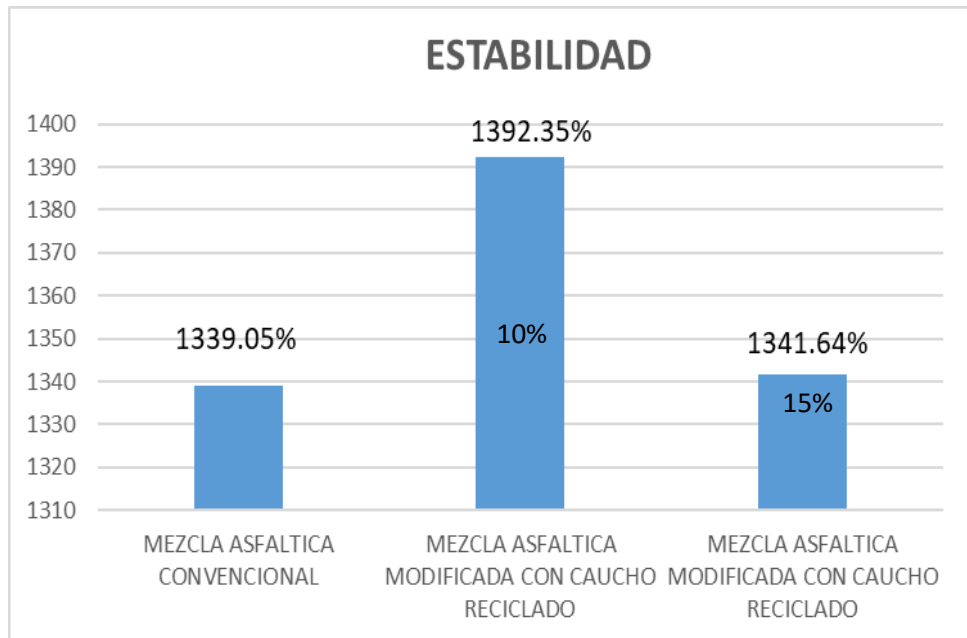


Ilustración 23. Mezcla - estabilidad

Fuente: Elaboración propia, Noviembre 2018

Podemos apreciar que al 10% y 15 % de GCR hay más estabilidad.

De mezcla modificada con 10% de GCR, la estabilidad muestra un aumento de 3.83%, respecto a la convencional, indicando mayor rigidez.

Con respecto a la mezcla con 15% de GCR, la estabilidad muestra un aumento de 0.19% en referencia a la convencional, siendo menor que la anterior, resaltando en este caso la que está al 10%.

3.21 Tipo de Mezcla Vs. Flujo

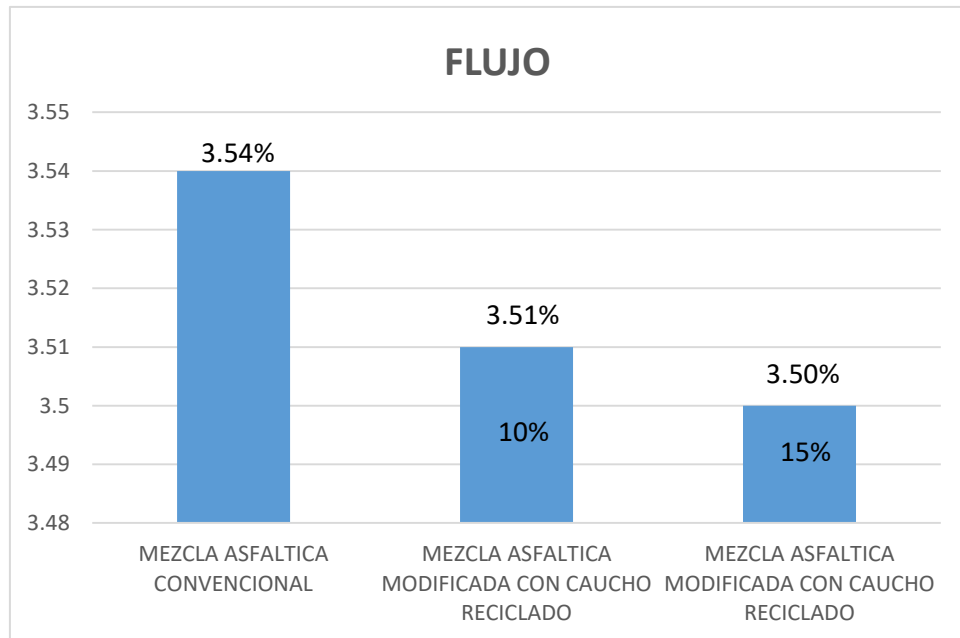


Ilustración 24. Mezcla - flujo

Fuente: Elaboración propia, Noviembre 2018

Podemos apreciar al 10% y 15 % de GCR nos muestra leve reducción.

Con 10% GCR, reducción ligera de 0.85% en relación a la convencional, con lo que aporta elasticidad y rigidez, siendo útil en caso de deformaciones constantes.

Con 15% de GCR, la reducción llega a 1.12% en relación a la convencional, permitiéndonos deducir que el incremento de GCR en una mezcla asfáltica en caliente sería entre 10% y 15%.

La cantidad óptima de GCR permite una viscosidad precisa, así como el aumento de caucho al cemento incrementa la viscosidad del asfalto resultante.

3.22 Tipo de Mezcla Vs. Índice de Rigidez

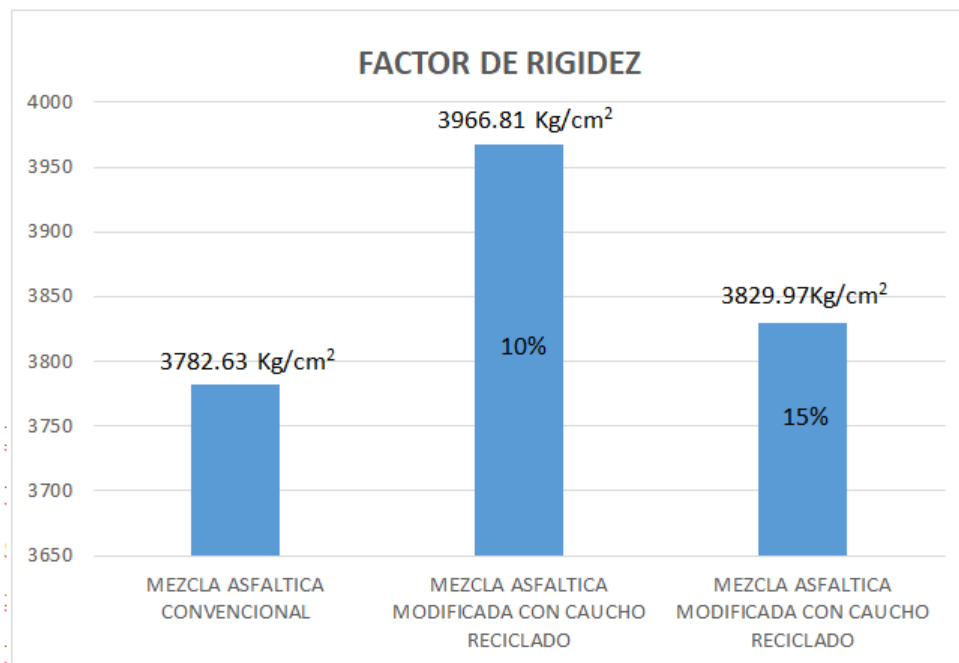


Ilustración 25. Mezcla - índice de rigidez

Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Se identifica, la diferencia existente en las 3 mezclas. Con ello se puede comprobar que el caucho reciclado en la MAC da más rigidez, dando mejor accionar en lo referente a deformaciones; y en mayores cantidades, como por ejemplo una ejecución de una pista de mayores kilómetros de pavimentos, será excelente el aporte económico que nos brinda el uso de GCR en mezclas asfálticas en caliente.

IV. Discusión

¿Resulta conveniente el uso de GCR en las mezclas asfálticas respecto al a mezcla asfáltica convencional?

Resulta económicamente considerable, debido a que al incrementar GCR a la mezcla asfáltica caliente (MAC), este reemplaza en gran parte al agregado fino, además mejora la estabilidad, reduce el flujo, aumenta el índice de rigidez, mejora la trabajabilidad, la adherencia, y sobre todo la durabilidad del asfalto, por lo que el mantenimiento del pavimento realizado con mezcla de asfalto modificada será de 25 a 30 años, manteniéndose intactos los primeros 12 años con respecto al deterioro que presentan los pavimentos convencionales.

¿Qué propiedades permiten determinar la ventaja de usar mezclas asfálticas incorporando GCR?

Presentan mayor durabilidad, adherencia, menor flujo, mayor índice de rigidez, mayor estabilidad, mayor durabilidad del asfalto en relación a las tradicionales, además es más homogénea al ser mezclada con los agregados y cemento asfáltico, así también a largo plazo representa un gran ahorro económico al ser más duradero y evitar mantenimiento o rehabilitación cada 10 o 15 años, ya que hasta los primeros casi 12 años se mantendrá casi intacta al comparar con la convencional, evitando los mantenimientos hasta después de los 25 años.

Este estudio hecho en Laboratorio Inge Servicios S.A.C., diseñó una mezcla asfáltica convencional y asfaltos modificados con GCR, ratificando lo hecho por (Fajardo Luis y Vergaray Alfonso, 2014), en este caso el caucho ingresó como agregado, reemplazando al agregado fino, mejorando mezclas asfálticas con el polvo de caucho con mayor estabilidad en 3.83% (con 10% de GCR) mejorando su conservación hasta 30 años de vida y con menos mantenimiento pudiendo ser cada 10 o 15 años.

Así como también; **Sibal et al. (2009)** hicieron modificaciones del asfalto vía seca agregando caucho molido demostrando que genera mezclas resistentes al fenómeno de fatiga con diversos rangos de temperatura.

V. Conclusiones

El GCR grano de caucho reciclado sirve para mejorar propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica. Se comprobó con ensayo de diseño Marshall, mediante el proceso de la vía seca aumento en un 4.64% (con incremento del 10% de GCR) con respecto a la mezcla asfáltica convencional en la que resalta el mejorado.

El asfalto modificado con caucho reciclado tiene mayor resistencia en 3.83% (con incremento al 10% de GCR) que el tradicional y se obtuvo 1392.35 kg con estabilidad de 1339.05 kg, comprobando que contribuye a una mejor resistencia en deformaciones.

Dado que la llanta genera contaminación al ser desechada, se tiene que al darle un uso en el asfalto se logra beneficiar al medioambiente ya que se convierte en un insumo importante el cual contribuye a resolver el problema ambiental y disminuye la contaminación.

También valoramos la mejora del tiempo de vigencia de las vías con más años de durabilidad estimando en el estudio que se aumenta en por lo menos 10 años que las mezclas tradicionales.

En el ensayo Marshall con 10%, 15% del agregado fino, se reafirmó que al 10% del agregado fino tiene mejores características la mezcla.

VI. Recomendaciones

En este caso es necesario ampliar los estudios en Perú relacionado a la mezcla asfáltica mediante el proceso de vía seca con incremento de GCR, ya que también es un gran aporte al impacto ambiental positivo.

Se recomienda a los catedráticos vinculados a la especialidad de pavimentos que promuevan la enseñanza de métodos de diseño con polímeros como el uso de GCR en mezcla asfáltica en caliente, esto contribuirá a la ampliación de conocimiento de los profesionales, así como enriquecimiento de criterios en la especialidad de diseño de pavimentos.

Se recomienda poner en práctica estos asfaltos modificados a lo largo del país, con fines de sacar mejores conclusiones de las ventajas que ofrece en los diversos climas del Perú, con ello permitirá profundizar el estudio para tener mejores precisiones en los porcentajes de mezcla.

Referencias Bibliográficas

- Costa, F. (2018, 20 de abril). Flujo Vehicular por Unidades de Peaje. INEI. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/flujo-vehicular-febrero-2018.pdf>
- Nuha, M., Asim, H., Mohamed, R., & Mahrez, A. (2012, 9 de enero). An overview of crumb rubber modified asphalt. International Journal of the Physical Sciences. Recuperado de http://www.academicjournals.org/article/article1380370290_Máshaan%20et%20al.pdf
- Vargas, N., & Rodríguez, F. (2014). Diagnóstico de las condiciones superficiales y evaluación del comportamiento estructural del pavimento de las vías construidas por el instituto de desarrollo urbano con asfalto modificado con caucho reciclado de llanta (GCR), en las localidades de Fontibón, Bosa y Teusaquillo, en la ciudad de Bogotá. (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
- Guochao, Q. (2009). Asphalt Rubber. Nanjing, China: Conference.
- Rahman, M. (2004). Charaterisation of dry process crumb rubber modified asphalt mixtures. The University of Notingham, United Kingdom.
- Minaya, S. & Ordoñez, A. (2006). Diseño moderno de pavimentos asfálticos. Tacna, Perú: ICG.
- Fajardo, L., & Vergaray, D. Efecto de la incorporación por vía seca, d de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Perú.
- Xiang, S., & Baoshan, H. (2013). Recycling of waste tire rubber in asphalt and portland cement concrete. Construction and Building Materials, 9(1), 01-09.

- State of California Department of Transportation. (2013). asphalt rubber usage guide. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813010490>
- Rondón, H., & Reyes, F. (2015). PAVIMENTOS materiales, construcción y diseño. Bogotá, Colombia: ECOE.
- Lo Presti, D. (2013, 29 de setiembre). Recycled tyre rubber modified bitumens for road asphalt mixtures: a literatura review. Construction and Building Materials. Recuperado de http://eprints.nottingham.ac.uk/3124/1/Lo_Presti_Recycled_tyre_rubber_modified_bitumens.pdf con asfalto 80-100.
 - Infraestructura Vial. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/download/2063/2026>
- Williams, M., Tutty, L. y Grinnell (2005). Writing quantitative proposals and reports. En R. M. Grinnell y Y. A. Uneumático recicladoau (Eds.). Social work: Research and evaluation. Quantitative and qualitative approaches (7a. ed., pp. 372-384). Nueva York: Oxford university Press.
- Bardesi, A., & Pérez, I. (2007, 16 de octubre). Innovaciones en Ligantes. Carreteras. Recuperado de <http://www.institutoivia.com/revista%20carreteras/REVISTA%20155%20AEC.pdf>
- Reyes, F. (2008). “Uso de desechos en Mezclas asfálticas”. Síntesis de la investigación colombiana. Pontificia Universidad Javeriana.
- Angulo, R. (2005). “Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos”. Universidad distrital.

- SCHOOL OF ENGINEERING (2015) Marshall Mix Design and Analysis.
Recuperado de
http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/6226/9/09_chapter%204.pdf
- MATHEW AND K V KRISHNA RAO (2000) Introduction to Transportation Engineering. Recuperado de
<http://nptel.ac.in/courses/105101087/downloads/Lec-26.pdf>
- Laberian, L. (2004). Utilización de aditivos polímeros en pavimentos flexibles. Universidad Nacional de Ingeniería. Tacna, Perú
- Dávila, M. (2005). Análisis comparativo de módulo resiliente y ensayos de deformación permanente en mezclas asfálticas del tipo (MCD2) en briquetas
- Briceño, M. (2015, 28 de mayo). Salidas al impacto ambiental generado por las llantas usadas. COLPATRIA MULTIBANCA. Recuperado de
<https://scotiabankfiles.azureedge.net/scotiabank-colombia/Colpatria/pdf/acerca-de/protocolo-verde/impacto-ambiental-llantas-usadas.pdf>
- Calahorra, M., Giménez, Z., Herrera, R., Martínez, J., & Salazar, L. (Noviembre de 2016). Análisis de ciclo de vida de mezcla asfáltica con/sin caucho: estudio de caso. En A. Reyes (Presidencia), Nuevas tendencias en la construcción sostenible. Conferencia llevada a cabo en el VII Elagec – II SeIN2co, Bogotá, Colombia.
- Reyes, F., Madrid, M., & Salas, S. (2007, 17 de febrero). Mezclas asfálticas modificadas con un elastómero (caucho) y un elastómero (tiras de bolsa de leche)
- compactadas con martillo Marshall y compactador giratorio. Universidad Javeriana, Bogotá.

- CIVILENGINEERSPK (2016) “Exp 7 Marshall Method of Mix Design”. Recuperado de <https://civilengineerspk.com/transportation-engineering-experiments/exp-7-marshall-method-of-mix-design/>
- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llanta. (2002). Bogotá, Universidad de Los Andes.
- JOHN.EMERY (2016) Evaluation of Rubber Modified Asphalt Demonstration Projects, Recuperado de <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1995/1515/1515-005.pdf>
- Pereda, R. (2015). Investigación de los asfaltos modificados con el uso del caucho reciclado de llantas y su comparación técnica –económico con los asfaltos convencionales. Trujillo, Perú.
- INTAN SUHANA (2015) Marshall Mix Design Method. Recuperado de: http://ocw.ump.edu.my/pluginfile.php/14252/mod_resource/content/1/OCW%20Marshall%20Mix%20Design%20Method.pdf
- Herrera, J Y Yasmila (2005). Aplicación de mezclas asfálticas modificadas con caucho, programa de seguimiento en ruta X-65 y 60-CH. Tesis (Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Físicas y Matemáticas, Depto. de Ing. Civil.
- Díaz, C. (2017). Implementación del grano del caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá, Universidad Santo Tomás.
- Gómez m. (2006). introducción a la Metodología de la investigación científica. Córdoba: Editorial Brujas.

- Barragán R. (2003). Guía para la formulación y ejecución de proyectos de investigación. Córdova: Off Set Boliviana Ltda.
- Vega, D. (2016). Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). Selección de la muestra. En Metodología de la Investigación (pp. 170-191). México: McGraw-Hill.
- Arias, J., Villasís, M. y Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. Rev Alerg Méx, 63(2), 201-206.
- Núñez, M. (2007). Las Variables: Estructuras y Función en la hipótesis. Investigación Educativa, 11(20), 163-179.

Anexos



Peso de la muestra para el ensayo granulométrico y tamizado



Agregados pétreos para pasar ensayos de granulometría



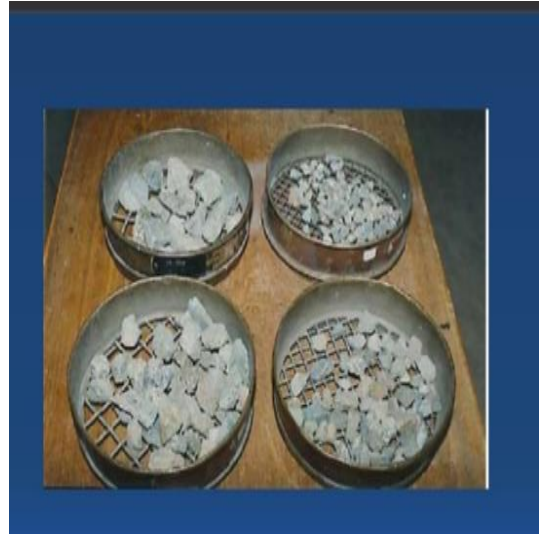
Tomando peso de los agregados pétreos para la MAC



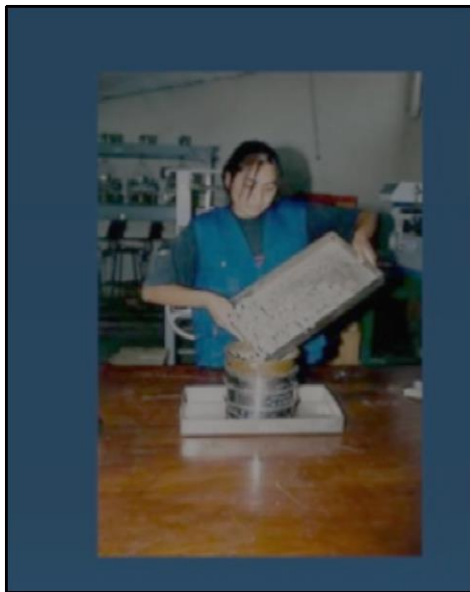
Tomando peso de los agregados pétreos para la MAC



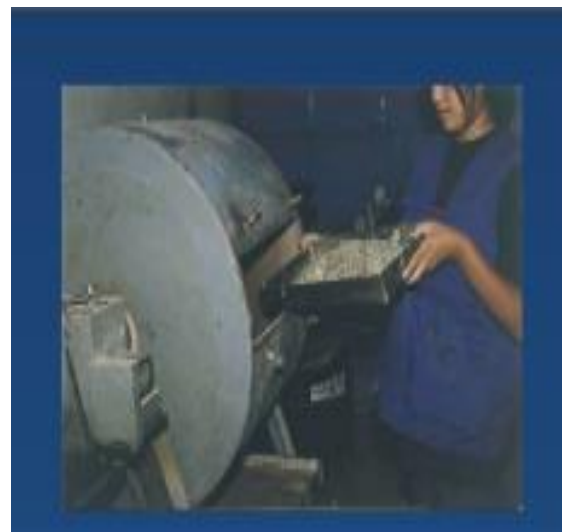
Cilíndrico metálico, para realizar la prueba de desgaste de los Ángeles



Tamizar el material según las mallas que indican



Pesar los materiales retenidos en las cantidades del método al que corresponden



Introducir la muestra en la máquina Los Ángeles



Introducir las cargas abrasivas según el método de ensayo



Finalizado el tiempo de rotación, sacar el agregado y tamizarlo por la malla N° 1

Resultado ensayo abrasión los ángeles

METODO		A	B	C	D
DIÁMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)			
Pasa el tamiz	Retenido en tamiz				
1 1/2"	1"	1 250 ± 25			
1"	3/4"	1 250 ± 25			
3/4"	1/2"	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
1/2"	3/8"	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
3/8"	1/4"			2 500 ± 10	
1/4"	Nº4			2 500 ± 10	
Nº4	Nº8				5 000 ± 10
PESO TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10
Nº de esferas		12	11	8	6
Nº de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación (minutos)		15	15	15	15



E

Quivalente arena



Peso de la muestra



Planta de asfalto - cantera



Agregado grueso pasando por tamices



Peso de la muestra por tamices



Cantera de asfalto



Caucho reciclado molido



Reencauchadora que muele el caucho reciclado de las llantas



Reencauchadora de caucho de llanta en desuso

Equipos a emplear

Copa de Casagrande



Ranurador



Espátula



Muestra de Arcilla



Balanza Eléctrica



Tamices





ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE
TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, Dra, Ing^o María Ysabel García Álvarez docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada

"Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018", del estudiante Karla Jennifer Capcha Espinoza constata que la investigación tiene un índice de similitud de 10% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: San Juan de Lunagrande 10/09/2019

Firma


Dra, Ing^o María Ysabel García Álvarez

DNI: 21453567

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Feedback Studio - Google Chrome
 https://www.feedbackstudio.com/.../170328415...+TK112019

feedback studio tesis de posgrado 1 de 2



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tarea 2018"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR
 CAPCHA UMINOZA KARLA RENEE

ASESOR
 MONTES CÉSAR P. PACHA RUTASTO


LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
 DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Resumen de coincidencias ✕

10 %

Coincidencias

1	registro ucv edu.pe	3 %
2	Entregado a Universidad.	3 %
3	asfáltica rec	1 %
4	Entregado a Universidad.	<1 %
5	registro ucv edu.pe	<1 %
6	Entregado a Universidad.	<1 %
7	registro ucv edu.pe	<1 %
8	Entregado a Universidad.	<1 %
9	Entregado a Universidad.	<1 %



Página 1 de 88 Número de palabras: 10558 Text-only Report Turnitin Classic High Resolution Actualizado 15:28 28/08/2019



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Karla Jennifer Capcha Espinoza, identificado con DNI No 41580726, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "**Diseño de mezcla asfáltica con Incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018**"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:


FIRMA

DNI: 41580726

FECHA: 20 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE ENTREGA LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. GARCIA ALVAREZ MARIA YSABEL A LA RECEPCION DE LA DOCUMENTACION SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSION FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACION QUE PRESENTA:

CAPCHA ESPINOZA KARLA JENNIFER

INFORME TÍTULADO:

"DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON INCORPORACIÓN DEL CAUCHO RECICLADO, TACNA 2018"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 15 de diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: 12 (Doce)



G. A.

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN