



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE
MEZCLA ASFALTICA PARA EL TRANSITO VEHICULAR DE LA
AVENIDA TRAPICHE-COMAS (REMANSO) 2017”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

VILLAGARAY MEDINA EDWIN JESÙS

ASESOR

Magtr. JORGE ALBAN CONTRERAS

LÌNEA DE INVESTIGACIÒN

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA-PERÙ

Año 2017-I

DEDICATORIA

A mis padres Nemesia y Rufino por su apoyo infinito y a mi familia por su comprensión y gran apoyo, que día a día me motivan para mejorar como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

Al. Mgs. Jorge Albán Contreras, asesor del proyecto de investigación, por el apoyo y orientación en la elaboración de la misma.

Al. Dr. Gerardo Cancho Zúñiga, por el apoyo en la realización de esta monografía.

A La universidad cesar vallejo, a cada uno de sus excelentes docentes de la escuela profesional de ingeniería civil, que han participado en mi formación profesional.

Al ministerio de transporte y comunicaciones por facilitarme con los laboratorios para poder realizar mis ensayos para obtener mis resultados óptimos propuestos en mi investigación.

Declaración de autenticidad

Yo, Edwin Jesús Villagaray Medina identificado con DNI N° 70378833, egresado de la Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad César Vallejo, autorizo, la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **“*APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA EL TRANSITO VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS (REMANSO) 2017*”**.

En el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

FIRMA

DNI: 70378833

Fecha: 15 de julio del 2017

Presentación

Señores miembros del Jurado de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada: “Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular trapiche-comas (remanso) 2016”, con la finalidad de comparar la resistencia de un asfalto convención ante un asfalto modificado, para poder observar, la durabilidad y las propiedades que ofrece el asfalto modificado, logrando así con los resultados que me arrojen los ensayos realizado en el laboratorio de pavimento del ministerio de transportes y comunicaciones, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. 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 garantía.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Edwin Jesús Villagaray Medina

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo. Determinar la aplicación de caucho reciclado como material componente, para un tipo de asfalto modificado proponiendo un diseño de mayor flexibilidad y durabilidad. Donde se tuvo que analizar mediante grupos de ensayo asfáltico como instrumento, de esta manera, mediante el proceso de mezcla modificada que se realizó, se logró obtener mejores resultados a comparación de un asfalto convencional, se puede observar que la estabilidad de un asfalto modificado con caucho reciclado a un 0.5% de agregado fino, la estabilidad aumenta quedando así como nuestro resultado óptimo estabilidad 1440.4kg con caucho reciclado. Cabe recalcar que el asfalto modificado ofrece propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez en un 13.24% a comparación de una mezcla convencional, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Por otro lado, se determina que un asfalto modificado ofrece mejor servicio al tránsito vehicular, dando mayor tiempo de vida de 10 años y de esta manera disminuye el periodo de mantenimiento vial en 37.11%, generando ahorro de \$ 6913.37 ya que es el propósito de todo proyecto.

Donde siempre se opta por generar ganancia y realizar un buen trabajo, puesto que contribuimos al medioambiente con la reutilización de caucho.

ABSTRACT

This research aims to determine the application of recycled rubber as a component material, for a type of modified asphalt proposing a design of greater flexibility and durability. Where it had to be analyzed by means of asphalt test groups as instrument, in this way, through the modified mixing process that was performed, it was possible to obtain better results compared to a conventional asphalt, it can be observed that the stability of a modified asphalt with Rubber recycled to a 0.5% fine aggregate, stability increases thus remaining our optimal result stability 1440.4kg with recycled rubber. It should be noted that the modified asphalt offers elastic properties to the mixture, also provides stiffness in 13.24% compared to a conventional mixture, obtaining a mixture with two very important qualities for resistance to permanent deformations.

On the other hand, it is determined that a modified asphalt offers better service to vehicular traffic, giving a longer life span of 10 years and thus decreases the road maintenance period by 37.11%, generating savings of \$ 6913.37 since it is the purpose of Every project.

Where we always choose to generate profit and do a good job, since we contribute to the environment with the reuse of rubber.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	IV
Presentación	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Realidad problemática	3
1.2. Trabajos previos	5
1.3. Teorías relacionadas al tema	8
1.3.1 Generalidades.....	8
1.3.2 Pavimento.....	8
1.3.3 Asfalto.....	9
1.3.4 Producción del asfalto.....	10
1.3.5 Composición química del asfalto	11
1.3.6 Propiedades físicas del asfalto.....	12
1.3.7 Proceso de modificación de asfalto.....	14
1.3.8 Ensayos en el diseño de asfaltos.	16
1.3.9 El caucho de reciclaje.....	22
1.3.10 Hule molido de llantas.....	26
1.3.11 Asfalto modificado con caucho.....	26
1.3.12 Carreteras ecológicas o amigables	26
1.3.13 Ubicación de obtención del caucho molido	28
1.3.14 Estudio de tráfico vial.....	29
1.3.15 Principales fallas en los pavimentos flexibles	29
1.3.16 Materiales para el diseño de asfalto.....	33
1.4. Formulación del problema.....	35
1.5. Justificación	35
1.6. Hipótesis	36
Hipótesis General	36
Hipótesis Específicos.....	36
1.7. Objetivos	36
General.....	36
Específicos	36
II. METODO.....	37
2.1 Diseño de investigación.....	37

2.1.1	Experimental:	37
2.1.2	Tipo de investigación	37
2.1.3	Nivel de investigación	37
2.2	Variables y definición operacional	38
2.3	Población y muestra.....	39
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	40
2.5	Métodos de análisis de datos	41
2.6	Aspectos éticos u matriz de operacionalización.....	42
III.	RESULTADOS	43
3.1	Estudio de tráfico vial.....	44
3.2	Agregados:	46
3.2.1.1	Análisis granulométrico.....	46
3.2.2	Ensayo granulométrico de los agregados	47
3.2.3	Peso específico y absorción de los agregados.	48
IV.	DISCUSION.....	68
VI.	RECOMENDACIONES	71
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	ANEXOS	76
	Anexo 1: Formato para la inspección de tramo avenida álamo.....	77
	Anexo 2: Formato para la inspección de tramo avenida los incas.	78
	Anexo 3: Formato para la inspección de tramo avenida san Carlos.....	79
	Anexo 4: Formato para la inspección de tramo avenida San Felipe.....	80
	Anexo 5: Formato para el conteo vehicular N° 1	81
	Anexo 6: Formato para conteo vehicular N° 2	82
	Anexo 7: Formato para conteo vehicular N° 3	83
	Anexo 8: Formato para el conteo vehicular N° 4.....	84
	Anexo 9: Formato para el conteo vehicular N° 5.....	85
	Anexo 10: Peso del asfalto con los agregados.....	86
	Anexo 11: Balanza para pesar el agregado con el asfalto	87
	Anexo 12: Peso de las briquetas sumergidas al agua a una temperatura de 30°	88
	Anexo 13: Rotura de briquetas.....	89
	Anexo 14: Ensayo rice.....	90
	Anexo 15: Ensayo equivalente de arena.....	91
	Anexo 16: Ensayo los Ángeles.....	92
	Anexo 17: Ensayo del peso específico	93
	Anexo 18: Ensayo límite líquido	94
	Anexo 19: Ensayo caras fracturadas	95

Anexo 20: Ensayo de durabilidad	96
Anexo 21: Ensayo Marshall convencional C.A al 4.5%.....	97
Anexo 22: Ensayo Marshall convencional C.A al 5%	98
Anexo 23: Ensayo Marshall convencional C.A al 6%	99
Anexo 24: Ensayo Marshall convencional C.A al 6.5%.....	100
Anexo 25: Gráfico de porcentaje del asfalto convencional.....	101
Anexo 26: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 4.5% de asfalto	102
Anexo 27: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 5% de asfalto.....	103
Anexo 28: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 5.5% de asfalto	104
Anexo 29: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 6% de asfalto.....	105
Anexo 30: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 6.5% de asfalto	106
Anexo 31: Gráficos del ensayo Marshall modificados al 0.5% con caucho	107
Anexo 32: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 4.5% de asfalto.....	108
Anexo 33: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 5% de asfalto	109
Anexo 34: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 5.5% de asfalto.....	110
Anexo 35: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 6% de asfalto	111
Anexo 36: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 6.5% de asfalto.....	112
Anexo 37: Gráficos del ensayo Marshall modificado al 1% con caucho	113
Anexo 38: Informe del resultado Marshall modificado con caucho al 1%	114

Índice de imagen

Imagen 1.1. Acabado de una vía asfáltica.....	22
Imagen 1.2. Proceso de producción de asfalto... ..	23
Imagen 1.3. Consistencia vs temperatura.....	25
Imagen 1.4. Proceso de preparación de una mezcla asfáltica.....	28
Imagen 1.5. Composición de las llantas.....	35
Imagen 1.6. Principales países que exportan el caucho.....	35
Imagen 1.7. Caucho triturado.....	37
Imagen 1.8. Componentes de las llantas.....	38
Imagen 1.9. Selección de caucho.....	39
Imagen 1.10. Ubicación del caucho.....	40
Imagen 1.11. Caucho molido especificación malla #40.....	40
Imagen 1.12. Molino triturador de caucho.....	41
Imagen 1.13. Esquema donde se observa las fallas del pavimento.....	42
Imagen 1.14. Presencia de fallas calavera.....	42
Imagen 1.15. Presencia de baches en las vías.....	43
Imagen 1.16. Ondulaciones en la vía.....	44
Imagen 1.17. Fallas longitudinales.....	44
Imagen 1.18. Fallas transversales.....	45
Imagen 1.19. Falla piel de cocodrilo.....	45
Imagen 1.20. Cantera Leticia obtención de los agregados para los ensayos.....	46
Imagen 3.1. Rangos para poder realizar un diseño vial.....	55
Imagen 3.2. Sección transversal prolongación av. Los incas.....	55
Imagen 3.3. Sección transversal prolongación av. San Carlos.....	56
Imagen 3. 4. sección transversal de la avenida san Felipe.....	56

Índice de tablas

Tabla 1.1. Requerimiento para los agregados gruesos.....	29
Tabla 1.2. Agregados finos.....	30
Tabla 1.3. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.....	31
Tabla 1.4. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso.....	32
Tabla 3.1. Análisis granulométrico MAC.....	58
Tabla 3.2. Norma del ensayo de absorción.....	60
Tabla 3.3. Resultado del ensayo peso específico y absorción del agregado grueso.....	60
Tabla 3.4. Resultado del ensayo peso específico y absorción del agregado fino.....	60
Tabla 3.5. Ensayo de equivalente de arena.....	61
Tabla 3.6. Resultado equivalente de arena.....	61
Tabla 3.7. Ensayo de limite liquido.....	62
Tabla 3.8. Resultado limite liquido.....	62
Tabla 3.9. Resultado de limite plástico.....	62
Tabla 3.10. Ensayo caras fracturadas.....	63
Tabla 3.11. Resultado de caras fracturadas.....	63
Tabla 3.12. Ensayo de durabilidad.....	64
Tabla 3.13. Resultado de durabilidad.....	64
Tabla 3.14. Ensayo partículas chatas y alargadas.....	65
Tabla 3.15. Resultado de chatas y alargadas.....	65
Tabla 3.16. Ensayo de abrasión ángeles.....	66
Tabla 3.17. Resultado abrasión los ángeles.....	66
Tabla 3.18. Briqueta óptima para el diseño asfáltico ensayo convencional.....	67
Tabla 3.19. Briqueta óptima para el diseño modificado 0.5% C.A.....	69
Tabla 3.20. Característica de diseño.....	71
Tabla 3.21. APU para la mezcla asfáltica convencional.....	71
Tabla 3.22. APU para la mezcla modificada.....	72

GENERALIDADES

Título:

“Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular trapiche-comas 2016”

Autor:

Villagaray Medina Edwin Jesús

Asesor:

Magtr. Jorge Albán Contreras.

Tipo de investigación:

Investigación aplicada: estudia las posibilidades de nuevas teorías para la solución de problema de la vida real.

Nivel:

Explicativo

Línea de investigación:

Diseño de infraestructura vial

Localidad:

Distrito: Comas-Trapiche (Perú)

Duración de la investigación:

Fecha inicio: Abril 2017

Fecha de término: Julio 2017

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El sector transporte promovido por el ministerio de transporte y comunicaciones permite mejorar la calidad de vida de la sociedad y que estos tengan beneficios con la interconexión de productos con otras regiones así generando más empleos para la población.

Si bien es cierto una carretera pavimentada nos permite desplazarnos en menores tiempos, con una mayor comodidad y seguridad, el objetivo principal que busca el ministerio de transporte y comunicaciones con una carretera pavimentada es la integración total del territorio peruano.

Pero se ha podido observar que existen distintas causas relacionadas a la ocurrencia de accidentes de tránsito que se encuentran dentro de cuatro principales factores; el factor humano, los vehículos, infraestructura vial y la condiciones ambientales (Mohán et al. 2006).

En el Perú se puede observar que las carreteras sufren fallas, las cuales afectan al tránsito vehicular, entre las cuales tenemos como agrietamiento, hundimiento asfáltico, ondulamiento entre otras. Donde cabe recalcar que perjudica directamente a la sociedad y al tránsito fluido.

Generando así que la población se vea afectado por que ocasionan que los vehículos se malogren y se retasen en sus viajes

Una ejecución de una carretera es costosa la cual hace que cuando las vías estén en un mal estado el gobierno tiene que invertir en la rehabilitación. Las cuales son gastos adicionales, las fallas se pueden presentar de distintas maneras mala implementación de los materiales, estudios de índice medio diario anual no bien realizados las cuales afectan directamente a la capa asfáltica y tan bien un mal control en obra.

Por otra parte el tipo de suelo en la cual se ejecuta dicho proyecto, afecta a la construcción de las carreteras, si este estudio no es bien realizado con las Calitas para tener el muestreo tienden a que la estructura de la carretera presente fallas en un periodo de corto plazo.

Viéndose afectado el sector económico y urbano ya que por medio de las redes viales es por donde podemos hacer que el país este estabilizado económicamente, para el cual contamos con medidas de seguridad dando prioridad al transporte por tanto según los últimos estudios realizados podemos observar que el país viene prosperando eficazmente con las construcciones de carreteras pavimentadas para ofrecer un mejor servicio al público y que estemos interconectados con las distas regiones tanto nacional como internacional.

Según el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), el Perú en julio del 2011 registraba un 53.6% de carreta asfaltada 12,358 km, para diciembre del 2014 registraba un 75.5% de carretera asfaltada 17,411km y para julio del presente año se proyectaban en llegar a un 87.7% 20,235 km.

En la centro del Perú las carreteras son afectados debido a que en temporadas de lluvias los huaycos interrumpen el tránsito a los transportistas, poniendo en riesgo la vida de los conductores se ha podido observar que el 85% de accidentes que ocurre en el transporte son generadas por las personas y un 15% son accidentes por causa de las carreteras.

Muy aparte de los accidentes que se pueden generar los gobiernos locales no toman conciencia de los riesgos a la que la sociedad está expuesta, la necesidad de los transportistas hacen que haya puentes no diseñados por donde también no hay seguridad el canon minero es el aporte que las mina brindan a las autoridades locales siendo parte de estos ingresos para el mejoramiento de las carreteras.

La construcción de una carretera si bien es cierto trae oportunidad de trabajo, en la actualidad se puede observar que hay más facilidad para poder culminar un proyecto vial con tecnología de última generación por lo cual hace que tenga un mejor resultado y que pueda prestar servicio de acuerdo a la necesidad. La finalidad de una carretera es que se mantenga unido o interconectado con las distintas regiones en donde hace que la economía de nuestro país se incremente y así pueda surgir al sub desarrollo económico.

A medida que pasa el tiempo los estudios científicos han logrado contribuir a que se puede implementar nuevas tendencias en el diseño de carretera con nuevos materiales que puedan satisfacer y cumplir con lo requerido, por tanto se plantea

utilizar materiales de reciclado como modo de disminuir el impacto ambiental reutilizando como en este caso el caucho en donde propone reemplazar al agregado fino dándole así mejores resultados a la capa asfáltica para que esta pueda trabajar sin problema alguno.

1.2. Trabajos previos

Para llevar a cabo esta investigación aplicación de caucho reciclado en un diseño de pavimento flexible para el tránsito vehicular trapiche-comas 2016, recurrimos a distas fuentes de información relacionados al tema entre las cuales tenemos.

INTERNACIONAL:

Según (Terrones Andrés, 2014) con su tesis titulada: **“Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho”**. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Publicado por la escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito, Bogotá-Colombia. En donde el propósito es valorar las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto con sustitución de residuos de llantas de caucho, reemplazando parcialmente el agregado fino en volumen, va encaminada a la viabilidad técnica con el fin de incorporar materiales residuales como en este caso los neumáticos ya que colaboramos directamente en la conservación de factores contaminantes disminuyendo parcialmente el CO₂, en donde el autor llega a una conclusión:

Por lo que se observó que la densidad del concreto se ve claramente disminuida en donde presenta un aumento de porcentaje esto por la incorporación de caucho, ya que se ve claramente la diferencia de densidades entre el material del agregado fino y el caucho en donde por medio de ensayos recomienda no podría ser un concreto liviano.

Según (Angulo Ricardo y Duarte José Luis, 2005) con su tesis titulada **“Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos”**. Publicado por la universidad industrial de Santander butamarca. En donde propone la elaboración de un asfalto modificado con caucho reciclado de llantas proponiendo un esquema aprovechamiento de los residuos sólidos que presentan las llantas con el fin de ofrecer una alternativa de solución a los problemas que afectan al asfalto y consecuentemente a la carpeta asfáltica, debido problemas medio ambientales nace la necesidad para incorporar materias primas a un diseño asfáltico ya que en otros países ya empezaron con esta nueva tendencia y en donde obtuvieron resultados favorables y ahora lo siguen perfeccionando para que en la actualidad sea más continuo trabajar con esta metodología.

Donde se concluye, que mediante la incorporación de caucho de reciclado de llantas, en un asfalto convencional se logró la mejora en algunas de sus propiedades como la recuperación elástica por torsión y también el aumento de la resistencia a la deformidad notoriamente.

Según (Rodríguez Valdivia, Fernando Andrés. 2010), con su tesis titulada: **“Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero”**, para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Austral de Chile, en la ciudad de Valdivia – Chile, concluye lo siguiente:

“Al analizar los resultados obtenidos de estabilidad y fluencia queda demostrado que las mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos modificados poseen un mejor comportamiento que las mezclas elaboradas con asfalto convencional, tal como se esperaba, ya que la finalidad de modificar los asfalto es mejorar sus propiedades.”

Según (Mujirbur Rahman, 2004), **“Charaterisati3n of dry process crumb rubber modified asphalt mixtures”** publicado the university of nottingham, Reino Unido en donde nos habla que en los países europeos la eliminación de llantas residuales están prohibidos ya que son factores principales y directos que contaminan el ecosistema, para ello se está implementado la incorporación del caucho a los pavimentos asfálticos para

su uso en vías de tránsito ofreciendo una mayor resistencia a la flexibilidad y durabilidad a diferencia de un pavimento convencional.

En donde se concluye, que el asfalto con caucho reciclado de llantas ofrece una mayor durabilidad un mejor desplazamiento por las vías de tránsito y por otra parte también es más económico implementar el material de caucho para el pavimento.

NACIONAL:

Según (Fajardo Luis y Vergaray Alfonso, 2014) con su tesis titulada **“Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas”**. Publicado por la universidad san Martín de Porres, Lima-Perú. Donde se desea determinar la metodología a seguir para analizar y mejorar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas, a las cuales se les está incorporando el polvo de neumático reciclado, como material granular fino mediante el proceso seco. En donde se propone mejorar las propiedades del asfalto y también disminuir los gastos de mantenimiento por otra parte aumentamos la vida útil a este pavimento determinando beneficios técnicos, sociales y económicos aprovechando el desuso de neumáticos y contribuyendo al ecosistema.

Donde concluye que el uso del material de caucho reciclado es confiables y ofrece beneficios con sus propiedades y por otra parte contribuye con la reducción de contaminación del CO₂.

Según (Marín Hernández, Alberto. 2008) con su tesis titulada: **“Asfaltos modificados y pruebas de laboratorio para caracterizarlos”**, para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, en la ciudad de Lima – Perú, concluye lo siguiente:

“Aquí, se dieron a conocer los materiales que se pueden usar, para modificar los asfaltos convencionales. Como se hizo notar, estos materiales nombrados, logran un cambio significativo en el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas. El uso de cualquiera de estos depende en gran medida del juicio del proyectista, el cual debe basarse en un criterio objetivo, desde la perspectiva técnica.”

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Generalidades

Por varios años los investigadores han practicado modificando el asfalto de agregados de fibras de vegetales materiales y caucho con el fin de mejorar sus características mecánicas, para poder lograr su resistencia a la deformación factores climatológicos y del tránsito. El objetivo que se persigue con el asfalto de caucho reciclado es contar con ligantes mas viscos a temperaturas elevadas reduciendo así las distorsiones permanentes (ahuellamiento), para ello debemos tener en cuenta lo siguiente. (Angulo Rodríguez, 2008)

- Bajo costo
- Fácilmente aplicable
- Resistente a las flexibilidad
- Mezclable con el asfalto

1.3.2 Pavimento

(Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013 pág. 23) Es un conjunto de diferentes capas construidas sobre la subrasante de la vía para soportar y distribuir esfuerzos generados por los vehículos y optimizar las situaciones de seguridad y bienestar para el tránsito, en donde está conformado por las sucesivas estructuras.

- Base
- Subbase
- Capa de rodadura
- Suelo Compactado
- Subrasante
- Drenaje

1.3.2.1 Base:

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013 pág. 24) Es la estructura inferior de la capa de rodadura, que cumple como vital función de soportar, distribuir y derivar las cargas ocasionado por el tráfico. Donde la estructura será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$) también puede ser tratada con cal o cemento.

1.3.2.2 Subbase:

(Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013 pág. 23) Es una estructura de material especificado y con un peralte de diseño donde resiste la base y la carpeta, también es para la capa de drenaje y del pavimento en donde esta estructura puede ser de material granular con un ($CBR \geq 40\%$).

1.3.2.3 Capa de rodadura

(Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013 pág. 23) Es la parte superior de un pavimento que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto cemento portland (rígido) o de adoquines, cuya principal función es de sostener directamente las cargas admisibles del tránsito.

1.3.3 Asfalto

(Real sociedad española de química, 2003 pág. 43). Según el ASTM (American Society for testing and materials) el asfalto es un material consistente de color marrón oscuro o negro oscuro conformado por una mezcla de productos bituminosos que se localizan en la naturaleza o se adquiere en el procesado del petróleo, En su aplicación en pavimentación sirven especialmente para dar cohesión y flexibilidad a la mezcla, usando su poder aglomerante para juntar las partículas de áridos.

Como en todos los componentes, la estructura y la composición química son las encargadas de las propiedades y características de los betunes

asfálticos. Esta carpeta y composición química vienen representadas por la naturaleza del crudo de partida y el proceso utilizado en su fabricación.

- Fracción pesada denominada asfáltenos
- Fracción ligera denominada máltenos

Por otra parte el asfalto se puede encontrar mediante dos formas, etapa natural o producto de purificaciones del petróleo que en la actualidad es la más usada para la implementación de carreteras asfálticas en donde ofrece una mejor fluidez de vehículos entre otras ventajas.

Imagen 1.1. *Acabado de una vía asfaltada*



Fuente: Provías, junio del 2015

1.3.4 Producción del asfalto

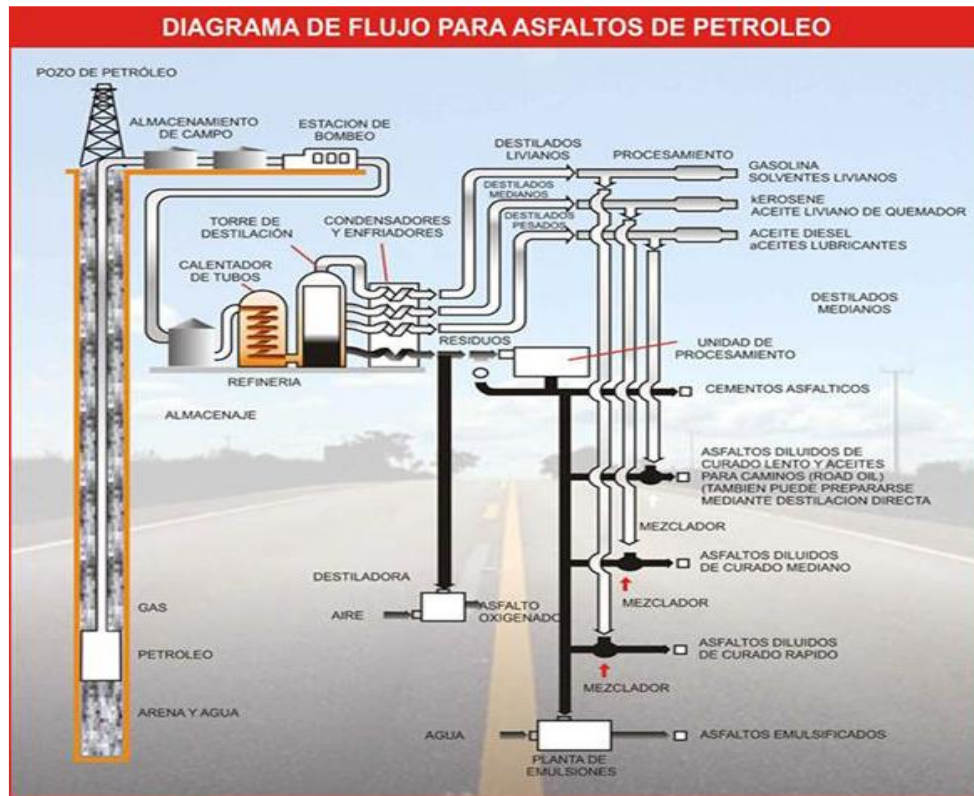
Se consigue de las refinerías por purificación del crudo del hidrocarburo, mediante un proceso se logra separar el producto del crudo por un aumento de temperaturas para que así se pueda lograr la separación del material. Existen dos medios para poder realizar la destilación.

- Destilación por vacíos
- Extracción con solventes

Mediante el uso se determina el asfalto ideal, para ello en las refinerías se deben de examinar las diferentes propiedades para que así puedan cumplir con los requisitos que se necesitan.

Para poder conseguir un asfalto con viscosidad intermedia se tiene que mezclar un asfalto muy viscoso con uno menos viscoso así podemos hallar el asfalto requerido para un diseño de mezcla asfáltica.

Imagen 1.2. Proceso de producción de asfalto



Fuente: tics Perú, marzo 2011

1.3.5 Composición química del asfalto

El asfalto está compuesto por los siguientes elementos:

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

Son por estos elementos que está constituidos el asfalto.

1.3.6 Propiedades físicas del asfalto

Las propiedades físicas son de mayor calidad, ya que influye para un diseño, construcción y manteniendo del pavimento, entre ellos tenemos.

1.3.6.1 Durabilidad

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

1.3.6.2 Adhesión y cohesión

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 pág. 11). La adhesión se refiere a la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación.

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

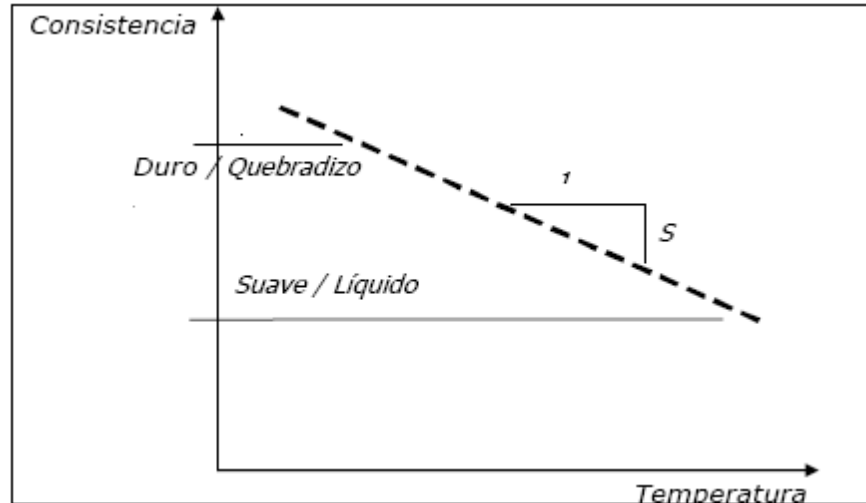
1.3.6.3 Susceptibilidad a la temperatura

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 pág. 11). La importancia de la temperatura en el asfalto es que a mayor temperatura es menos viscoso y a menor temperatura es más viscoso por ello se le denomina susceptibilidad a la temperatura.

Por lo tanto el asfalto debe tener suficiente fluidez a temperaturas altas para que pueda cubrir a los agregados durante todo el proceso de mezclado y así poder tener mejor trabajabilidad durante todo el compactado del asfalto.

Después por sí mismo deberá volverse suficientemente viscoso, pero ya a temperatura de ambiente para que el material este bien unidad y pueda prestar el mejor servicio.

Imagen 1.3. *Consistencia vs temperatura*



Fuente: Revista constructiva, junio 2010

1.3.6.4 Purezas

(Urrego Aguilera, y otros, 2016 pág. 34). El cemento asfáltico está constituido en su mayor parte por bitumen, en donde es un material totalmente soluble en bisulfuro de carbono. Aproximadamente el 99.5% de los asfaltos refinados son solubles en bisulfuro de carbono y si contienen impurezas estas son inertes. Los cementos asfálticos se clasifican en diferentes sistemas.

Caracterización de penetración, mediante la norma ASTM D-946 (Clasificación Estándar por Grado de Penetración para Cementos Asfálticos Utilizados en Pavimentación).

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

1.3.6.5 Función

Impermeabilizar la estructura del pavimento. Esto hace que disminuya la penetración de agua procedente de lluvias o precipitaciones de otros tipos de impacto fluvial para que no afecte la carpeta asfáltica y los vehículos se pueden deslizar con facilidad y sin ningún tipo de riesgo.

Proporciona una íntima unión y cohesión entre agregados.
- esto hace que mejore la capacidad portante de la estructura.

Es el único material que garantiza una ejecución económica con estas dos características juntas, lo cual le permite tener la capacidad de flexibilidad sin agrietarse y así presta un mejor servicio a los usuarios de las vías.

1.3.6.6 Caracterización por viscosidad

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

1.3.6.7 Caracterización por comportamiento

Este marco fue elaborado por el US Asphalt Institute y propuesto en el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (SHRP), a pesar de que también está incorporado en ASTM D-6373 (Especificación Estándar por Grado de Comportamiento). Más extrema y menor del asfalto en capacidad de la temperatura del aire y el alcance geológico.

1.3.7 Proceso de modificación de asfalto

Las mezclas son menos susceptibles a las altas y bajas temperaturas y se 'fatigan' menos que las carreteras convencionales". En realidad se puede observar que existen dos métodos por la cual se puede usar el polvo de neumático como material asfáltico las cuales son.

1.3.7.1 Por Vía Seca

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 págs. 62-63). El triturado del neumático se emplea reemplazando una fracción de agregado fino. Por otra parte involucra en incorporar bien directamente al mezclador la cantidad exacta para cada mezcla (planta discontinua) o bien mezclarlo previamente con algún componente pétreo de la mezcla antes de la fabricación (planta continua). (Revista constructivo, 2010)

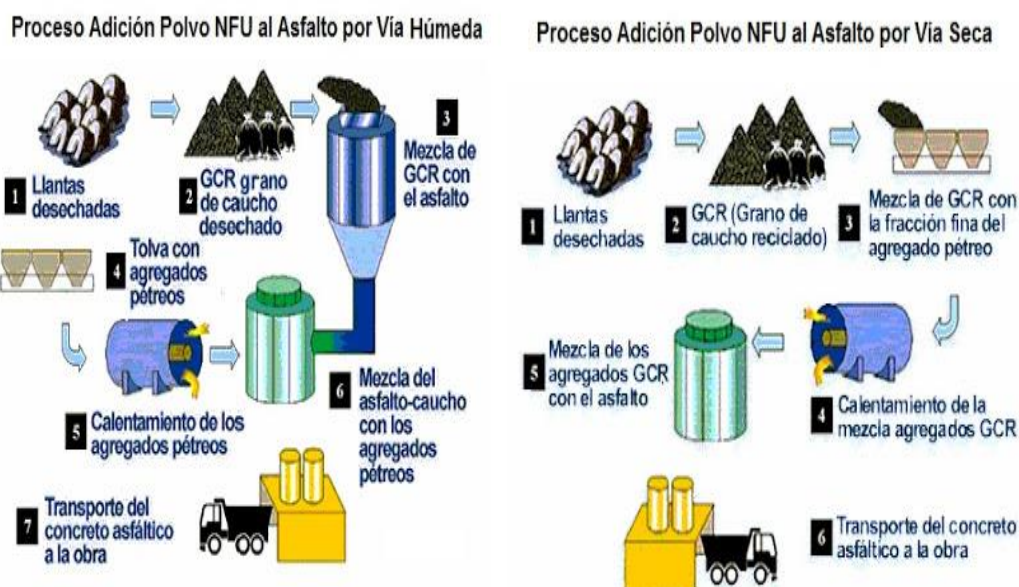
En donde el caucho es incorporado directamente en la mezcla asfáltica en caliente siendo usualmente mezclado con los agregados antes de adicionarle el cemento asfáltico. Por lo general el caucho es incorporado como una parte de los agregados finos el cual se encuentra de 1-3% del peso total de los agregados de la mezcla.

1.3.7.2 Por Vía Húmeda

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 págs. 59-60). Consiste en la fabricación de un ligante modificado (betún-caucho) en donde la adición de partículas de caucho de neumático reciclado a un betún convencional, entre ciertos parámetros de mezclado.

La manera convencional de preparar el agregado modificado con caucho se realizó en España, es un proceso que no necesita mucho cantidad de cemento asfáltico, pero que si aportan menos cantidad de caucho un promedio del 2% del peso de los agregados de la mezcla.

Imagen 1.4. Proceso de preparación de una mezcla asfáltica



Fuente: Revista constructiva, junio 2010

Recomendación todos los países deben de reducir las emisiones de gases que causan el calentamiento global, entre ellas el dióxido de carbono (co2) en un aproximado al menos de un -5%. Por tanto otras propiedades que el asfalto modificado mejora respecto del asfalto convencional son:

- Mayor plasticidad.
- Mayor cohesión.
- Mejora de la respuesta elástica.
- Mayor resistencia a la acción del agua.

1.3.8 Ensayos en el diseño de asfaltos.

1.3.8.1 Definición

La mescla asfáltica está compuesta por agregados y el asfalto lo cual deben de ser seleccionados y evaluados independiente mente y ya luego como un todo.

1.3.8.2 Ensayo a los agregados

Es el ensayo que se realiza a los agregados para verificar los requisitos de calidad y las verificaciones técnicas de resistencia y durabilidad. Teniendo como base las normas técnicas peruanas, el ASTM Y EL AASHTO. Estos ensayos que se realizan son: **Tabla 423-01 del EG.**

Tabla 1.1. Requerimiento para los agregados gruesos.

ensayo	Norma
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D-422, MTC E 204.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E209
Abrasión los ángeles	MTC E207
Adherencia	MTC E517
Índice de durabilidad	MTC E214
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791
Caras fracturadas	MTC E210
absorción	MTC E206

Fuente: Manual de carretera especificaciones técnicas, junio 2013

Tabla 1.2. Agregados finos

Ensayos	Norma
Equivalente de arena	MTC E 209
Adhesividad (riedel weber)	MTC E 220
índice de plasticidad (malla n° 40)	MTC E 211
índice de durabilidad	MTC E 214
índice de plasticidad (malla n° 200)	MTC E 211
Absorción	MTC E 205

Fuente: Manual de carretera especificaciones técnicas, junio 2013

1.3.8.3 Ensayo al asfalto

Es el ensayo que se realiza al asfalto para ver el cumplimiento de las propiedades de diseño de la mezcla asfáltica.

Estos ensayos que se realizan son:

- Clasificación por viscosidad a 60° C.
- Clasificación por penetración a 25° C.

Tabla 1.3. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.

TIPO		GRADO DE PENETRACIÓN	
grado	ensayo	pen 60 - 70	
		Min.	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso			
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	60	70
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99.0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) (1)	MTC E 304	-1	+1
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h			
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0.8
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	52+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm (3)	MTC E 306	50	

Fuente: Manual de carretera especificaciones técnicas, junio 2013

1.3.8.4 Ensayo a la mezcla asfáltica

Es el ensayo que se realiza ya a la combinación de los agregados y el asfalto en su totalidad. Estos ensayos que se realizan son:

Tabla 1.4. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de diseño	Clases de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8.15 KN	5.44 KN	4.53 KN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8 - 14	8 - 16	8 - 20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2.1	2.1	1.4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0.6- 1.3	0.6- 1.3	0.6- 1.3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700- 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 min.		

Fuente: Manual de carretera especificaciones técnicas, junio 2013

1.3.8.5 Ensayo Marshall

Es el ensayo donde podemos determinar la mezcla óptima, de una briqueta representativa logrando a obtener la mayor estabilidad a contenidos de cemento asfáltico a porcentajes distintos que estos nos ayuda a que se pueda mezclar con los agregados.

El método Marshall se realiza después de obtener la cantidad de agregado, se procede hacer la mezcla con el cemento asfáltico compactando con 75 golpes.

- **Penetración:** es un procedimiento para determinar la penetración bituminosos sólidos y semisólidos en el asfalto.
- **Punto de inflamación.** – es el ensayo que logra determinar la temperatura mínima en la q el asfalto produce flamas al estar en contacto con el fuego.
- **Ductilidad:** es el que determina la capacidad de cambios susceptibles sin llegar a romperse.
- **Ensayo de adherencia agregado fino y grueso:** esta prueba establece la capacidad de unirse con otros agregados.
- **Ensayo de compresión:** estipula la severidad a las cargas.
- **Ensayo de deflectometría:** este ensayo determina la deflexión de los asfaltos.

1.3.8.6 Ensayo de rugosidad

Se determina los pequeños relieves que debe de tener el pavimento asfáltico para una mejor adherencia de las llantas del vehículo con la capa de rodadura.

1.3.9 El caucho de reciclaje

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 pág. 54). La reutilización de neumáticos es de amplio uso y difusión en algunos países que poseen normativas ambientales claras y eficientes. El caucho es una sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados. En estado natural, el caucho aparece en forma de suspensión coloidal en el látex de plantas productoras de caucho. Una de estas plantas es el árbol de la especie *Hevea Brasiliensis*.

En un principio las utilidades de esta materia prima. Fue el comerciante de ferretería Charles Goodyear (1800-1860) quien descubrió que mezclando con el azufre y calentándolo, se evitaba que fuesen tan pegajoso cuando está caliente y tan rígido cuando enfriaba.

La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer una vez usados constituye uno de los problemas medioambientales, más graves en los últimos años en todo el mundo. Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado (medio barril de petróleo crudo para fabricar el neumáticos de un camión)

1.3.9.1 Propiedades físicas de un neumático

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 pág. 52). En estado natural es un hidrocarburo blanco o incoloro, Las propiedades físicas del caucho bruto (nos referimos al caucho sin vulcanizar) varían con la temperatura. A $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$, el caucho puro es un sólido duro y transparente y en estado de extensión adquiere estructura fibrosa. De $0\text{ a }10\text{ }^{\circ}\text{C}$ es frágil y opaco, y por encima de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se vuelve blando, flexible y translúcido. Al amasarlo mecánicamente, o al calentarlo por encima de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, el caucho adquiere una textura de plástico pegajoso.

1.3.9.2 propiedades químicas

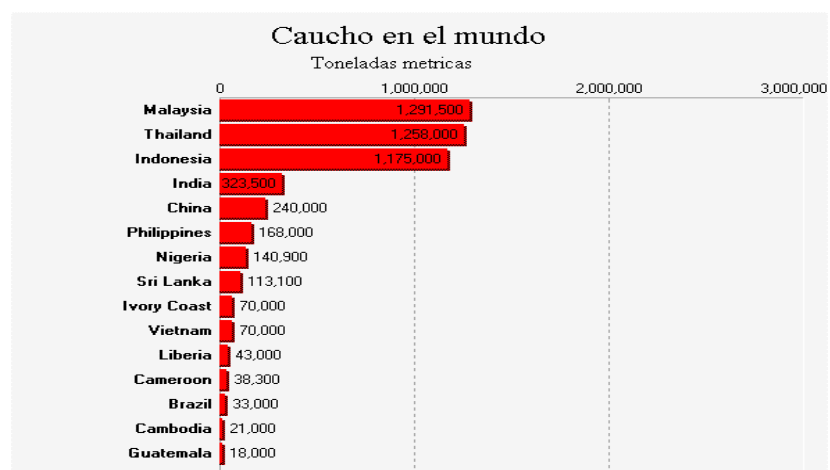
(Fajardo Cachay, y otros, 2014 pág. 52). La estructura de los cauchos naturales está formada por cis-1,4 polisopreno mezclado con pequeñas cantidades de proteínas, lípidos y sales orgánicas entre otros. Se encuentra así un polímero de cadena larga y enredada en forma de espiral, de peso molecular medio, 5×10^5 g/mol. Esta cadena se complementa con otro isómero estructural, la gutapercha (isómero trans).

Imagen 1.5. Composición de las llantas

ELEMENTO	COMPOSICIÓN
Carbono (C)	70%
Hidrogeno (H)	7%
Azufre (S)	1..3%
Cloro (Cl)	0,2-0,6%
Hierro (Fe)	15%
Oxido de Zinc (ZnO)	2%
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	5%
Cromo (Cr)	97 ppm
Níquel (Ni)	77 ppm
Plomo (Pb)	60-760 ppm
Cadmio	5-10 ppm
Talio	0,2-0,3 ppm

Fuente: Carrión Luis, mayo 1999

Imagen 1.6. Principales países que exportan el caucho



Fuente: inversión finanzas, junio 2005

1.3.9.3 El caucho y su aplicación en el pavimento

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 págs. 58-59). El caucho de llantas se ha convertido en un elemento útil y económico en la elaboración de mezclas asfálticas gracias al creciente aumento de llantas desechadas en áreas metropolitanas.

Ventajas:

- El caucho molido al ser vulcanizado para resistir el calor y sobrecalentamiento elimina los problemas encontrados con el polímero virgen.
- No presenta solubilidad, a diferencia del caucho natural este no cambia dentro del cemento asfáltico al ser sobrecalentado.
- Al mezclar con el cemento asfáltico a altas temperaturas atrae componentes livianos, generando un manto asfalto caucho más resistente a la fisuramiento.
- hace menos ruido y resiste a las deformaciones.
- las mezclas con caucho son muy flexibles y alargan la vida útil de las carreteras, en lugar de renovarse cada 10 años, con neumático lo hacen cada 15 años.

Desventajas:

- La captación de aceites del cemento asfáltico por parte de las partículas de caucho afecta adversamente a las propiedades de cohesividad y adhesividad en donde la mezcla podría ser muy blanda y delicada.

Después de triturar los neumáticos, tenemos una mezcla de caucho con el metal que incluye el neumático original. El metal se elimina mediante separadores magnéticos (imanes) por lo que dejamos el caucho completamente limpio.

Algunos de los usos que se le puede dar a este producto son:

Como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de las carreteras: de esta forma se disminuye el uso de áridos procedentes de las canteras y se preservan los recursos naturales. (Reciclaje verde, noviembre 2012)

El caucho puede ser incorporado en la mezcla asfáltica por dos métodos diferentes proceso seco y proceso húmedo.

Trituración mecánica: emplea cuchillas para desmenuzar las llantas; por lo general este tipo de trituración se realiza en cascada, es decir, se trituran paulatinamente las llantas hasta alcanzar el tamaño mínimo requerido, La mayor ventaja de este proceso es que se obtienen productos de buena calidad con un reducido número de etapas de proceso.

Imagen 1.7. Caucho triturado



Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

1.3.10 Hule molido de llantas

Es un desecho biodegradable donde es un problema mundial debido a que anualmente se desechan toneladas de llantas en desuso, en la actualidad las llantas que terminan su periodo de uso, son utilizados para rellenos sanitarios. Creando así grandes problemas ambientales.

Imagen 1.8. *Componente de las llantas*

Composición y características	Autos camionetas	Camiones buses
Caucho natural	14 %	27 %
Caucho sintético	27 %	14 %
Negro de humo 28 %	28 %	28 %
Acero	14 – 15 %	14 – 15 %
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes	16 – 17 %	16 – 17 %
Peso promedio	8.6 kg	45.5 kg
volumen	0.06 m ³	0.36 m ³

Fuente: Rubber Manufacturers Association

1.3.11 Asfalto modificado con caucho

Este tipo de asfalto es rentable ya que, el costo para la producción de asfalto son mucho más económico a diferencia del asfalto convencional, es por ello que se recomienda implementar estos nuevos diseños modificados de asfalto con caucho, para mejorar la resistencia y disminuir las fallas en una vía y a su vez, el ahorro que se muestra en las partidas de mantenimiento disminuye además, por su estructura el tiempo de vida es prolongado llegando a durar hasta 20 años.

1.3.12 Carreteras ecológicas o amigables

(Fajardo Cachay, y otros, 2014 pág. 54). Se debe recordar que los países de gran envergadura son los que iniciaron a ver las principales ventajas que ofrecían un asfalto modificado con la incorporación de neumáticos reciclados o llantas usadas por ello Europa y Estados Unidos son los países que inician a evaluar las propiedades que ofrece el asfalto modificado con caucho.

En todos los países se desechan miles de toneladas de neumáticos que ya no se usan y por tanto este material genera problemas ambientales, la mayoría estas llantas son quemados o combustionados.

Y la quema de neumáticos, transmite un impacto negativo de emisión de CO_2 lo cual genera contaminación y deteriora la capa de ozono.

Al incorporar el polvo de caucho obtenido de las llantas el material ofrece una carretera con mayor seguridad de las vías y un asfalto con mayor adherencia.

Imagen 1.9. Selección de caucho



Fuente: Guillermo castro, diciembre 2008

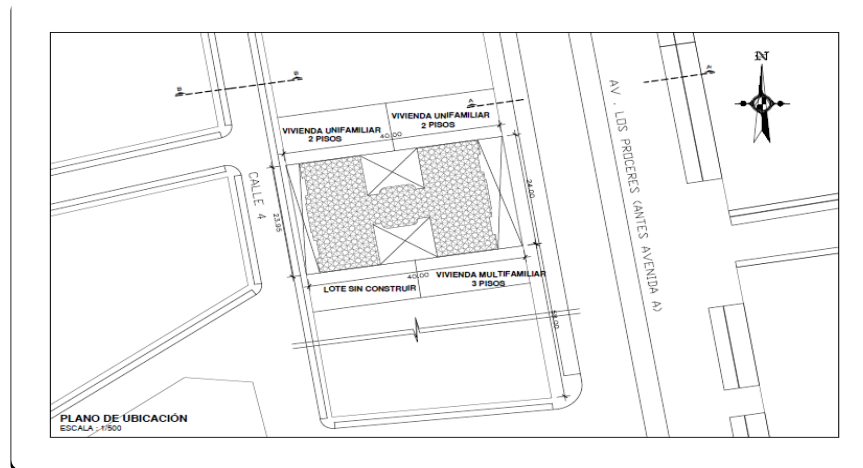
Se observa que una tonelada de mezcla bituminosa incorpora aproximadamente tres neumáticos de un auto aportando un 2% de la mezcla, las ventajas que ofrece el caucho en una mezcla asfáltica son:

- Resistencia mejorada a las fisuras reflejadas
- Mayor vida a fatiga,
- Menos ruidosas,
- Más duraderas hasta 20 años
- Mayor Seguridad Vial (visibilidad y adherencia).

1.3.13 Ubicación de obtención del caucho molido

La ubicación para adquirir el caucho se encuentra en san diego distrito de puente piedra límite con el distrito de san Martin de Porres, dicha empresa ofrece el caucho molido en distintos tamaños de diámetro. Lo cual para el diseño asfáltico de esta investigación trabajaremos con el caucho que pasa la malla número 40.

Imagen 1.10. Ubicación del caucho



Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

Imagen 1.11. Caucho molido especificación malla #40



Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

Imagen 1.12. *Molino triturador de caucho*



Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

1.3.14 Estudio de tráfico vial

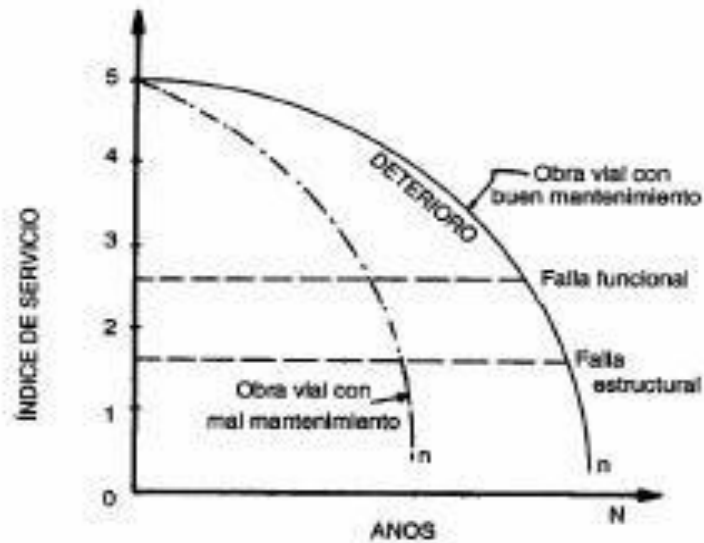
Es un valor numérico estimado del tráfico vehicular para un determinado tramo de la vía, que gracias a los formatos podemos realizar el conteo y así obtener la carga de diseño con el cual trabajaremos para la construcción del pavimento.

Es un proceso donde se realiza por distintas etapas, estudios del índice medio diario semanal en un determinado tiempo.

1.3.15 Principales fallas en los pavimentos flexibles

Estando en funcionamiento, una obra se descompone paso a paso y muestra diversos estados de servicios a lo largo de los años. Los debilitamientos podrían ser poco en el primer lugar, sin embargo se intensifican con la progresión del tiempo hasta que son impresionantes acelerando la falla de la vía, de esta manera, una obra requiere mantenimiento o conservación, de para garantizar su vida Útil y dar un servicio satisfactorio.

Imagen 1.13. Esquema donde se puede observar las fallas en el pavimento



1.3.15.1 Presentación de calaveras

(Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013 pág. 137) Se le llama calaveras a los huecos que ocurren en la superficie de rodamiento, las cuales pueden llegar a ser de máximo 15 cm. Esto se da debido a que se la base no se realizó de forma adecuada o por la poca colocación de asfalto; o al colocar asfalto sobre partes ya dañadas.

Imagen 1.14. Presencia de fallas calavera



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.15.2 Baches

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

Imagen 1.15. *Presencia de baches en las vías*



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.15.3 Ondulaciones

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

Imagen 1.16. *Ondulación en la vía*



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.15.4 *Grietas longitudinales*

(Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013 págs. 139-141)Fractura miento de la carpeta asfáltica, esta falla ocurre paralelamente al eje de la carretera dividiendo la misma en dos planos.

Imagen 1.17. *Fallas longitudinales*



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.15.5 *Grietas transversales*

(Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013 págs. 153-154). Son las fallas que están perpendicular al eje del pavimento dividiendo la misma en dos planos, las posibles causas excesiva

repetición de cargas pesadas (fatiga) y también excesiva relación longitudinal o ancho de la losa.

Imagen 1.18. *Fallas transversales*



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.15.6 *Agrietamiento piel de cocodrilo*

(Ministerio de transportes y comunicaciones , 2013 págs. 137-139). Fisuras en la carpeta asfáltica formando polígonos gasta de 20 centímetros de amplitud todo el conjunto se asemeja a la piel de cocodrilo, las posibles causas ineficiente soporte en la base de la estructura del pavimento.

Imagen 1.19. *Falla piel de cocodrilo*



Fuente: Ricardo miranda. Mayo 2010

1.3.16 **Materiales para el diseño de asfalto**

Agregados: para nuestros ensayos tendremos que obtener las piedras y las arenas según la especificación de diseño de asfalto para ello se necesita.

- Piedra de ½”
- Piedra de ¾”
- Piedra chancada
- Arena zarandeada

Todos estos agregados tendrán que cumplir con las especificaciones para poder lograr nuestro diseño.

Para ello se tendrá que recurrir a una cantera de donde obtendremos los materiales con las especificaciones que se requiere para un diseño de mezcla asfáltica. Donde se encuentra en carretera canta Leticia limitación con yangas.

Imagen 1.20. *Cantera Leticia obtención de los agregados para los ensayos*



Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

1.4. Formulación del problema

¿Cómo influye el uso de caucho reciclado en la mezcla asfáltica, respecto a la resistencia a la flexibilidad y corte en el diseño de las nuevas vías asfálticas?

1.5. Justificación

El Desarrollo de un País debe sustentarse en la integración de las distintas poblaciones a los mercados nacionales e internacionales. Para el cual es necesario que sus vías estén en un buen estado estructural por tanto estamos optando que las vías sean factible y que su ejecución tenga una reducción de costos, con el material de caucho reciclado.

Cada partícula del caucho reciclado le dará una propiedad diferente a la mezcla asfáltica, esto dependiendo de las circunstancia del tráfico, tipo de terreno y de las temperaturas.

Por ello es necesario innovar en la búsqueda de nuevas tecnologías que nos ayuden a que se construyan pavimentos asfálticos con mayor durabilidad por ende reduciendo los costos de mantenimiento.

El fin del diseño de los pavimentos reforzados con caucho es mejorar las características mecánicas como: la resistencia a deformaciones, a los esfuerzos de tensión repetida, a la fatiga lo cual reduce el agrietamiento y fallas por ahuellamiento así como la variación de temperatura por factores climatológicos o por el tránsito.

1.6. Hipótesis

Hipótesis General

- El uso de asfalto con caucho reciclado influye satisfactoriamente llegando a obtener resultados que determinan una mayor flexibilidad y durabilidad en vida útil del pavimento en la avenida trapiche-comas (remanso) 2017

Hipótesis Específicos

- El uso del asfalto modificado con caucho reciclado influye en la resistencia a la deformación a comparación del asfalto convencional en la avenida trapiche-comas (remanso) 2017
- El uso del asfalto modificado con caucho reciclado aporta beneficios a comparación de un asfalto tradicional.
- El uso del asfalto modificado con caucho reciclado influye en la variación de costos a comparación de un asfalto tradicional en la avenida trapiche-comas (remanso) 2017

1.7. Objetivos

General

- Determinar la aplicación de caucho reciclado como material componente, para un tipo de asfalto modificado proponiendo un diseño de mayor flexibilidad y durabilidad.

Específicos

- Evaluar la mejora de la resistencia a la deformación del asfalto modificado con caucho reciclado a comparación de un asfalto convencional.
- Identificar los beneficios que presenta el asfalto con caucho reciclado a la comparación de un asfalto convencional.
- Analizar el costo de un asfalto modificado con caucho reciclado a comparación de un asfalto convencional.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El diseño de investigación del presente trabajo posee un enfoque:

2.1.1 Experimental:

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

en el caso de enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su diseño para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación Hernández, Fernández, Batista (2010, p.119).

2.1.2 Tipo de investigación

El presente proyecto tiene un tipo de investigación:

Aplicada.

El proyecto se interesa en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta. Busca conocer para hacer, para actuar, para modificar. Transforma los conocimientos científicos en tecnología.

2.1.3 Nivel de investigación

Investigación explicativa:

Pretende explicar la relación causa-efecto entre dos o más variables. Lo cual se alcanza con el Diseño Experimental.

2.2 Variables y definición operacional

variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Tránsito vehicular	Para fortalecer y expandir el crecimiento económico del país se requiere contar con un sistema de transporte integrado e interconectado de tipo multimodal, ya que en la actualidad para la ejecución de una carretera el IMDA, juega un papel importante para el diseño de la estructura del pavimento.(fuente mtc)	Estudio del índice medio diario(IMDA) para poder determinar la capacidad de la carpeta asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de vida del pavimento • Impacto ambiental • Lugares bajas de temperaturas • Cantidad y capacidad • Factores de tránsito vehicular. 	Encuesta para determinar la capacidad de los vehículos.
Caucho reciclado	Es la solución de la enorme cantidad de neumáticos en el resto del mundo, se ha podido observar que el neumático tarde en descomponerse en no menos de 100 años por lo que en la actualidad le da diferentes usos como es el caso para asfaltar las carreteras consiguiendo disminuir el impacto ambiental.	Proceso de reciclaje del caucho para poder incorporar a la mezcla asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de fabricación • Peso de material • Características físicas y químicas • Ventajas al usar el caucho • Resistencia de pavimento. 	Encuesta en donde observaremos los lugares de reciclado de caucho.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Para dicha investigación se procederá a tomar en cuenta todo el tramo de carretera de trapiche que es de 4.5km. Para poder tener un amplio desarrollo de este tema por lo cual se tendrá en cuenta todos los ensayos de laboratorio para esta investigación. El estudio de este proyecto consiste en la comparación físicas- mecánicas y costos de un asfalto reforzado con caucho reciclado. Para ello se tomará como población los 4.5km de la carreta trapiche comas.

2.3.2 Muestra

Para la muestra tomaremos el tramo que presenta mayor fallas en donde se procedió la recopilación de datos con fotografías y formatos de inspección y se observa que es el tramo más crítico remanso con una longitud de 0.1km para dicha investigación por ende los ensayos a realizar serán extraídos del sitio.

Por tanto se realizara 11 ensayos necesarios para poder obtener un pavimento de acuerdo al reglamento de diseño de pavimentos que se realizaran en laboratorio, donde los resultados son más exactos.

Ensayo:	NORMA	FRECUENCIA
Contenido de asfalto	MTC E502-2000	1 por día
Granulometría	MTC 339.128:1998	1 por día
Ensayo Marshall	MTC E504-2000	1 por día
Temperatura	-----	cada volquete
CONSISTENCIA	NTP 339.035:1999	1 POR CADA 3 m3

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

2.4.1 Técnicas

Para desarrollar la investigación se utilizaron las siguientes técnicas.

- ❖ **Técnicas bibliográficas:** se utilizó para poder trabajar con información escrita como en este caso libros, normal publicaciones que tengan que ver con el tema a investigar todo ello con el fin redactar el marco teórico.
- ❖ **Técnica virtual:** se tomó la información de la norma de carretas, biblioteca virtual ya que la web es un campo más amplio en donde podemos comparar las tendencias locales nacionales e internacionales.

2.4.2 Instrumento

- **Fotografías:** para la inspección del tramo y ver qué lugares son los que presentan fallas y también para corroborar los ensayos de laboratorio.
- **Formato de inspección:** es la ficha con el cual determinaremos el punto crítico de todo el tramo de la avenida trapiche.
- **Formato para realizar el conteo vehicular:** realizaremos el conteo vehicular para tener una estimación de cuanto tránsito es que hay en la avenida trapiche.
- **Los ensayos de laboratorio:** con los ensayos obtendremos los resultados que deseamos y comprobaremos que el asfalto modificado con caucho tiene más ventajas a comparación de un asfalto convencional.

2.5 Métodos de análisis de datos

Análisis estadísticos:

Análisis ligado a la hipótesis: cada una de las hipótesis formuladas debe ser objeto de verificación, en algunos casos se emplea la estadística inferencial.

2.6 Aspectos éticos u matriz de operacionalización

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología	Población
¿Cómo influye el uso de caucho reciclado en la mezcla asfáltica, respecto a la resistencia a la flexibilidad y corte en el diseño de las nuevas vías asfálticas?	<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la aplicación de caucho reciclado como material componente, para un tipo de asfalto modificado proponiendo un diseño de mayor flexibilidad y durabilidad. <p>Objetivo específico</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la mejora de la resistencia a la deformación del asfalto modificado con caucho reciclado a comparación de un asfalto convencional. Identificar los beneficios que presenta el asfalto con caucho reciclado a la comparación de un asfalto convencional. Analizar el costo de un asfalto modificado con caucho reciclado a comparación de un asfalto convencional. 	<p>Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso de asfalto con caucho reciclado influye satisfactoriamente llegando a obtener resultados que determinan una mayor flexibilidad y durabilidad en vida útil del pavimento. <p>Hipótesis específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso del asfalto modificado con caucho reciclado contribuye en la resistencia a la deformación a comparación del asfalto convencional. El uso del asfalto modificado con caucho reciclado aporta beneficios a comparación de un asfalto tradicional. El uso del asfalto modificado con caucho reciclado incide en los costos a comparación de un asfalto tradicional. 	<p>V1</p> <p>tránsito vehicular</p> <p>V2</p> <p>Caucho de reciclaje</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>El tipo de investigación es aplicada.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Explicativo (demostrativo)</p>	<p>Población</p> <p>Para esta investigación se procedió a tomar en cuenta todo el tramo de avenida de trapiche que cuenta con 4.5km</p> <p>Muestra</p> <p>Para la muestra tomaremos como referencia el tramo de remanso que cuenta con 0.1km ya que es el punto más crítico de la investigación</p>

III. RESULTADOS

Vía de tránsito avenida trapiche comas

Para poder realizar un diseño se deberá tener en cuenta los trazos viales en las intersecciones deben tomarse en consideración los radios de giros mínimos de los diferentes tipos de vehículos, de acuerdo con los reglamentos de diseño vial.

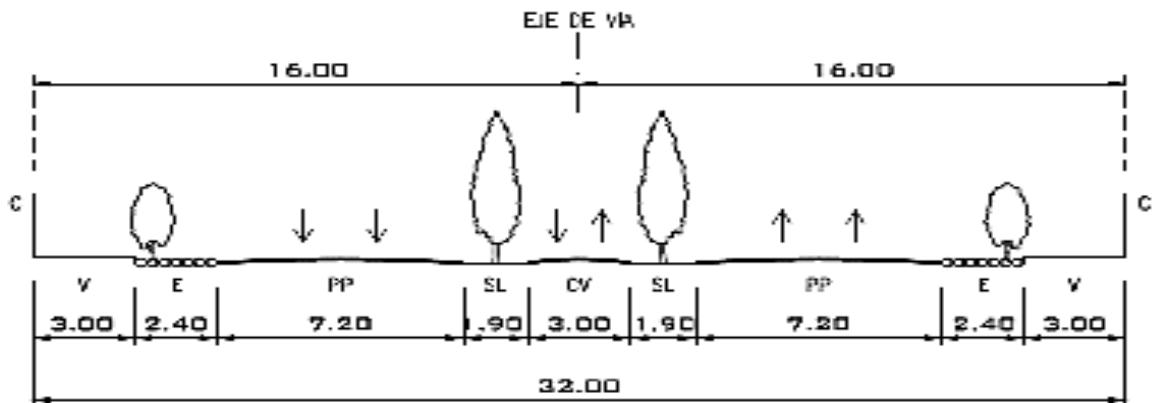
Imagen 3.1. Rangos para poder realizar un diseño vial.

VEHÍCULO	LARGO DEL VEHÍCULO (m)	RADIO DE GIRO EXTERNO (m)
AUTO	5.80	7.80 - 7.90
BUS DOS EJES	13.20	13.80 - 14.40
BUS TRES EJES	14.00	14.70 - 15.20
BUS CUATRO EJES	15.00	15.10 - 15.80
BUS ARTICULADO	18.30	13.70 - 14.40
CAMIÓN SEMI REMOLQUE SIMPLE	20.50	14.10 - 14.30
CAMIÓN REMOLQUE SIMPLE	23.00	13.30 - 13.80
CAMIÓN SEMI REMOLQUE DOBLE	23.00	14.10 - 14.30
CAMIÓN SEMI REMOLQUE - REMOLQUE	23.00	14.10 - 14.30

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2003

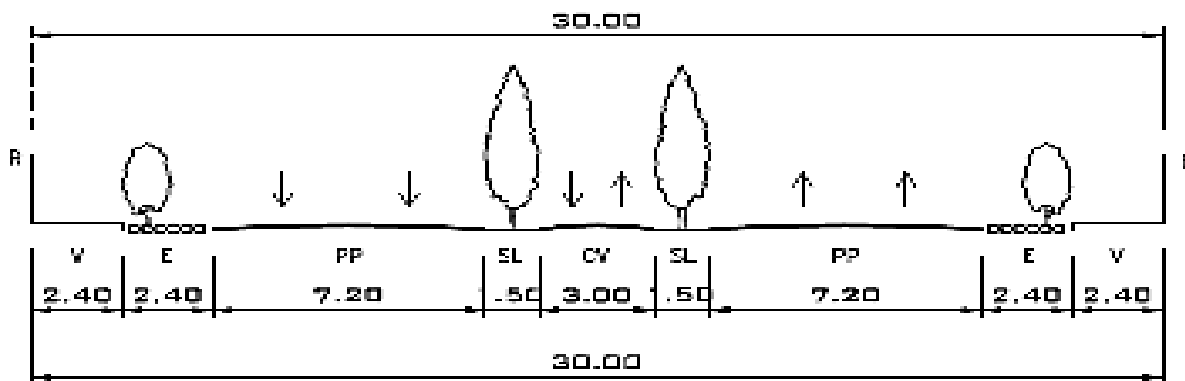
Trazos de secciones transversales

Imagen 3.2. Sección transversal prolongación avenida los incas



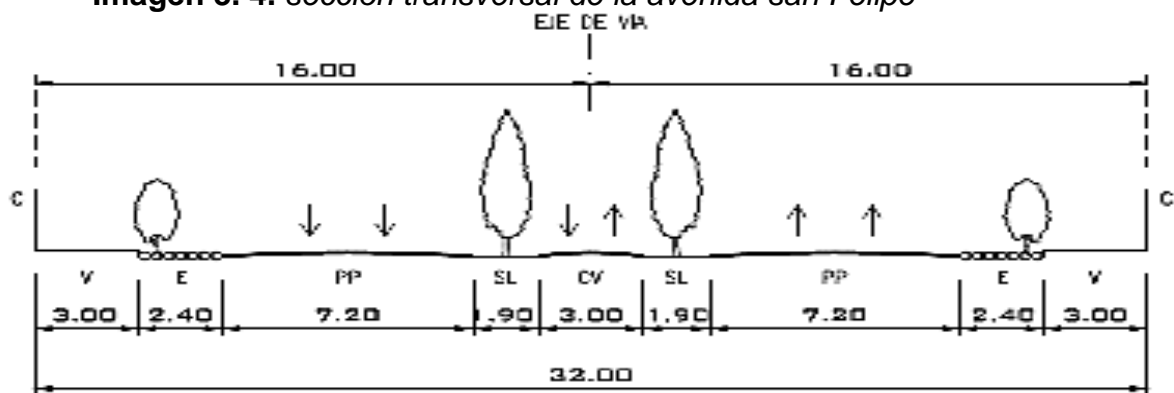
Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Imagen 3.3. Sección transversal prolongación avenida san Carlos



Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Imagen 3. 4. sección transversal de la avenida san Felipe



Fuente: Elaboración propia, junio 2017

3.1 Estudio de tráfico vial

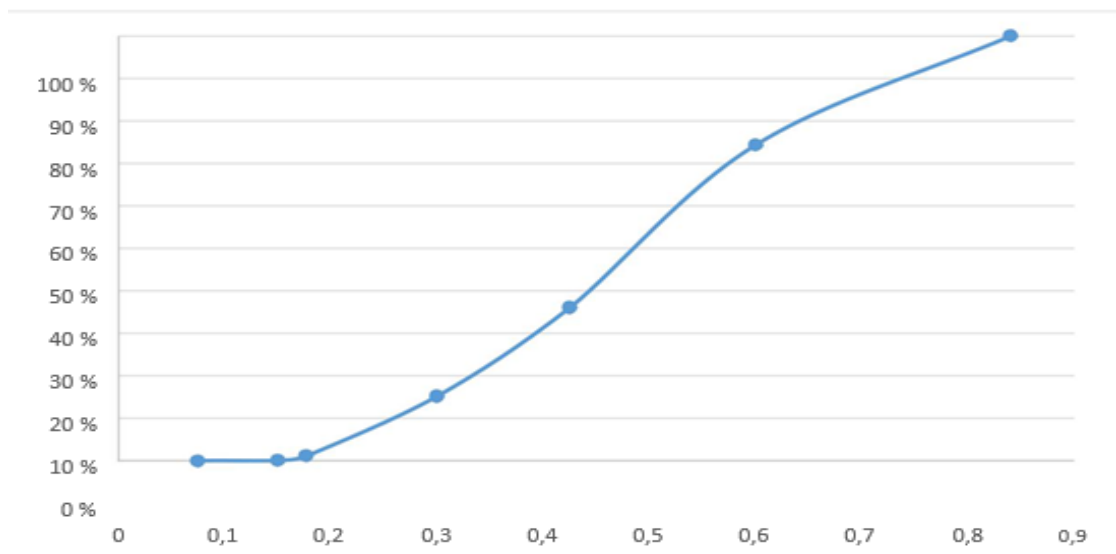
Para la siguiente investigación se realizó el estudio de tráfico donde obtendremos como resultado la carga de diseño óptima.

Con el estudio obtenido se puede observar que el vehículo de diseño será un tráiler de tres ejes con una carga de diseño incluyendo el peso de vehículo de 32 toneladas.

Granulometría del caucho a utilizar peso 495.5g

Tamices		Peso retenido	Porcentaje retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa
ASTM	mm				
Nº 20	0.840		0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.600	127.3	25.7	25.7	74.3
Nº 40	0.425	189.5	38.2	63.9	36.1
Nº 50	0.300	103.6	20.9	84.8	15.2
Nº 80	0.177	69.4	14.0	98.8	1.2
Nº 100	0.150	5.1	1.0	99.9	0.1
Nº 200	0.075	0.4	0.1	100.0	0.0

Fuente: elaboración propia, junio 2017



3.2 Agregados:

3.2.1.1 Análisis granulométrico

(Código NEVI-12, volumen 3, capítulo 4, pág.420) presenta información detallada acerca de los límites granulométricos para una carpeta asfáltica correspondiente a una mezcla asfáltica en caliente, en función del tamaño máximo nominal para una mezcla asfáltica normal "MAC". En la presente investigación se obtuvo un tamaño máximo nominal de 1/2 plg en el respectivo análisis granulométrico presentado en el capítulo 3 por lo que se escogió los límites correspondientes a MAC-2. En la presente investigación la gradación de los materiales realizados mediante el tamizado son los siguientes.

Tabla 3.1. Análisis granulométricos MAC.

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
25 mm (1")	100	-	-
19 mm (3/4")	80	100	-
12,5 mm (1/2")	67 -85	80 - 100	-
9,5 mm (3/8")	60 -77	70 - 88	100
4,75 mm (N°4)	43 -54	51 - 68	65- 87
2 mm (N°10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 mm (N°40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 mm (N°80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
75 mm (N°200)	04 -8	05 -8	05 -10

Fuente: Tabla 423 -03 (MTC).

3.2.2 Ensayo granulométrico de los agregados



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SOLICITANTE : EDWIN J. VILLAGARAY MEDINA
 DOMICILIO LEGAL : CALLE 37 AA.HH LAURA CALLER Mz 9A Lt 9- LOS OLIVOS
 PROYECTO : Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas(remanso) 2017

MUESTRA : AGREGADO
 IDENTIFICACIÓN : LA QUE SE MUESTRA
 CANTIDAD : LA QUE SE MUESTRA

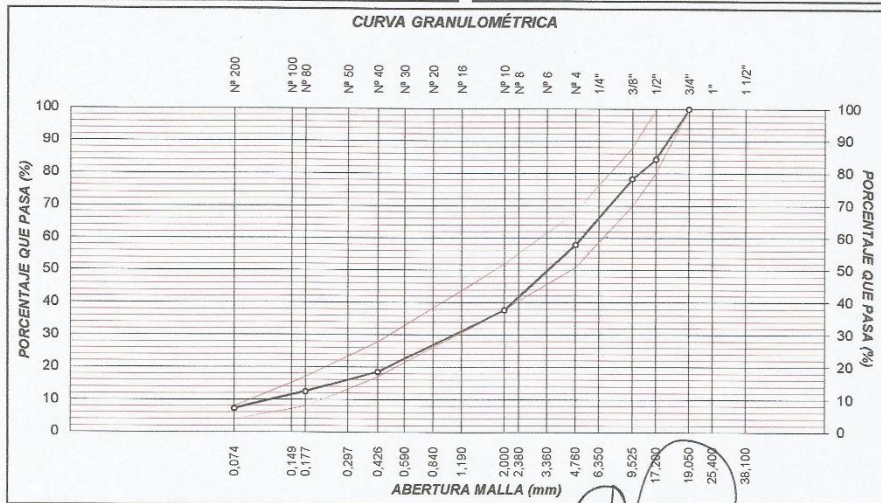
REFERENCIA :
 FECHA DE RECEPCIÓN : Junio 2017

PRESENTACIÓN : SACOS
 FECHA DE ENSAYO : Junio 2017

MEZCLA DE AGREGADOS

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE				GRADACIÓN MAC-2
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)		
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050		100	100	
1/2"	12,700	15,6	84,4	80	100
3/8"	9,525	6,1	78,3	70	88
1/4"	6,350	11,5	66,8		
Nº 4	4,760	8,8	58,0	51	68
Nº 6	3,360	9,0	49,0		
Nº 8	2,380	7,9	41,1		
Nº 10	2,000	3,3	37,8	38	52
Nº 16	1,190	8,8	29,0		
Nº 20	0,840	3,9	25,1		
Nº 30	0,590	3,8	21,5		
Nº 40	0,425	2,9	18,6	17	28
Nº 50	0,297	2,5	16,1		
Nº 80	0,177	3,5	12,6	8	17
Nº 100	0,149	1,7	10,9		
Nº 200	0,074	3,5	7,4	4	8
- Nº 200		7,4			

RESUMEN DE ENSAYO	
PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS	
(1) Piedra 1"	= 20%
(2) Piedra 1/2"	= 15%
(3) Arena Chancada	= 35%
(4) Arena zarandeada	= 30%
PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE	
- AGREGADO GRUESO	= 42%
- AGREGADO FINO	= 58%
OBSERVACIONES :	
- Especificaciones del MTC EG-2000	
Nota :	
- Eliminar Piedra > 3/4"	



ING. RESPONSABLE
 JUNIO 2017

El ensayo de asfalto se realizó con 1160 gramos de material, entre agregado fino con 58% que sería 672.8g.y 42% que sería 487.2g de agregado grueso.

Imagen 3.4. *Peso de la muestra para el ensayo granulométrico y tamizado*



Fuente: Elaboración propia 22 de mayo 2017

3.2.3 Peso específico y absorción de los agregados.

Objetivo: determinar el peso específico y absorción de los agregados finos y gruesos.

Importancia del peso específico

- Es un índice de calidad que puede utilizarse para separar el material bueno del malo.
- Indica cuanto espacio ocuparán las partículas en la mezcla de concreto.
- Nos sirve para calcular el porcentaje de huecos presentes en el agregado.

3.2.3.1 Ensayo absorción

Es el ensayo que determina el aumento de peso de los agregados debido al agua en la cantidad de los agregados

Tabla 3.2. Norma del ensayo de absorción

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Absorción	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, junio 2013

Tabla 3.3. Resultado peso específico y absorción del agregado grueso

CODIGO DE LA MUESTRA	#7	
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(EN AIRE) A	1426.6	
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(SUMERGIDO) B	902.3	
VOLUMEN DE LA MASA+ VOLUMEN DE VACIOS C=(A-B)	524.8	
PESO DE MATERIAL SECO D	1415.5	
VOLUMEN DE LA MASA E=C(A-D)	513.2	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) D/C	2.69	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) A/C	2.73	
PESO APARENTE (BASE SECA) D/E	2.76	
ABSORCION	0.78	

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

Tabla 3.4. Resultado peso específico y absorción del agregado fino

CODIGO DE LA MUESTRA	#22
PESO FIOLA(CALIBRDA CON AGUA) A	650.5
PESO FIOLA(CALIBRADA CON AGUA) + PESO MATERIAL B	456.9
PESO FIOLA + AGUA +MATERIAL S.S.S. (EXTRAIDO DEL AIRE) C	850.1
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS D=(B-C)	106.8
PESO DE MATERIAL SECO E	298
VOLUMEN DE LA MASA F=D-(PESO MATERIAL S.S.S-E)	104.9
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) E/D	2.79
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) MAT.S.S.S./D	2.8
PESO APARENTE(BASE SATURDA) E/F	2.84
ABSORCION	0.67

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

3.2.3.2 *Equivalente de arena*

Este ensayo nos sirve para obtener el equivalente de arena de la muestra granulométrica del agregado.

Tabla 3.5. *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, junio 2013

Tabla 3.6. *Resultado equivalente de arena zarandeada*

MUESTRA N		ZARANDEADA			CHANCADA		
HORA DE ENTRADA DE SATURACION (A)		10:36	10:38	10:40	11:18	11:20	11:22
SALIDA SATURACION(A+10)	2	10:46	10:48	10:50	11:28	11:30	11:32
HORA ENTRADA A SATURACION (B)		10:07:24	10:49:25	10:51:25	11:29:25	11:31:25	11:33:27
SALIDA DECANTACION (B+20)	4	11:07:24	11:09:25	11:11:25	4.3	11:51:25	4.3
ALTURA MATERIAL FINO(pulg)	5	6.2	6.4	6.7	3.2	4.5	3.2
ALTURA ARENA(pulg)	6	2.8	2.9	2.9		3.2	
EQUIVALENTE ARENA(6/5*100)(%)	7						
PROMEDIO EQUIV. ARENA(%)	8		44%			73%	

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

3.2.3.3 *Ensayo límite plástico y límite líquido*

Los suelos que poseen algo de cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semi-sólido, plástico o semi-líquido. El contenido de agua o humedad límite al que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro. (Manual de carretera, junio 2013)

Tabla 3.7. Ensayo de límite líquido

ensayos	norma	requerimiento <u>altitud</u> (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, junio 2013

Tabla 3.8. Resultado límite líquido

CODIGO DE MUESTRA	# 40		#200			#40		#200
Nº DE TARRO			C-4					C-9
P.Tarro + S. Humedo			27.22					27.3
P. Tarro s. Seco			23.97					24.18
Agua	N.P		3.25					3.17
Peso de tarro			11.95					11.75
Suelo Seco			12.02					12.48
% de Humedad			27.04					25.44
Nº DE Golpes			24					13

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

Tabla 3 .9. Resultado límite plástico

CODIGO DE MUESTRA	# 40		#200			#40		#200
Nº DE TARRO								
P.Tarro + S. Humedo								
P. Tarro s. Seco								
Agua	N.P		N.P			N.P		N.P
Peso de tarro								
Suelo Seco								
% de Humedad								
Nº DE Golpes								
LIMITE LIQUIDO								
LIMITE PLASTICO								
INDICE PLASTICO	N.P		N.P			N.P		N.P

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

3.2.3.4 Ensayo de partícula con caras de fractura

Este ensayo es indispensable ya que se determina las caras de fractura que tiene el agregado grueso.

A más caras fracturas mejor adherencia de nuestra mezcla ya que las caras fracturadas son más rugosas y favorece a la adherencia.

Describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en peso del material que presenta una, dos o más caras fracturadas de agregados pétreos.

Tabla 3.10. Ensayo caras fracturadas

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

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, junio 2013

Tabla 3.11. Resultado ensayo de caras fracturadas

ENSAYO DE PARTICULAS CON CARAS DE FRACTURAS							
ASTM D - 5821							
DESCRIPCION	Peso Total	Peso Muestra (B)	% Caras de Fracturas©		Escala	% Caras de Fracturas (E.)	
MALLAS SERIE AMERICANA	Retenido en Malas (A)	1 a más	1 a más	2 a más	original (D)	1 a más	2 a más
2" - 1½"							
1½" - 1"							
1" - ¾"	570,6	488,9	85,7	32,9	18	1542,6	592,2
¾" - ½"	518,6	460,6	88,8	55,2	64	5683,2	3532,8
½" - 3/8"	296,7	232,5	78,4	54,7	17	1332,8	929,9
						8558,6	5054,9

% CARAS DE FRACTURAS 1 A MAS:	85,60%
% CARAS DE FRACTURAS 2 A MAS:	51.10%

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

3.2.3.5 Índice de durabilidad

Es un valor que muestra la resistencia relativa de u agregado para producir finos dañinos, del tipo arcilloso, cuando se somete a los métodos de degradación mecánica. (ICG, instituto de la construcción y gerencia, MTC e214-2000, pág. 1)

Tabla 3.12. Ensayo de durabilidad

ensayos	norma	requerimiento altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, junio 2013

Tabla 3.13. Resultado ensayo de durabilidad

IDENTIFICACION							
PASA	RET	Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERD. DESP. DE ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	%PERDIDAS CORREGIDAS
2"	1½"						
1 ½"	1"						
1"	¾"	USA-019	160,6	160,2			
¾"	½"	PCH-02	622,5	620	-	39	
½"	3/8"	USA-070	343,1	326,6	1,97	16,9	1,1
3/8"	Nº 4	K-8	330,3	323,2	2,15	44,6	0,96
TOTAL							2,06
IDENTIFICACION							
PASA	RET	Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERD. DESP. DE ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	%PERDIDAS CORREGIDAS
3/8"	Nº 4	JZ	100,0	93,5	6,5	11	0,72
Nº4	Nº8	USA-331	100,0	91,3	8,7	25,5	2,22
Nº8	Nº16	USA-55	100,0	96,4	3,6	18,5	0,67
Nº16	Nº30	UCC-067	100,0	93,1	6,9	11,5	0,79
Nº30	Nº50	25	100,0	89,8	10,2	8,5	0,87
TOTAL							5,27

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

3.2.3.6 Partículas chatas y alargadas

Este ensayo es para determinar la cantidad de partículas delgadas y alargadas tiene nuestro agregado grueso.

Ya que el exceso hace que no se compacte bien nuestra mezcla.

Tabla 3.14. Ensayo partículas chatas y alargadas

ensayos	norma	requerimiento altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.

Fuente: Manual de carretera y especificaciones técnicas, junio 2013

Tabla 3.15. Resultado ensayo chatas y alargas

DESCRIPCION	Peso Total	PESO MUESTRAS CHATAS Y ALARGADAS (B)	PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS	Escala	PORCENTAJE PARCIALES DE CHATAS Y ALARGADS(E.)
MALLAS SERIE AMERICANA	Retenido en Mallas (A)			Original (D)	
2" - 1½"					
1½" - 1"					
1" - ¾"	570.6			18	
¾" - ½"	518.3			64	
½" - 3/8"	296.7	6.4		17	36.7
					36.7
	% DE CHATAS Y ALARGADAS E/		0.37 %		

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

3.2.3.7 Abrasión los ángeles

Este ensayo es para determinar el desgaste de los agregados y la capacidad que tienen para resistir a esfuerzos.

Tabla 3.16. Ensayo abrasión ángeles

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

Tabla 3.17. Resultado ensayo abrasión los ángeles

NOTA: LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN LA CANTIDAD DE ESFERAS							
CODIGO DE MUESTRA	M.A2						
PESO INICIAL	5000						
GRADACION	B						
PESO MATERIAL RET. EN LA MALLA Nº12	4345,1						
PESO MATERIAL PASA EN MALLA Nº12	654,1						
PORCENTAJE DE DESGASTE	13%						

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017

Tabla 3.18. Briqueta óptima para el diseño asfáltico convencional

		Número de briqueta			PROMEDIO
		1	2	3	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,70			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,18	6,13	6,17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1222,8	1218,8	1220,7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1223,3	1219,2	1222,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	722,4	722,1	722,2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,5	0,4	1,9	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	500,9	497,1	500,4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,10	0,08	0,38	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2,441	2,452	2,439	2,444
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,507			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4,2	3,8	4,3	4,1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2,787			
20	V.M.A. (%)	17,2	16,9	17,3	17,1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	75,5	77,6	75,3	76,1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5,38			
25	FLUJO (mm)	4,1	3,8	4,1	4,0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1364,8	1364,8	1387,8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1419,0	1419,0	1443,0	1427,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3491,6	3724,4	3550,7	3589,0

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Informe óptimo de asfalto convencional



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DEL ENSAYO CONVENCIONAL

SOLICITANTE : Edwin Jesus Villagaray Medina	MUESTRA : Agregados y cal hidratada.
DOMICILIO LEGAL : Calle 37 AA.HH Laura Caller Miz-9A Lt 9- Los Olivos	IDENTIFICACIÓN : La que se indica
PROYECTO : "Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas(remanso) 2017"	CANTIDAD : La que se indica
REFERENCIA :	PRESENTACIÓN : Sacos.
FECHA DE RECEPCIÓN : Junio 2017	FECHA DE ENSAYO : Junio 2017

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :

- N° de golpes por cara		75			
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5,4	5,6		5,8	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	2,443	2,446		2,448	
- Vacíos, %	4,3	3,9		3,5	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	74,8	77,4		79,9	
- V.M.A., %	17,1	17,2		17,3	
- Estabilidad, kg (kN)	1401,1	(13,740) 1389,4	(13,625)	1355,4	(13,292)
- Flujo, mm (10 ⁻² pulg)	3,4	(13,6) 3,7	(14,4)	3,9	(15,4)
- Absorción de Asfalto, %		0,12			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	4063,0	(10,0) 3788,0	(9,0)	3461,0	(9,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C		140 - 145			

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	40,0
(2) Agregado fino, % **	60,0
(3) Filler mineral, % **	--
(4) Aditivo, % ***	0,5

Materiales :

Tipo de Asfalto	: PEN 60 - 70
Agregado grueso	: Piedra chancada - C cantera leticia
Agregado fino	: Arena chancada - C cantera leticia
Aditivo	: Mejorador de adherencia tipo amina

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (**) Porcentaje en peso de los agregados
- (***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Observaciones :

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición, aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001

Agregados, proporcionados e identificados por el solicitante.

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.


 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
 ING. J.C. FLORES C.
ING. RESPONSABLE
 JUNIO 2017



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Telf. : 481-3707

Fax: 481-0677

Tabla 3.19: Briqueta óptima para el diseño modificado 0.5 % C.A

	N° DE BRIQUETAS	Número de briqueta			PROMEDIO
		1	2	3	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			5.5	
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			37.80	
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			56.20	
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			0.5	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.010	
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")			2.734	
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO			2.823	
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER			6.200	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.23	6.22	6.23	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1229.5	1228.8	1229.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1230.5	1230.3	1231.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	725.3	726.1	726.3	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.0	1.5	2.0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	505.2	504.2	504.7	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.20	0.30	0.40	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.434	2.437	2.435	2.435
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041			2.540	
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.2	4.1	4.1	4.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)			2.795	
20	V.M.A. (%)	17.7	17.6	17.7	17.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	76.3	77.0	76.7	76.7
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL			2.786	
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)			-0.12	
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)			5.62	
25	FLUJO (mm)	3.4	3.4	3.4	3.4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1270.0	1280.0	1290.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1321.0	1331.0	1342.0	1331.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3940.0	3881.6	4002.6	3941.0

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

- Para el ensayo Marshall modificado con caucho se utilizó el 0.5% del agregado fino que vendría a ser 3.364 gramos de caucho, donde se observa que es el óptimo asfalto modificado.

Informe óptimo de asfalto modificado con caucho



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO A 0.5%**

SOLICITANTE	: Edwin Jesús Villagaray medina	MUESTRA	: Agregados y caucho.
DOMICILIO LEGAL	: Calle 37 AA.HH Laura Caller Mz-9A Lt 9- Los Olivos	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: <i>Aplicación de caucho reciclado en un asfalto de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas(remanso) 2017"</i>	CANTIDAD	: La que se indica
REFERENCIA	:	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: JUNIO 2017	FECHA DE ENSAYO	: JUNIO 2017

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara	:		75			
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,2	5,4		5,6	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,445	2,443		2,440	
- Vacíos, %	:	4,6	4,4		4,1	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	72,4	74,4		76,2	
- V.M.A., %	:	17,0	17,3		17,6	
- Estabilidad, kg (kN)	:	1469,6	1440,4	(14,125)	1400,6	(13,736)
- Flujo, mm (10 ⁻² pulg)	:	3,1	3,3	(12,2)	3,5	(13,7)
- Absorción de Asfalto, %	:					
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	4759,0	4366,0	(12,0)	4035,0	(11,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		140 - 145			

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	40,0
(2) Agregado fino, % **	:	59,5
(3) Filler mineral, % **	:	0,5
(4) Aditivo, % ***	:	0,5

Materiales :

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70
Agregado grueso	:	Piedra chancada - C Cantera "Leticia"
Agregado fino	:	Arena chancada - C Cantera "Leticia"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia tipo amina

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (**) Porcentaje en peso de los agregados
- (***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Observaciones :

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición, aprobado con R.D. Nº 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001 Agregados, proporcionados e identificados por el solicitante.

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
 ING. RESPONSABLE
 JUNIO 2017
 DIRECCIÓN DE LABORATORIOS



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677

Tabla 3.20. Características de diseño (Grupo de Control).

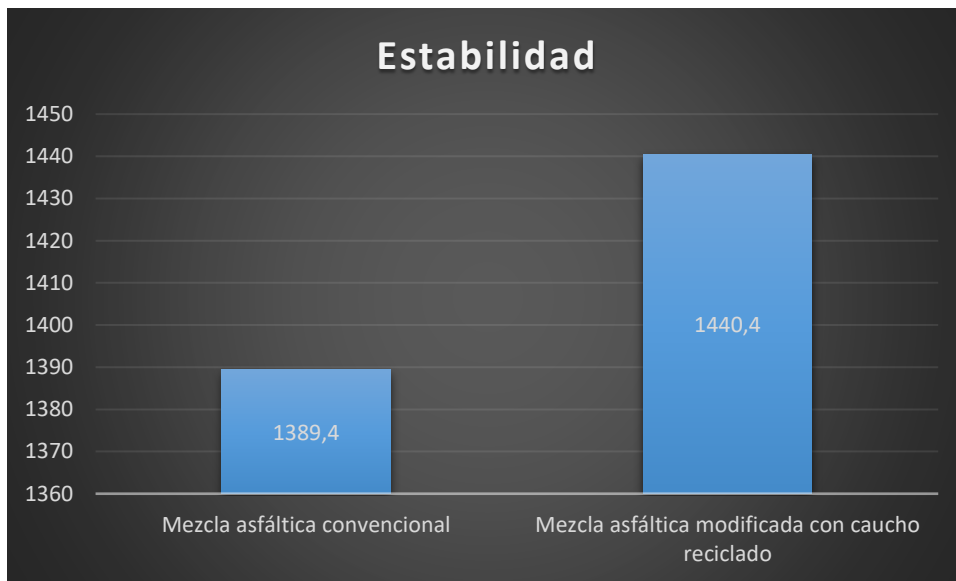
PARÁMETROS DE DISEÑO	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado
% Cemento Asfáltico en peso	5.60	5.4
Peso específico Probeta	2.446	2.443
Vacíos	3.9	4.4
Vacíos Agregado Mineral	17.4	17.3
Vacíos llenados con C. Asfáltico	77.1	74.4
Flujo	3.7	3.3
Estabilidad	1389.4	1440.4
Factor de rigidez	3788	4366

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

En las tablas mostradas, se pueden apreciar diferencias en las características de los dos diseños, por ejemplo, la estabilidad, flujo y el factor de rigidez.

Previo a analizar la incidencia del índice de rigidez en la resistencia a las deformaciones permanentes, se debe evaluar las diferencias entre los dos tipos de mezclas estudiadas a fin de estimar una posible respuesta ante este tipo de deterioro. Cabe resaltar que, el índice de rigidez es la relación entre la estabilidad (rigidez) entre el flujo (deformación). Por ello, en los siguientes gráficos se evalúan dichos parámetros.

Grafico 3.1. Tipo de Mezcla Vs. Estabilidad

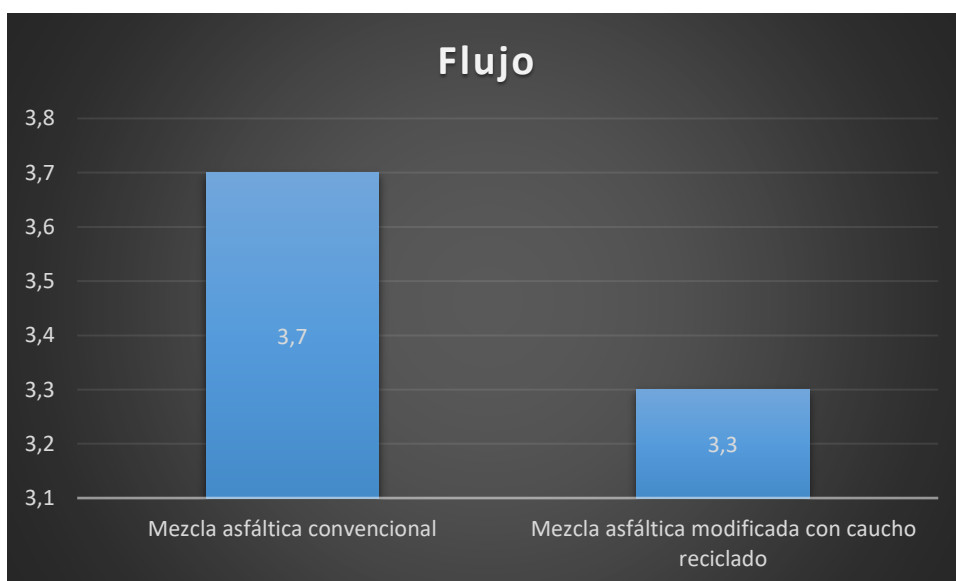


Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Interpretación:

Es notorio que la mezcla asfáltica modificada evidencia un aumento en la estabilidad, con un 3.54% respecto a la mezcla convencional, lo cual es un indicativo que la mezcla asfáltica modificada con caucho proporciona mayor rigidez que la mezcla convencional, ayudando a la resistencia a las deformaciones permanentes.

Gráfico 3.2. Tipo de mezcla Vs. Flujo

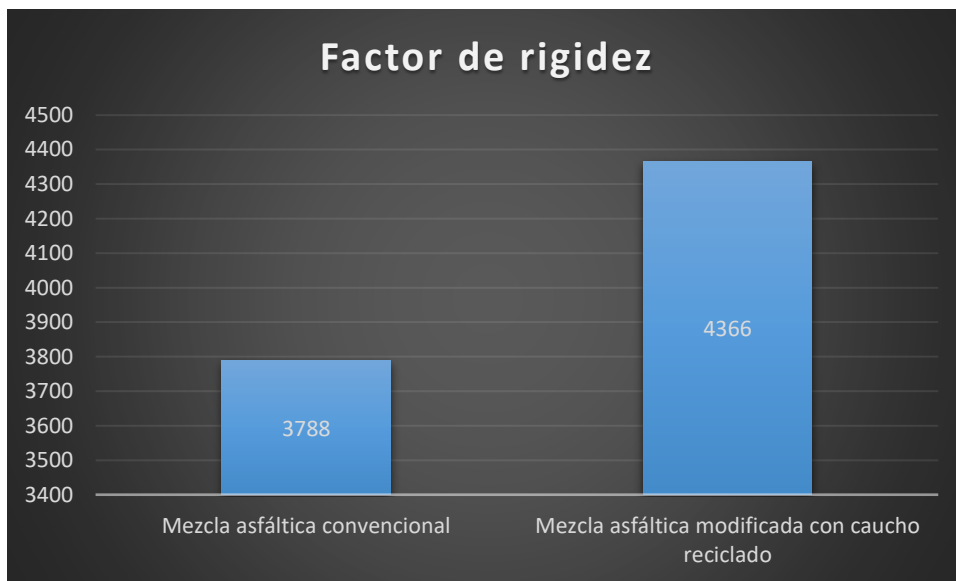


Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Interpretación:

Se evidencia que la mezcla asfáltica modificada presenta una leve reducción en el flujo de 10.81% con respecto a la mezcla de convencional, lo cual indica que además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Gráfico 3.3. Tipo de mezcla Vs. Índice de rigidez



Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Interpretación:

Se puede apreciar que en este parámetro, existe una gran diferencia entre ambas mezclas. Por un lado, la mezcla convencional presentó un factor de rigidez de 3788 Kg/cm², mientras que la mezcla modificada presentó un valor de 4366 Kg/cm², representando un incremento de 13.24%. Por lo tanto, se puede confirmar que el caucho reciclado en la mezcla aporta una mayor rigidez, lo cual evidencia un mejor comportamiento a las deformaciones permanentes.

Tabla 3.21. Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica convencional

APU MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DIA				
Costo unitario directo por : m3	S/. 569.91	(sin igv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1	0.0321	12.83	0.41
OPERARIO	hh	1	0.0321	14.75	0.47
CAPATAZ	hh	1	0.0321	19.18	0.62
PEON	hh	3	0.0964	11.58	3.35
					4.85
Materiales					
PETROLEO DIESEL # 2	gal		5.8	10.84	62.87
ARENA ZARANDEADA (P/ ASFALTO)	m3		0.52	21.94	11.41
ARENA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	61.97	26.65
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	34.98	15.04
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	kg		132.298	2.61	345.30
MEJORADOR DE ADHERENCIA (RADICOTE)	kg		0.6614	10.48	6.93
FILLER (CAL HIDRATADA)	kg		42.974	0.88	37.82
					506.02
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5	2.62	13.10
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2	0.0643	139.38	17.92
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1	0.0321	530	17.01
					59.04
				TOTAL	569.91

Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Tabla 3.22. Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica modificada

APU MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DIA				
Costo unitario directo por : m3	S/. 546.47	(sin igv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1	0.0321	12.83	0.41
OPERARIO	hh	1	0.0321	14.75	0.47
CAPATAZ	hh	1	0.0321	19.18	0.62
PEON	hh	3	0.0964	11.58	3.35
					4.85
Materiales					
PETROLEO DIESEL # 2	gal		5.8	10.84	62.87
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.52	34.98	18.19
ARENA ZARANDEADA (P/ ASFALTO)	m3		0.12	21.94	2.63
ARENA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	61.97	26.65
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	kg		132.298	2.61	345.30
MEJORADOR DE ADHERENCIA (RADICOTE)	kg		0.6614	10.48	6.93
CAUCHO RECICLADO (Kg)	kg		8	2.5	20.00
					482.57
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5	2.62	13.10
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd ³	hm	1	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2	0.0643	139.38	17.92
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1	0.0321	530	17.01
					59.04
				TOTAL	546.47

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Interpretación

Se puede comprobar que con el asfalto modificado por metro cubico tendríamos un ahorro de 4.11% a diferencia de mezcla asfáltica convencional. Por tanto ya que ofrece mejores propiedades mecánicas y también son más económicas construir asfaltos con caucho mediante el proceso seco.

Estimación de periodos de mantenimiento

Mediante el siguiente cuadro, se muestran los periodos estimados de mantenimiento tanto para la mezcla convencional como la modificada con caucho reciclado.

Tabla 3.23. *Costos y Periodos estimados de mantenimiento del asfalto convencional*

AÑOS (VIDA UTIL DEL PAVIMENTO)	MATENIMIENTO RUTINARIO (*)	MATENIMIENTO PERIÓDICO (*)	COSTO MANT. RUTINARIO (**)	COSTO MANT. PERIÓDICO (**)	TIPO DE INTERVENCION
2017					CONSERVACION
2018			\$52,166.00		CONSERVACION
2019			\$52,166.00		CONSERVACION
2020			\$52,166.00		CONSERVACION
2021			\$52,166.00		CONSERVACION
2022			\$52,166.00	\$830,260.00	REFUERZO DECARPETA ASFAL.
2023			\$52,166.00		CONSERVACION
2024			\$52,166.00		CONSERVACION
2025			\$52,166.00		CONSERVACION
2026			\$52,166.00		CONSERVACION
2027			\$52,166.00	\$830,260.00	REFUERZO DECARPETA ASFAL.
2028			\$52,166.00		CONSERVACION
2029			\$52,166.00		CONSERVACION
2030			\$52,166.00		CONSERVACION
2031			\$52,166.00		CONSERVACION
2032			\$52,166.00	\$830,260.00	REFUERZO DECARPETA ASFAL.
2033			\$52,166.00		CONSERVACION
2034			\$52,166.00		CONSERVACION
2035			\$52,166.00		CONSERVACION
2036			\$52,166.00		CONSERVACION
2037			\$52,166.00		CONSERVACION
TOTAL (A 20 AÑOS DE VIDA UTIL)			\$1, 043,320.00	\$2,490,780.00	
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO GENERAL)			\$3,534,100.00		
COSTO DE MANTENIMIENTO POR KM / AÑO			\$18,632.72		

Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Tabla 3.24. Costos y Periodos estimados de mantenimiento del asfalto modificado

AÑOS (VIDA UTIL DEL PAVIMENTO)	MATENIMIENTO O RUTINARIO (*)	MATENIMIENTO O PERIÓDICO (*)	COSTO MANT. RUTINARIO (**)	COSTO MANT. PERIÓDICO (**)	TIPO DE INTERVENCIÓN
2017					CONSERVACION
2018			\$52,166.00		CONSERVACION
2019			\$52,166.00		CONSERVACION
2020			\$52,166.00		CONSERVACION
2021			\$52,166.00		CONSERVACION
2022			\$52,166.00		CONSERVACION
2023			\$52,166.00		CONSERVACION
2024			\$52,166.00		CONSERVACION
2025			\$52,166.00		CONSERVACION
2026			\$52,166.00		CONSERVACION
2027			\$52,166.00	\$830,260.00	REFUERZO DECARPETA ASFAL.
2028			\$52,166.00		CONSERVACION
2029			\$52,166.00		CONSERVACION
2030			\$52,166.00		CONSERVACION
2031			\$52,166.00		CONSERVACION
2032			\$52,166.00		CONSERVACION
2033			\$52,166.00		CONSERVACION
2034			\$52,166.00		CONSERVACION
2035			\$52,166.00		CONSERVACION
2036			\$52,166.00		CONSERVACION
2037			\$52,166.00	\$830,260.00	REFUERZO DECARPETA ASFAL.
2038			\$52,166.00		CONSERVACION
2039			\$52,166.00		CONSERVACION
2040			\$52,166.00		CONSERVACION
2041			\$52,166.00		CONSERVACION
2042			\$52,166.00		CONSERVACION
2043			\$52,166.00		CONSERVACION
2044			\$52,166.00		CONSERVACION
2045			\$52,166.00		CONSERVACION
2046			\$52,166.00		CONSERVACION
2047			\$52,166.00		CONSERVACION
TOTAL (A 35 AÑOS DE VIDA UTIL)			\$1,564,980.00	\$2,490,780.00	
COSTO TOTAL (MANTENIMIENTO GENERAL)			\$4,055,760.00		
COSTO DE MANTENIMIENTO POR KM / AÑO			\$11,719.35		

Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Ahorro en costos de mantenimiento: Esta es una variable muy importante ya que los mantenimientos son dependientes del estado de servicio de una carretera. Está determinada por la suma de todos los mantenimientos programados entre los años de servicio y los kilómetros de la carretera.

Tabla 3.25. Precio de mantenimiento por Km/Año

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO SBS	VARIACIÓN (%)
PRECIO POR KM/AÑO (HASTA EL AÑO 2045)	\$18,632.72	\$11,719.35	+ 62.89

Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Interpretación

Se puede observar que los costos de mantenimiento usando la mezcla modificada son inferiores en un 62.89% con respecto a los costos de mantenimiento con la mezcla convencional. Es decir por cada año, el mantenimiento de un kilómetro de carretera con mezcla asfáltica convencional cuesta \$18,632.72, mientras que con la mezcla modificada \$11,719.35, representando un ahorro de \$6913.37 por kilómetro de mantenimiento en cada año.

Tabla 3.26. Vida útil del pavimento con los dos tipos de alternativas

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO SBS	VARIACIÓN (%)
VIDA UTIL DEL PAVIMENTO	20 AÑOS	30 AÑOS	+ 10 AÑOS

Fuente: Elaboración propia, julio 2017

Interpretación

Se puede observar que utilizando la mezcla modificada con caucho reciclado, el periodo de vida útil del asfalto se extiende 10 años más con respecto al asfalto con mezcla convencional, mejorando así el tiempo de servicio de dicha vía

IV. DISCUSIÓN

La presente investigación aplicada en el laboratorio del ministerio de transportes y comunicaciones diseñando un asfalto modificado con material de caucho reciclado, confirma lo planteado por (Fajardo Luis y Vergaray Alfonso, 2014), mediante el proceso que se realizó el diseño de asfalto (vía seca). El caucho se incorporó como un agregado más, llegando a reemplazar en parte al agregado fino, logrando así mejorar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas con el polvo del neumático aumentando la estabilidad en un 3.54% a comparación de un asfalto convencional e incluso aumenta la vida útil llegando hacer 30 años de vida y disminuye el mantenimiento a la que se puede dar.

Así sostiene (Marín Hernández, Alberto. 2008), que el material del caucho reciclado logra un cambio significativo con el comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas.

De igual manera se cotejó lo mencionado por (Angulo Ricardo y Duarte José Luis, 2005), donde propone la elaboración de un asfalto modificado con caucho reciclado. Ya que al incorporación este material en un diseño de asfalto se llega a obtener una mejora en algunas de sus propiedades como la recuperación elástica por torsión y también el aumento de la resistencia a la deformidad.

V. CONCLUSIONES

Se comprueba que la rigidez de la mezcla asfáltica, obtenidas mediante el ensayo de diseño Marshall, El caucho reciclado puede ser utilizado confiablemente para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, mediante el proceso de la vía seca. Ya que aumenta el factor de rigidez en un 13.24% a comparación de un asfalto convencional, debido a ello el asfalto modificado tiene mejor resistencia.

Se comprueba que el asfalto modificado con caucho reciclado mejora en la resistencia a la deformación con un 3.54% a comparación del asfalto convencional dando así a la carpeta asfáltica mejor estabilidad=1440.4kg y a comparación del asfalto convencional con una estabilidad=1389.4kg, por ello el asfalto modificado ayuda a la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Visto que el neumático es un material contaminante luego de su uso, se pudo comprobar en esta investigación, que el caucho, puede usarse de manera confiable en los diseños de asfaltos modificados puesto que. La utilización de este material reciclado traerá beneficios ambientales, ya que el residuo se valoriza y solucionará el problema de la mala disposición final de ellos, reduciendo así la contaminación.

Se puede comprobar que el asfalto modificado con caucho reciclado reduce el periodo de mantenimiento costo por kilómetro en un 37.10% de la vía generando un ahorro de \$6913.37km/año, ya que para el asfalto modificado respecto a su manteniendo se estima un monto de **\$11,719.35**. Mientras que para el asfalto convencional **\$18,632.72**.

Entre menor sea el tamaño máximo de los granos del caucho reciclado que se utilizan para mejorar las mezclas asfálticas modificadas, mejores serán los resultados obtenidos dando así mejor consistencia y durabilidad a la carretera.

Por otra parte, es evidente que la vida útil de la carretera se prolonga con el uso de la mezcla asfáltica con caucho reciclado. En el caso de esta investigación, se estima que la carretera con este tipo de mezcla incrementa a 10 años su tiempo de servicio (vida útil) con respecto a la mezcla asfáltica convencional.

Habiéndose realizado tres ensayos Marshall con diferentes porcentajes de caucho a un 0.5%, 1% y 1.5% del agregado fino, se llegó a verificar que el contenido óptimo con el cual mejora las características de la mezcla es a un 0.5 % del agregado fino comparado con la mezcla asfáltica convencional tal como se muestra en la **tabla 3.23**.

El proceso de dosificación de las mezclas por la vía seca, no difiere en gran medida del diseño de una mezcla tradicional, salvo en un parámetro básico que es la determinación del tiempo y temperatura de digestión mínimo para alcanzar el grado de modificación suficiente.

En la mezcla asfáltica con caucho de reciclado mediante el proceso de la vía seca, disminuye el contenido de huecos con aire y el contenido de vacíos 4.4% que está en el rango de diseño del agregado final puesto que el material de caucho es adicionado los pasantes a la malla número 40.

A medida que se incorpora mayor cantidad de caucho en la mezcla asfáltica, la Estabilidad tiende a disminuir. La fluidez sobrepasa los límites de una carpeta de rodadura, para contenidos de ligante del 1%

VI. RECOMENDACIONES

El uso del caucho reciclado tomando en cuenta el diseño de mezcla asfáltica en estudio, ha evidenciado una mejora respecto al tipo de deterioro de deformación permanente, sin embargo, se recomienda seguir con dichas investigaciones en nuestro país con respecto a este tipo de diseño de mezcla asfáltica mediante el proceso de vía seca.

Que las empresas industriales se dediquen al campo de la reutilización de neumático instalando plantas de trituración de caucho, para incorporar a un diseño de asfalto ya que se comprobó que mejora la resistencia y aporta a las deformaciones permanentes.

Dado que en el Perú, aun no hay una norma que establezca con las especificaciones del caucho para incorporar a un diseño de asfalto sería recomendable que se realicen estudios a fondo para poder determinar los parámetros que son necesarios en un diseño y así con más exactitud se puede completar y proceder a ejecutar esta mezcla en proyectos de gran envergadura.

Por otra parte hay dos procesos por donde se realiza el diseño de asfalto los cuales son, la vía húmeda y la vía seca. En este caso para realizar el diseño modificado mediante la vía húmeda no contamos con un horno para poder mezclar el caucho ya que por ese proceso el caucho y el asfalto deberán ser mezclados homogéneamente a una temperatura de 160°C aproximadamente sería bueno contar con las herramientas a la mano y así se podrá ejecutar diseños con distintos polímeros.

Al usar el caucho mediante el proceso de la vía seca sería necesario estudiar las ventajas de los distintos tamaños del caucho a comparación a lo que se utilizó para esta investigación.

Se debe continuar estudiando con granulometrías tradicionales para realizar mezclas asfálticas con asfalto modificado con caucho reciclado, para comparar con los resultados obtenidos con el uso de la granulometría.

Asimismo, es necesario realizar un seguimiento a los tramos de prueba realizados con este proceso, con la obtención de testigos principalmente.

La universidad debería implementar el curso de diseño pavimento, donde cada estudiante podría desarrollar investigaciones con otros materiales que brinden una mejora a los asfaltos tradicionales.

Estos asfaltos modificados deberían ser aplicados en las distintas regiones del país, para observar como es el comportamiento a diferentes temperaturas, para determinar qué tan eficiente son y también comprobar el tiempo de vida útil que podría soportar.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETRAM, George. Ensayos de Suelos Fundamentales para la Construcción. Washington: International Road Federación, 1963, pp.89.95.
- Proceso de reciclaje de caucho para un diseño de pavimento disponible
en:<https://reciclajeverde.wordpress.com/2012/06/26/reciclaje-de-neumaticos-procesos-y-usos/>)
- Mora, Carlos. Manual de supervisión de aspectos sociales para la ejecución de obras de infraestructura vial. Perú: Ministerio de Transportes y 116 Comunicaciones. Recuperado de: <http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/asuntos/guias/pdf/MSAS.pdf> f ISBN: 980470170658
- Manual de carreteras, normas para la evaluación de proyectos y geometría [en línea]. Lima: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Inc., 2011 [fecha de consulta: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.mopc.gov.py/userfiles/files/gap.pdf>
- Manual metodológico para la redacción de un tema de investigación disponible
en:<http://www.dgsc.go.cr/dgsc/documentos/cecaedes/metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos. y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. México: Mc Graw-Hill, 2010. pp. 56-67.
- Fernández, Ricardo. Pavimentos sustentables [en línea]. Lima: informe S.L, Inc. 2010 [fecha de consulta: 22 de octubre del 2016]. Disponible en: <http://ligante-asfaltico.blogspot.pe/p/llantas-usadas-en-pavimentos.html>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013. Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, MTC. Lima: 2013. pág. 1274, Manual.

- Escuela colombiana de ingeniería, “Diseño racional de pavimento” Colombia 2004, 584 p. ISBN: 9586836223, 9789586836227.
- Instituto nacional de vías, “Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito” editorial, Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías, 1998, 107 p. ISBN: 9589655815, 9789589655818.
- Terrones Ospina, Hermes Andrés, “Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho” (2014), Publicado por la escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito, Bogotá-Colombia.
- Marín Hernández, Alberto, “Asfaltos modificados y pruebas de laboratorio para caracterizarlos” (2008), para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, en la ciudad de Lima-Perú.
- Angulo rodríguez, Ricardo y Duarte Ayala, José Luis “Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos” (2005), Publicado por la universidad industrial de Santander butamarca.
- Salcedo de la Vega, Carlos. 2008. Experiencia de Modificación de Cemento Asfáltico con Polímeros SBS en Obra. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Piura: 2008. pág. 64, Tesis de Maestría.
- VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica. Lima: San Marcos, 2006. pp. 67-75.
- **Ministerio de transportes y comunicaciones. 2013. *Manual de carretera conservación vial volumen 1, volumen 2, volumen 3.*** lima: s.n., 2013.

- **Fajardo Cachay, Luis Enrique y Vergaray Huamán, Douglas Alfonso . 2014.** *Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas.* Lima-Perú : s.n., 2014.
- **Ministerio de transportes y comunicaciones . 2013.** *Manual de carretera suelos, geotecnia, geología y pavimentos.* lima : s.n., 2013.
- **Real sociedad española de química. 2003.** *anales química.* madrid : ciudad universitaria facultad de químicauniversidad complutense , 2003.
- **Urrego Aguilera , Edward Camilo y Ruiz Ramírez , Cristian Camilo. 2016.** *Determinacion de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfálticos convencionales y materiales de peña y río.* Bogota : s.n., 2016.

ANEXOS

Anexo 1: Formato para la inspección de tramo avenida álamo.

Formato para la inspección de tramo avenida álamo.

Objetivo: Determinar el lugar más crítico de la avenida trapiche, donde se desarrolló la investigación.

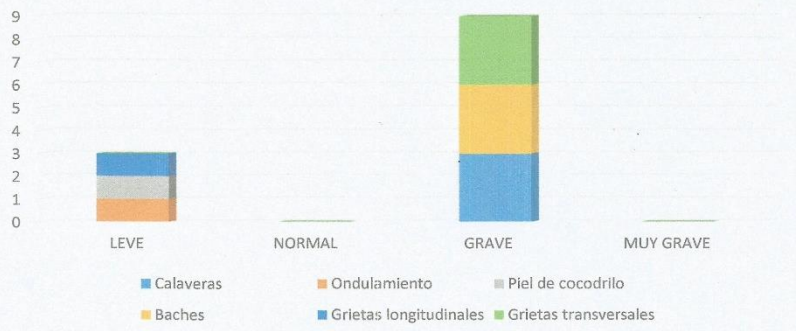
Donde:

1 = Leve 2 = Normal 3 = Grave 4 = Muy grave

fallas en el asfalto	Inspección para tramos de la av. Trapiche			
	LEVE	NORMAL	GRAVE	MUY GRAVE
Calaveras			3	
Ondulamiento	1			
Piel de cocodrilo	1			
Baches			3	
Grietas longitudinales	1			
Grietas transversales			3	

Fuente: elaboración propia, Mayo 2017

INSPECCION DEL TRAMO AV. ALAMO




 Manuel R Viles Aparcana
 INGENIERO CIVIL
 CIP 81398

Anexo 2: Formato para la inspección de tramo avenida los incas.

Formato para la inspección de tramo avenida los incas.

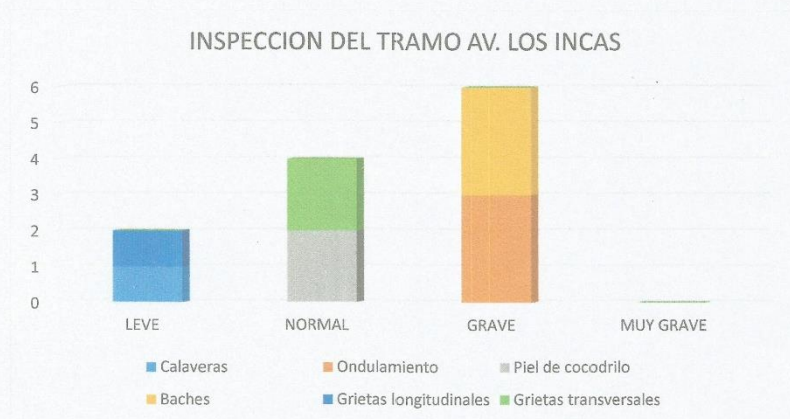
Objetivo: Determinar el lugar más crítico de la avenida trapiche, donde se desarrolló la investigación.

Donde:

1 = Leve 2 = Normal 3 = Grave 4 = Muy grave

fallas en el asfalto	Inspección para tramos de la av. Trapiche			
	LEVE	NORMAL	GRAVE	MUY GRAVE
Calaveras	1			
Ondulamiento			3	
Piel de cocodrilo		2		
Baches			3	
Grietas longitudinales	1			
Grietas transversales		2		

Fuente: elaboración propia, Mayo 2017




 Manuel R. Vica Aparcana
 INGENIERO CIVIL
 CIP 81398

Anexo 3: Formato para la inspección de tramo avenida san Carlos.

Formato para la inspección de tramo avenida san Carlos.

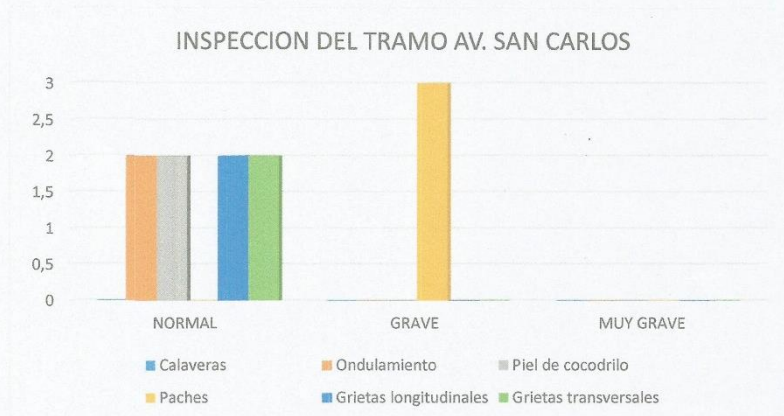
Objetivo: Determinar el lugar más crítico de la avenida trapiche, donde se desarrolló la investigación.

Donde:

1 = Leve 2 = Normal 3 = Grave 4 = Muy grave

fallas en el asfalto	Inspección para tramos de la av. Trapiche			
	LEVE	NORMAL	GRAVE	MUY GRAVE
Calaveras	1			
Ondulamiento		2		
Piel de cocodrilo		2		
Baches			3	
Grietas longitudinales		2		
Grietas transversales		2		

Fuente: elaboración propia, Mayo 2017




Manuel R. Vilca Aparcana
 INGENIERO CIVIL
 CIP 81398

Anexo 4: Formato para la inspección de tramo avenida San Felipe.

Formato para la inspección de tramo avenida San Felipe.

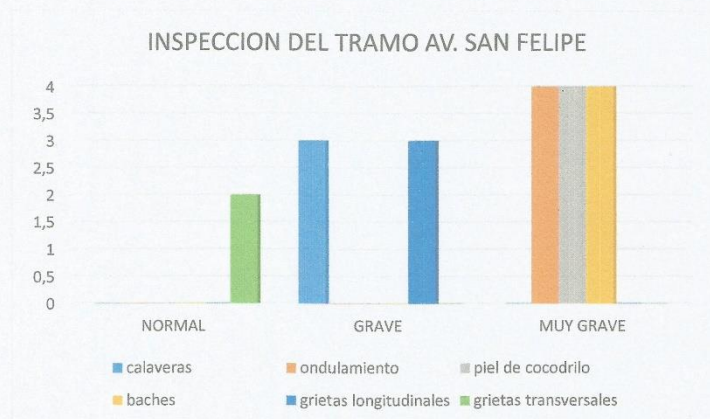
Objetivo: Determinar el lugar más crítico de la avenida trapiche, donde se desarrolló la investigación.

Donde:

1 = Leve 2 = Normal 3 = Grave 4 = Muy grave

Fallas en el asfalto	Inspección para tramos de la av. Trapiche			
	LEVE	NOR-MAL	GRAVE	MUY GRAVE
Calaveras			3	
Ondulamiento				4
Piel de cocodrilo				4
Baches				4
Grietas longitudinales			3	
Grietas transversales		2		

Fuente: elaboración propia, Mayo 2017



Interpretación: De acuerdo a la inspección realizada se puede observar que la avenida san Felipe es el tramo más crítico de la avenida trapiche.


 Manuel R Vilca Aparcana
 INGENIERO CIVIL
 CIP 81398

Interpretación: De acuerdo a la inspección realizada se puede observar que la avenida san Felipe es el tramo más crítico de la avenida trapiche.

Anexo 5: Formato para el conteo vehicular N° 1



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

Objetivo

Determinar el aforo vehicular de la avenida trapiche, para tener un estimado del tráfico vial, cuantificando el número de vehículos que se desplazan por esta avenida.

Punto de inspección: Para cuantificar los vehículos que transitan por esta avenida nos ubicamos en la intersección de la avenida san Felipe con la avenida trapiche.

Sentido: Se realizó el conteo en las coordenadas de este – oeste.

Fecha: 10 de mayo de 2017

TIPOS DE VEHICULOS						
HORA	AUTO	CAMIONETA	CAMION	BUS	CAMION DE 2 EJES	TRAILER DE 3 EJES
8:00-9:00	44	22	14	42	8	4
9:00-10:00	40	17	15	32	12	5
10:00-11:00	45	16	13	35	14	3
11:00-12:00	27	16	11	33	15	7
12:00-1:00	26	21	14	32	11	5
1:00-2:00	22	14	8	29	13	3
2:00-3:00	29	11	9	23	8	2
3:00-4:00	39	16	11	36	10	4
4:00-5:00	60	26	12	42	14	3
5:00-6:00	35	28	15	44	13	5
TOTAL	367	187	122	348	118	41
TOTAL DE VEHIVULOS POR DIA						1183

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017


Manuel R. Vicos Aparcana
INGENIERO CIVIL
CIP 61398

Anexo 6: Formato para conteo vehicular N° 2



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

Objetivo

Determinar el aforo vehicular de la avenida trapiche, para tener un estimado del tráfico vial, cuantificando el número de vehículos que se desplazan por esta avenida.

Punto de inspección: Para cuantificar los vehículos que transitan por esta avenida nos ubicamos en la intersección de la avenida san Felipe con la avenida trapiche.

Sentido: Se realizó el conteo en las coordenadas de este – oeste.

Fecha: 11 de mayo de 2017

TIPOS DE VEHICULOS						
HORA	AUTO	CAMIONETA	CAMION	BUS	CAMION DE 2 EJES	TRAILER DE 3 EJES
8:00-9:00	46	20	13	40	10	3
9:00-10:00	42	15	14	37	11	5
10:00-11:00	30	24	12	35	13	4
11:00-12:00	29	14	10	33	16	7
12:00-1:00	30	16	9	28	10	6
1:00-2:00	25	10	6	30	9	4
2:00-3:00	26	19	7	35	7	6
3:00-4:00	36	24	9	38	9	4
4:00-5:00	47	26	15	40	14	5
5:00-6:00	46	25	13	45	11	7
TOTAL	357	193	108	361	110	51
TOTAL DE VEHIVULOS POR DIA						1180

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017


Manuel R. Vilca Aparcana
INGENIERO CIVIL
CIP 61398

Anexo 7: Formato para conteo vehicular N° 3



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

Objetivo

Determinar el aforo vehicular de la avenida trapiche, para tener un estimado del tráfico vial, cuantificando el número de vehículos que se desplazan por esta avenida.

Punto de inspección: Para cuantificar los vehículos que transitan por esta avenida nos ubicamos en la intersección de la avenida san Felipe con la avenida trapiche.

Sentido: Se realizó el conteo en las coordenadas de este – oeste.

Fecha: 12 de mayo de 2017

TIPOS DE VEHICULOS						
HORA	AUTO	CAMIONETA	CAMION	BUS	CAMION DE 2 EJES	TRAILER DE 3 EJES
8:00-9:00	47	25	16	41	10	6
9:00-10:00	43	10	12	35	16	4
10:00-11:00	41	16	16	30	11	8
11:00-12:00	29	15	18	29	12	2
12:00-1:00	25	25	11	37	16	4
1:00-2:00	24	18	12	30	17	3
2:00-3:00	35	9	4	19	12	9
3:00-4:00	45	19	16	41	9	4
4:00-5:00	70	31	19	45	18	5
5:00-6:00	29	20	15	45	19	6
TOTAL	388	188	139	352	140	51
TOTAL DE VEHICULOS POR DIA						1258

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017


Manuel R. Vilca Aparcana
INGENIERO CIVIL
CIP 81398

Anexo 8: Formato para el conteo vehicular N° 4



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

Objetivo

Determinar el aforo vehicular de la avenida trapiche, para tener un estimado del tráfico vial, cuantificando el número de vehículos que se desplazan por esta avenida.

Punto de inspección: Para cuantificar los vehículos que transitan por esta avenida nos ubicamos en la intersección de la avenida san Felipe con la avenida trapiche.

Sentido: Se realizó el conteo en las coordenadas de este – oeste.

Fecha: 13 de mayo de 2017

TIPOS DE VEHICULOS						
HORA	AUTO	CAMIONETA	CAMION	BUS	CAMION DE 2 EJES	TRAILER DE 3 EJES
8:00-9:00	48	23	15	40	9	6
9:00-10:00	42	15	16	29	11	2
10:00-11:00	42	11	14	29	16	5
11:00-12:00	29	11	11	31	14	4
12:00-1:00	24	23	16	30	10	8
1:00-2:00	26	16	6	27	13	5
2:00-3:00	35	14	9	22	8	6
3:00-4:00	32	18	22	36	12	9
4:00-5:00	65	23	11	40	16	5
5:00-6:00	30	29	11	41	12	6
TOTAL	373	183	131	325	121	56
TOTAL DE VEHICULOS POR DIA						1189

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017


Manuel R. Vica Aparcana
INGENIERO CIVIL
CIP 61398

Anexo 9: Formato para el conteo vehicular N° 5



FORMATO DE AFORO VEHICULAR

Objetivo

Determinar el aforo vehicular de la avenida trapiche, para tener un estimado del tráfico vial, cuantificando el número de vehículos que se desplazan por esta avenida.

Punto de inspección: Para cuantificar los vehículos que transitan por esta avenida nos ubicamos en la intersección de la avenida san Felipe con la avenida trapiche.

Sentido: Se realizó el conteo en las coordenadas de este – oeste.

Fecha: 14 de mayo de 2017

TIPOS DE VEHICULOS						
HORA	AUTO	CAMIONETA	CAMION	BUS	CAMION DE 2 EJES	TRAILER DE 3 EJES
8:00-9:00	45	23	14	45	9	6
9:00-10:00	48	19	16	32	11	2
10:00-11:00	46	22	14	35	16	4
11:00-12:00	32	29	23	29	13	5
12:00-1:00	31	23	11	34	14	9
1:00-2:00	29	24	5	29	15	8
2:00-3:00	25	13	7	25	4	3
3:00-4:00	28	11	6	39	9	6
4:00-5:00	62	26	2	41	11	4
5:00-6:00	37	29	4	46	12	6
TOTAL	383	219	102	355	114	53
TOTAL DE VEHICULOS POR DIA						1226

Fuente: Elaboración propia, mayo 2017


Manuel R. Vlica Aparcana
INGENIERO CIVIL
CIP 81368

Anexo 10: Peso del asfalto con los agregados



Recipiente para enfriar la mezcla



Anexo 11: Balanza para pesar el agregado con el asfalto



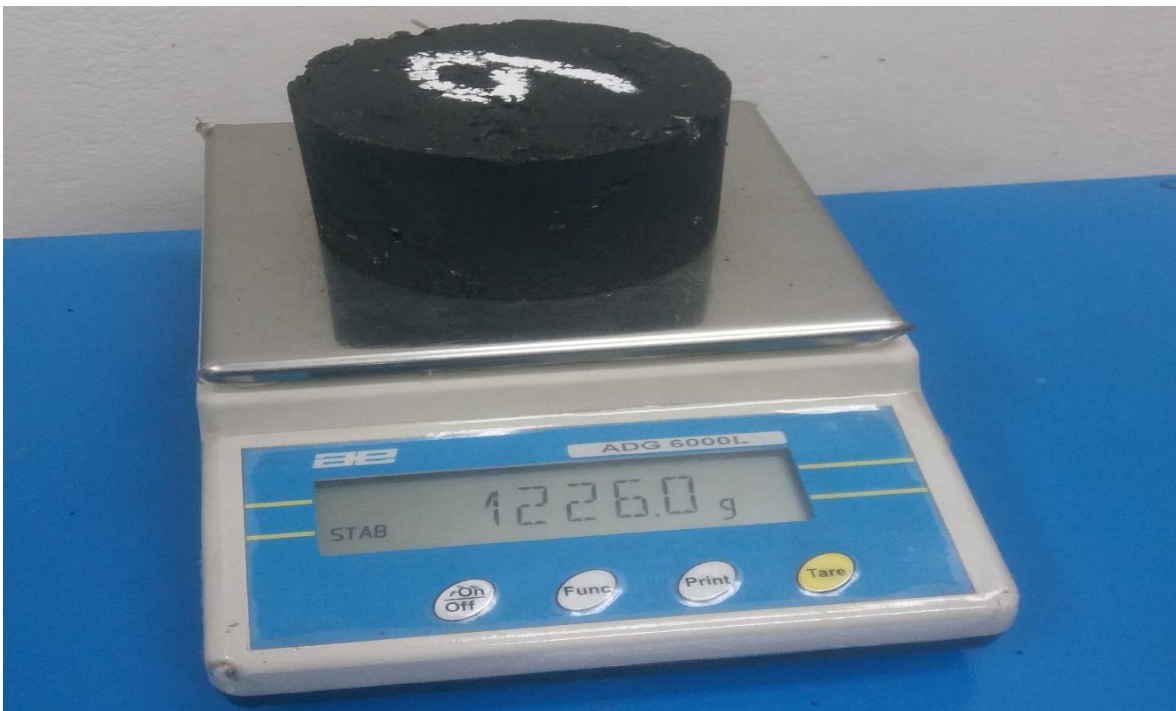
Asfalto convencional enfriando para el ensayo Rice



Anexo 12: Peso de las briquetas sumergidas al agua a una temperatura de 30°



Briqueta sumergida de asfalto modificado



Anexo 13: Rotura de briquetas



Briquetas ensayadas



Anexo 14: Ensayo rice



RICE ASTM D - 2041

SOLICITADO: EDWIN J. VILLAGARAY EDINA

FECHA: MAYO 2017

PROYECTO

"APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRÁNSITO VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS(REMANSO) 2017"

ENSAYO: RICE

DESCRIPCION	CODIGO	45%	5%	5.5%	6%
1 PESO MUESTRA SUELTA/EN AIRE) gr.		870,02	854.9	8183,3	877
2 PES FRESCO + AGUA (25°) gr.		1683,2	1677,1	1683,2	1677.1
3 PESO FRASCO + AGUA(25°) + MUESTRA SUELTA gr.		2553,4	2532	2501,5	2554,1
4 PESO FRASCO + AGUA(25°) + MUESTRA SUELTA DESPUES DE ENSAYO gr.		2216,7	2198.8	2178,3	2203,8
5 VOLUMEN (3 -4) c.c		336,7	333.2	323,2	350,3
6 GRAVEDAD ESPECIFICA (RICE) (1/5) gr/c.C		2,58	2.56	2,53	2.50

DESCRIPCION	CODIGO	45%	5%	6%	6%
1 PESO MUESTRA SUELTA/EN AIRE) gr.					
2 PES FRESCO + AGUA (25°) gr.					
3 PESO FRASCO + AGUA(25°) + MUESTRA SUELTA gr.					
4 PESO FRASCO + AGUA(25°) + MUESTRA SUELTA DESPUES DE ENSAYO gr.					
5 VOLUMEN (3 -4) c.c					
6 GRAVEDAD ESPECIFICA (RICE) (1/5) gr/c.C					



ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Anexo 15: Ensayo equivalente de arena



LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS

ORDEN DE SERVICIO: EDWIN J. VILLAGARAY MEDINA

FECHA: MAYO 2017

PRODUCTO:

"APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRÁNSITO VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS(REMANSO) 2017"

ENSAYO(S): EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA								
MUESTRA N		ZARANDEADA			CHANCADA			
HORA DE ENTRADA DE SATURACION	(A)	10:36	10:38	10:40		11:18	11:20	11:22
SALIDA SATURACION(A+10)	2	10:46	10:48	10:50		11:28	11:30	11:32
HORA ENTRADA A SATURACION	(B)	10:07:24	10:49:25	10:51:25		11:29:25	11:31:25	11:33:27
SALIDA DECANTACION (B+20)	4	11:07:24	11:09:25	11:11:25		4.3	11:51:25	4.3
ALTURA MATERIAL FINO(pulg)	5	6.2	6.4	6.7		3.2	4.5	3.2
ALTURA ARENA(pulg)	6	2.8	2.9	2.9			3.2	
EQUIVALENTE ARENA(6/5*100)(%)	7							
PROMEDIO EQUIV. ARENA(%)	8		44%				73%	




ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Anexo 16: Ensayo los Ángeles



LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS

SOLICITADO: EDWIN J. VILLAGARAY MEDINA

FECHA: MAYO 2017

PROYECTO

"APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRÁNSITO VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS(REMANSO) 2017"

ENSAYO(S): LOS ANGELES

PASA	RET.	GRADO "A"(12)	GRADO "B"(11)	GRADO "C"(08)	GRADO "D"(06)	GRADO "1"(12)	GRADO "2"(12)	GRADO "3"(12)
3"	2 ½"					2500g		
2 ½"	2"					2500g		
2"	1 ½"					5000g	5000g	
1 ½"	1"	1250g					5000g	5000
1"	¾"	1250g						5000
¾"	½"	1250g	2500g					
½"	3/8"	1250g	2500g					
3/8"	Nº3			2500g				
Nº2	Nº4			2500g				
Nº4	Nº8				5000g			

NOTA: LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN LA CANTIDAD DE ESFERAS

CODIGO DE MUESTRA	M.A2				
PESO INICIAL	5000				
GRADACION	B				
PESO MATERIAL RET. EN LA MALLA Nº12	4345,1				
PESO MATERIAL PASA EN MALLA Nº12	654,1				
PORCENTAJE DE DESGASTE	13%				

ING. RESPONSABLE
 MAYO 2017

Anexo 17: Ensayo del peso específico



LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS

SOLICITADO: EDWIN J. VILLAGARAY MEDINA


FECHA: MAYO 2017

PRODUCTO:

"APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRÁNSITO VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS(REMANSO) 2017"

ENSAYO(S): PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

NTP 400.021 AGREGADOS. Metodo de ensayo normalizado para peso específico y absorcion del agregado grueso.		
CODIGO DE LA MUESTRA	#7	
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(EN AIRE) A	1426.6	
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(SUMERGIDO) B	902.3	
VOLUMEN DE LA MASA+ VOLUMEN DE VACIOS C=(A-B)	524.8	
PESO DE MATERIAL SECO D	1415.5	
VOLUMEN DE LA MASA E=C(A-D)	513.2	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) D/C	2.69	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) A/C	2.73	
PESO APARENTE (BASE SECA) D/E	2.76	
ABSORCION	0.78	
NTP 400.022 AGREGADOS. Metodo de ensayo normalizado para peso específico y absorcion del agregado fino.		
CODIGO DE LA MUESTRA	#22	
PESO FIOLA(CALIBRDA CON AGUA) A	650.5	
PESO FIOLA(CALIBRADA CON AGUA) + PESO MATERIAL B	456.9	
PESO FIOLA + AGUA +MATERIAL S.S.S. (EXTRAIDO DEL AIRE) C	850.1	
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS D=(B-C)	106.8	
PESO DE MATERIAL SECO E	298	
VOLUMEN DE LA MASA F=D-(PESO MATERIAL S.S.S-E)	104.9	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) E/D	2.79	
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) MAT.S.S.S./D	2.8	
PESO APARENTE(BASE SATURDA) E/F	2.84	
ABSORCION	0.67	
NTP 400.022	PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS DE SUELO	


 ING. J.C. FLORES C.
 DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
 INFORMACION DE LABORATORIO
ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Anexo 18: Ensayo limite líquido



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS

ORDEN DE SERVICIO: EDWIN J. VILLAGARAY MEDINA

FECHA: MAYO 2017

PROYECTO

“APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRÁNSITO VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS(REMANSO) 2017”

ENSAYO(S): LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

NTP 339,129(1999) LIMITE LIQUIDO						
CODIGO DE MUESTRA	# 40		#200		#40	#200
Nº DE TARRO			C-4			C-9
P.Tarro + S. Humedo			27.22			27.3
P. Tarro s. Seco			23.97			24.18
Agua	N.P		3.25			3.17
Peso de tarro			11.95			11.75
Suelo Seco			12.02			12.48
% de Humedad			27.04			25.44
Nº DE Golpes			24			13
LIMITE PLASTICO						
CODIGO DE MUESTRA	# 40		#200		#40	#200
Nº DE TARRO						
P.Tarro + S. Humedo						
P. Tarro s. Seco						
Agua	N.P		N.P		N.P	N.P
Peso de tarro						
Suelo Seco						
% de Humedad						
Nº DE Golpes						
LIMITE LIQUIDO						
LIMITE PLASTICO						
INDICE PLASTICO	N.P		N.P		N.P	N.P



ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Anexo 19: Ensayo caras fracturadas



LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS

ORDEN DE SERVICIO: EDWIN J. VILLAGARAY MEDINA

FECHA: MAYO 2017

PRODUCTO:
"APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRÁNSITO
VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS(REMANSO) 2017"

ENSAYO(S): CARAS FRACTURAS

ENSAYO DE PARTICULAS CON CARAS DE FRACTURAS								
ASTM D - 5821								
DESCRIPCION	Peso Total	Peso Muestra (B)		% Caras de Fracturas		Escala	% Caras de Fracturas (E.)	
MALLAS SERIE AMERICANA	Retenido en Malas (A)	1 a más	2 a más	1 a más	2 a más	original (D)	1 a más	2 a más
2" - 1½"								
1½" - 1"								
1" - ¾"	570.6	488.9	187.5	85.7	32.9	18	1542.6	592.2
¾" - ½"	518.6	460.6	286.2	88.8	55.2	64	5683.2	3532.8
½" - 3/8"	296.7	232.5	162.4	78.4	54.7	17	1332.8	929.9
							8558.6	5054.9

% CARAS DE FRACTURAS 1 A MAS: 85.60%

% CARAS DE FRACTURAS 2 A MAS: 51.10%

DESCRIPCION	Peso Total	Peso Muestras Chatas	Porcentaje de chatas	Escala	Porcentajes Parciales
MALLAS SERIE AMERICANA	Retenido en Mallas (A)	Y alargadas (B)	Y alargadas	Original (D)	De chatas y alargadas (E)
2" - 1½"					
1½" - 1"					
1" - ¾"	570.6			18	
¾" - ½"	518.3			64	
½" - 3/8"	296.7	6.4		17	36.7
					36.7

% DE CHATAS Y ALARGADAS E/D: 0.37 %





ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Anexo 20: Ensayo de durabilidad



DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE SO4NA2 DEE-A5-1964

SOLICITADO: EDWIN J. VILLAGARAY MEDINA

FECHA: MAYO 2017

PROYECTO
"APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRÁNSITO
VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS(REMANSO) 2017"

ENSAYO: DURABILIDAD

IDENTIFICACION								
PASA	RET	Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERD. DESP. DE ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	%PERDIDAS CORREGIDAS	
2"	1½"							
1½"	1"							
1"	¾"	USA-019	160.6	160.2				
¾"	½"	PCH-02	622.5	620	-	39		
½"	3/8"	USA-070	343.1	326.6	1.97	16.9	1.1	
3/8"	Nº 4	K-8	330.3	323.2	2.15	44.6	0.96	
TOTAL							2,06	
IDENTIFICACION								
PASA	RET	Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERD. DESP. DE ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	%PERDIDAS CORREGIDAS	
3/8"	Nº 4	JZ	100.0	93.5	6.5	11	0.72	
Nº4	Nº8	USA-331	100.0	91.3	8.7	25.5	2.22	
Nº8	Nº16	USA-55	100.0	96.4	3.6	18.5	0.67	
Nº16	Nº30	UCC-067	100.0	93.1	6.9	11.5	0.79	
Nº30	Nº50	25	100.0	89.8	10.2	8.5	0.87	
TOTAL							5,27	




ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Anexo 21: Ensayo Marshall convencional C.A al 4.5%

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,3			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,14	6,15	6,17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1208,2	1206,9	1211,8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1211,2	1210,3	1214,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	713,7	711,5	713,5	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3,0	3,4	2,2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	497,5	498,8	500,5	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,60	0,68	0,44	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,429	2,420	2,421	2,423
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,507			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6,2	6,6	6,5	6,4
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,787			
20	V.M.A. (%)	16,8	17,1	17,0	17,0
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	62,9	61,5	61,6	62,0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,38			
25	FLUJO (mm)		2,5	3,0	2,8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)		1249,5	1226,4	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		1,04	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)		1299,0	1275,0	1287,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)		5114,2	4183,1	4649,0

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Anexo 22: Ensayo Marshall convencional C.A al 5%

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			5,0	
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			38,0	
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			57,0	
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			0,0	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1,010	
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")			2,734	
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO			2,823	
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER			-.-	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,16	6,19	6,17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1220,4	1222,6	1213,8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1224,3	1225,0	1214,2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	725,0	723,3	714,3	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3,9	2,4	0,4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	499,3	501,7	499,9	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,78	0,48	0,08	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,444	2,437	2,428	2,436
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041			2,507	
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4,9	5,1	5,5	5,2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)			2,787	
20	V.M.A. (%)	16,7	16,9	17,2	16,9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	70,9	69,6	68,1	69,5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL			2,796	
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)			0,12	
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)			4,88	
25	FLUJO (mm)	2,8	3,3	3,3	3,1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1272,6	1355,6	1355,6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1324,0	1410,0	1410,0	1381,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4738,7	4270,1	4270,1	4426,0

Fuente. Elaboración propia, junio 2017

Anexo 23: Ensayo Marshall convencional C.A al 6%

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,4			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,16	6,19	6,14	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1226,0	1226,0	1221,7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1226,7	1231,4	1222,8	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	727,0	729,2	724,8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,7	5,4	1,1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	499,7	502,2	498,0	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,14	1,08	0,22	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,453	2,441	2,453	2,449
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,507			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3,0	3,4	3,0	3,1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,787			
20	V.M.A. (%)	17,2	17,7	17,3	17,4
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	82,8	80,6	82,9	82,1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5,88			
25	FLUJO (mm)	3,6	4,6		4,1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1180,1	1180,1		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1227,0	1227,0		1227,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3450,5	2683,7		3067,0

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Anexo 24: Ensayo Marshall convencional C.A al 6.5%

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,1			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,19	6,17	6,15	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1229,2	1228,2	1226,2	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1230,5	1229,6	1228,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	728,9	729,1	729,9	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1,3	1,4	2,4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	501,6	500,5	498,7	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,26	0,28	0,48	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2,451	2,454	2,459	2,454
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,507			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2,3	2,2	2,0	2,1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2,787			
20	V.M.A. (%)	17,8	17,7	17,5	17,7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	87,1	87,8	88,8	87,9
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6,38			
25	FLUJO (mm)	5,1	4,8	5,1	5,0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1082,6	1040,8	1040,8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1126,0	1082,0	1082,0	1097,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2216,5	2242,0	2129,9	2196,0

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Anexo 25: Gráfico de porcentaje del asfalto convencional



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DEL ENSAYO CONVENCIONAL

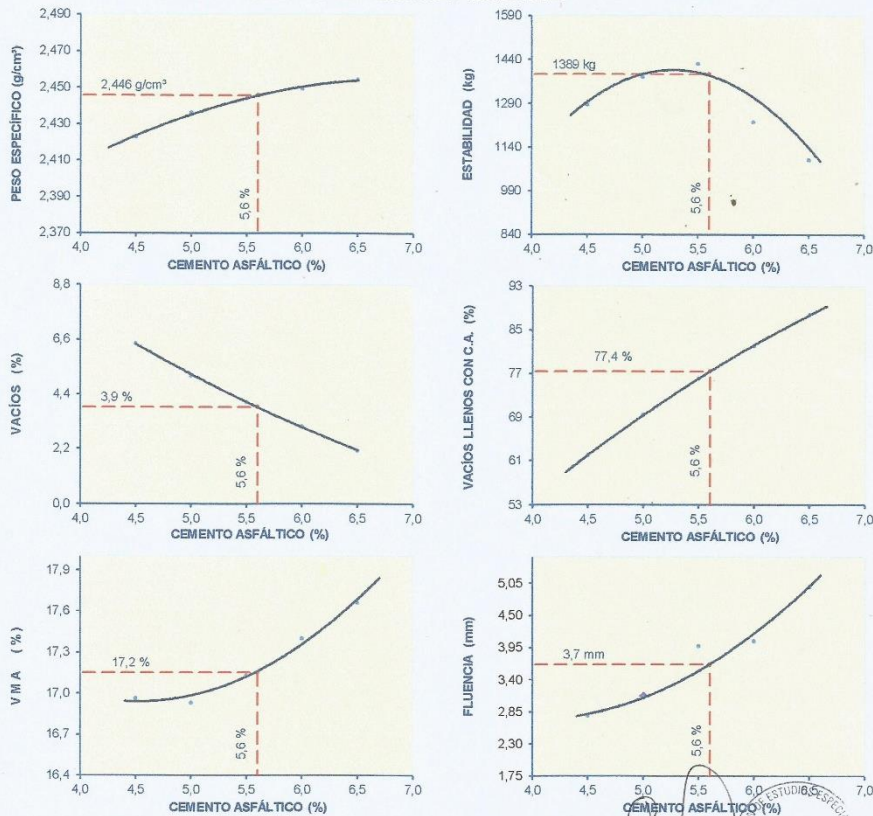
SOLICITANTE : Edwin Jesus Villagaray Medina
DOMICILIO LEGAL : Calle 37 AA.HH Laura Caller Mz-9A Lt 9- Los Olivos
PROYECTO : "Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas(remanso) 2017"

MUESTRA : Agregados y cal hidratada.
IDENTIFICACIÓN : La que se indica
CANTIDAD : La que se indica

REFERENCIA :
FECHA DE RECEPCIÓN : Junio 2017

PRESENTACIÓN : Sacos.
FECHA DE ENSAYO : Junio 2017

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



adc/eval/edm
O.S. N° 306
LIMA (2/4)



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677

ING. RESPONSABLE
JUNIO 2017

ING. J.C. FLORES C.
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
ASOCIACIÓN DE LABORATORIOS

Anexo 26: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 4.5% de asfalto

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			4.5	
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			38.2	
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			56.8	
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			0.5	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.010	
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")			2.734	
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO			2.823	
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER			6.200	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.15	6.14	6.14	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1223.7	1223.7	1222.8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1224.9	1224.3	1224.4	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	726.1	726.6	726.3	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.2	0.6	1.6	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	498.8	497.7	498.1	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.24	0.12	0.32	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.453	2.459	2.455	2.456
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041			2.580	
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.9	4.7	4.9	4.8
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)			2.795	
20	V.M.A. (%)	16.2	16.0	16.1	16.1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	69.7	70.6	69.9	70.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL			2.784	
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)			-0.14	
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)			4.64	
25	FLUJO (mm)		2.1	2.1	2.1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)		1400.0	1410.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)		1456.0	1466.0	1461.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)		7076.9	7125.5	7101.0

Fuente: Elaboración propia, junio 2017

Anexo 27: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 5% de asfalto

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.5			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	6.200			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.25	6.16	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1233.3	1229.2	1230.1	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1234.2	1230.1	1231.3	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	727.7	730.9	731.0	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.9	0.9	1.2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	506.5	499.2	500.3	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.18	0.18	0.24	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.435	2.462	2.459	2.452
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.600			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.4	5.3	5.4	5.7
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.794			
20	V.M.A. (%)	17.2	16.3	16.4	16.6
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	63.1	67.5	66.9	65.8
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.835			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.52			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.48			
25	FLUJO (mm)	2.8	2.8	2.8	2.8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1490.0	1500.0	1480.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1550.0	1560.0	1539.0	1550.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	5598.5	5483.7	5409.9	5497.0

Anexo 28: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 5.5% de asfalto

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.20			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	6.200			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.23	6.22	6.23	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1229.5	1228.8	1229.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1230.5	1230.3	1231.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	725.3	726.1	726.3	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.0	1.5	2.0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	505.2	504.2	504.7	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.20	0.30	0.40	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.434	2.437	2.435	2.435
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.540			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.2	4.1	4.1	4.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.795			
20	V.M.A. (%)	17.7	17.6	17.7	17.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	76.3	77.0	76.7	76.7
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.786			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.62			
25	FLUJO (mm)	3.4	3.4	3.4	3.4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1270.0	1280.0	1290.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1321.0	1331.0	1342.0	1331.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3940.0	3881.6	4002.6	3941.0

Anexo 29: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 6% de asfalto

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.9			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	6.200			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.21	6.22	6.24	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1230.2	1232.5	1232.4	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1231.4	1233.4	1233.6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	727.7	728.8	727.9	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.2	0.9	1.2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	503.7	504.6	505.7	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.24	0.18	0.24	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.442	2.443	2.437	2.441
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.510			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.7	2.7	2.9	2.8
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.794			
20	V.M.A. (%)	17.8	17.8	18.0	17.9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	84.8	84.9	83.8	84.5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.773			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.28			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.28			
25	FLUJO (mm)	3.6	3.9		3.7
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1291.0	1290.0		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1343.0	1342.0		1343.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3723.5	3476.0		3600.0

Anexo 30: Ensayo Marshall modificado al 0.5 % con C.A 6.5% de asfalto

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.6			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	6.200			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.25	6.26	6.24	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1234.0	1231.0	1230.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1234.5	1232.0	1231.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	727.9	724.8	725.1	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.5	1.0	1.0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	506.6	507.2	505.9	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.10	0.20	0.20	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.436	2.427	2.431	2.431
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.500			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.6	2.9	2.8	2.7
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.795			
20	V.M.A. (%)	18.5	18.8	18.7	18.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	86.1	84.5	85.3	85.3
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.786			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.62			
25	FLUJO (mm)	3.9	3.5	3.9	3.8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1082.0	986.0	990.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1125.0	1025.0	1030.0	1060.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2913.9	2903.2	2667.8	2828.0

Anexo 31: Gráficos del ensayo Marshall modificados al 0.5% con caucho

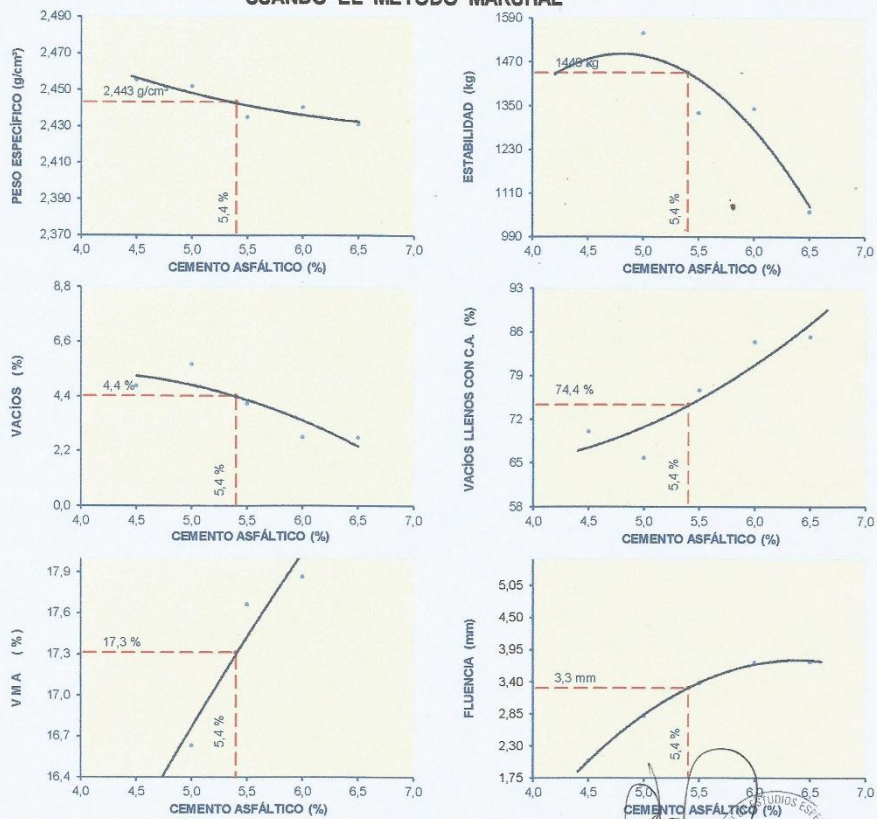


PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO A 0.5%

SOLICITANTE	: Edwin Jesús Villagaray medina	MUESTRA	: Agregados y caucho.
DOMICILIO LEGAL	: Calle 37 AA.HH Laura Caller Mz-9A Lt 9- Los Olivos	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: <i>Aplicacion de caucho reciclado en un asfalto de mezcla asfaltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas(remanso) 2017"</i>	CANTIDAD	: La que se indica
REFERENCIA	:	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: JUNIO 2017	FECHA DE ENSAYO	: JUNIO 2017

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



ad/leva/edm
O.S. N° 306
UMA (2/4)



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel:

481-3707

Fax: 481-0677

[Signature]
ING. RESPONSABLE
JUNIO 2017
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 ING. J.C. FLORES C.
 DIRECCIÓN DE LABORATORIOS

Anexo 32: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 4.5% de asfalto

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.3			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	12.300			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.26	6.24	6.24	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1222.1	1223.0	1224.1	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1226.5	1225.8	1226.6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	719.0	720.0	720.5	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	4.4	2.8	2.5	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm ³)	507.5	505.8	506.1	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.87	0.55	0.49	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.408	2.418	2.419	2.415
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.580			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.7	6.3	6.3	6.4
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.809			
20	V.M.A. (%)	18.1	17.8	17.8	17.9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	63.2	64.7	64.9	64.3
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.784			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.32			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.82			
25	FLUJO (mm)		2.7	2.7	2.7
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)		1200.0	1280.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)		1248.0	1331.0	1290.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)		4591.9	4897.3	4745.0

Anexo 33: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 5% de asfalto

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.1			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	12.300			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.20	6.24	6.22	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1224.7	1222.0	1223.1	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1226.0	1226.1	1225.3	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	723.2	720.1	721.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.3	4.1	2.2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	502.8	506.0	504.1	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.26	0.81	0.44	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.436	2.415	2.426	2.426
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.590			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.0	6.8	6.3	6.3
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.808			
20	V.M.A. (%)	17.6	18.3	17.9	17.9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	66.1	63.1	64.7	64.6
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.822			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.18			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.82			
25	FLUJO (mm)	2.9	2.9	2.9	2.9
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1260.0	1300.0	1350.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1310.0	1352.0	1404.0	1355.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4524.1	4669.2	4848.7	4681.0

Anexo 34: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 5.5% de asfalto

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.80			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	12.300			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.18	6.19	6.19	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1223.1	1224.2	1225.1	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1225.1	1226.1	1227.2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	724.1	724.2	725.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2.0	1.9	2.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	501.0	501.9	502.0	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.40	0.38	0.42	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.441	2.439	2.440	2.440
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.500			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.4	2.4	2.4	2.4
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.807			
20	V.M.A. (%)	17.8	17.9	17.8	17.8
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	86.8	86.4	86.6	86.6
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.735			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.95			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.45			
25	FLUJO (mm)	3.1	3.2	3.3	3.2
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	940.0	950.0	950.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	978.0	988.0	988.0	985.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3105.2	3062.8	3015.3	3061.0

Anexo 35: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 6% de asfalto

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.5			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	12.300			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.26	6.24	6.35	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1224.1	1223.1	122.8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1224.8	1223.8	1233.3	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	717.1	717.8	718.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.7	0.7	1110.5	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	507.7	506.0	515.1	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.14	0.14	215.59	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.411	2.417	0.238	1.689
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.480			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.8	2.5	90.4	31.9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.808			
20	V.M.A. (%)	19.3	19.1	92.0	43.5
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	85.6	86.8	1.8	58.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.734			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.97			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.97			
25	FLUJO (mm)	3.4	3.4		3.4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	900.0	980.0		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	936.0	1019.0		978.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2791.7	3039.3		2915.0

Anexo 36: Ensayo Marshall modificado al 1 % con C.A 6.5% de asfalto

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.2			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	12.300			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.24	6.24	6.24	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1223.5	1224.1	1223.2	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1224.2	1225.0	1225.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	718.0	719.1	719.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.7	0.9	1.8	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	506.2	505.9	505.8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.14	0.18	0.36	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.417	2.420	2.418	2.418
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.460			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	1.8	1.6	1.7	1.7
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.807			
20	V.M.A. (%)	19.5	19.4	19.4	19.4
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	91.0	91.5	91.3	91.3
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.733			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.98			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	7.48			
25	FLUJO (mm)	3.4	3.5	3.6	3.5
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	940.0	920.0	920.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	978.0	957.0	957.0	964.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2852.1	2750.2	2691.2	2765.0

Anexo 37: Gráficos del ensayo Marshall modificado al 1% con caucho



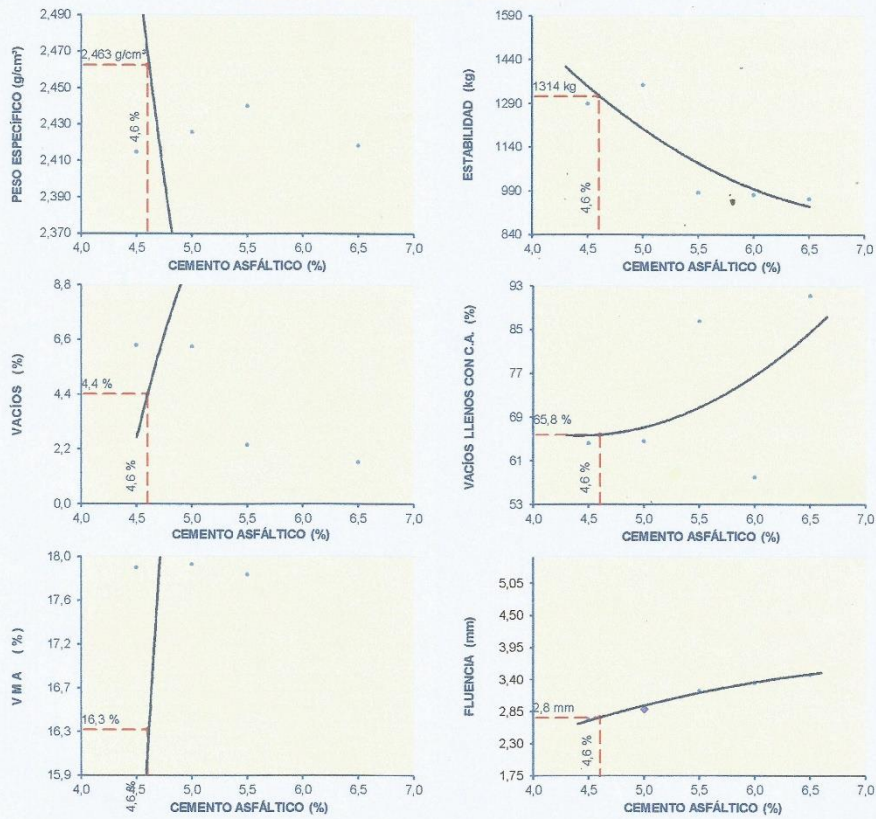
PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO A UN 1%

SOLICITANTE	: Edwin Jesús Villagaray medina	MUESTRA	: Agregados y caucho.
DOMICILIO LEGAL	: Calle 37 AA.HH Laura Caller Mz-9A Lt 9- Los Olivos	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: <i>Aplicacion de caucho reciclado en un asfalto de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas(remanso) 2017"</i>	CANTIDAD	: La que se indica
REFERENCIA	:	PRESENTACIÓN	: Sacos.
FECHA DE RECEPCIÓN	: Junio 2017	FECHA DE ENSAYO	: Junio 2017

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



adc/eval/edm
O.S. N° 306
UMA (2/4)

ING. RESPONSABLE
JUNIO 2017



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf. : 481-3707 Fax : 481-0677

Anexo 38: Informe del resultado Marshall modificado con caucho al 1%



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO A UN 1%

SOLICITANTE : Edwin Jesús Villagaray medina MUESTRA : Agregados y caucho.
DOMICILIO LEGAL : Calle 37 AA.HH Laura Caller Mz-9A Lt 9- Los Olivos IDENTIFICACIÓN : La que se indica
PROYECTO : "Aplicacion de caucho reciclado en un aseno de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas(remanso) 2017" CANTIDAD : La que se indica
REFERENCIA : PRESENTACIÓN : Sacos.
FECHA DE RECEPCIÓN : Junio 2017 FECHA DE ENSAYO : Junio 2017

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara	:			75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	4,4		4,6		4,8
- Peso Especifico bulk, g/cm ³	:	2,574		2,463		2,378
- Vacios, %	:	0,7		4,4		7,6
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	:	65,6		65,8		66,3
- V.M.A., %	:	12,5		16,3		19,4
- Estabilidad, kg (kN)	:	1382,4	(13,556)	1314,4	(12,889)	1257,9 (12,336)
- Flujo, mm (10 ⁻³ pulg)	:	2,6	(10,4)	2,8	(10,8)	2,9 (11,2)
- Absorción de Asfalto, %	:					
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	5237,0	(13,0)	4778,0	(12,0)	4405,0 (11,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140 - 145		

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	40,0
(2) Agregado fino, % **	:	59,0
(3) Filler mineral, % **	:	1,0
(4) Aditivo, % ***	:	0,5

Materiales :

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70
Agregado grueso	:	Piedra chancada - (Cantera "Leticia")
Agregado fino	:	Arena chancada - C Cantera "Leticia"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia tipo amina

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total
(**) Porcentaje en peso de los agregados
(***) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

Observaciones :

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición, aprobado con R.D. Nº 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001

Agregados, proporcionados e identificados por el solicitante.

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

ING. RESPONSABLE
JUNIO 2017



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf. : 481-3707 Fax : 481-0677