

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas
recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en
pavimentos de tráfico ligero y pesado**

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

AUTOR

Erick Brayan Llatas Ruiz

ASESOR

Joaquin Hernan Rojas Oblitas

<https://orcid.org/0000-0002-6521-0215>

Chiclayo, 2026

**Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas
recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en
pavimentos de tráfico ligero y pesado**

PRESENTADA POR
Erick Brayan Llatas Ruiz

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Aníbal Teodoro Díaz Orrego
PRESIDENTE

Juan Jacobo Sánchez Bautista
SECRETARIO

Joaquin Hernan Rojas Oblitas
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, que ha sido mi guía y mi inspiración en cada paso de este camino. Su amor incondicional y su sabiduría han sido mi refugio en los momentos de duda y desafío. A través de cada prueba, he sentido su presencia, recordándome que siempre hay un propósito en cada dificultad. Esta tesis es un reflejo de Su bondad y de la fe que me ha impulsado a seguir adelante, incluso cuando el camino se tornaba incierto.

A mis padres, cuyo apoyo y sacrificio han sido el cimiento de mi vida. Desde mis primeros años, han estado a mi lado, brindándome la educación y los valores necesarios para enfrentar el mundo. Gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo, por estar siempre ahí con palabras de aliento y por creer en mí incluso en mis momentos de inseguridad. Ustedes han sido mi mayor fuente de inspiración, y su amor incondicional ha sido el motor que me ha impulsado a alcanzar mis metas.

Esta tesis no es solo un logro personal; es un homenaje a todo lo que han hecho por mí. Cada página está impregnada de gratitud por los sacrificios que han realizado y por el apoyo constante que me han brindado. Espero que este trabajo sirva como una pequeña muestra de mi aprecio por todo lo que me han dado.

Con amor y agradecimiento, dedico esta tesis a Dios y a mis padres, quienes han sido mis guías y mi mayor aliento a lo largo de este viaje.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis. En primer lugar, agradezco a Dios, por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria para superar cada desafío. Su presencia en mi vida ha sido un faro de luz en los momentos de incertidumbre.

A mis padres, cuyo amor y sacrificio incondicional han sido el pilar de mi éxito. Gracias por siempre estar a mi lado, por apoyarme en cada decisión y por creer en mí cuando a veces yo dudaba. Su aliento y enseñanzas han sido fundamentales en mi desarrollo personal y académico.

A mis profesores y tutores, por compartir su conocimiento y por su invaluable apoyo a lo largo de mi formación. Sus consejos y orientaciones me han ayudado a crecer y a enfrentar los retos de esta carrera con determinación.

A mis compañeros, por ser parte de esta experiencia. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi aprendizaje y ha hecho que este proceso sea más enriquecedor y memorable.

Por último, agradezco a todos aquellos que, de alguna manera, han influido en mi vida y en este trabajo. Su apoyo, ya sea a través de una palabra de aliento o una simple sonrisa, ha dejado una huella en mi camino.

Con gratitud, dedico este trabajo a todos ustedes.

Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	21 %	3 %	9 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	10 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
4	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025 Trabajo del estudiante	<1 %
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
9	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
10	repository.eia.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1 %

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
Revisión de literatura	16
ANTECEDENTES	16
Antecedentes internacionales	16
Antecedentes Nacionales	16
Bases teóricas	17
Asfalto	17
Mezcla asfáltica en caliente(MAC).....	18
Carpeta asfáltica	18
Carpeta asfáltica reciclada(RAC).....	18
Caucho granulado	19
Propiedades Físicas	21
Comportamiento Mecánico:.....	21
Agregados	22
Ensayos de los agregados	24
Agregados gruesos.....	24
Agregado Fino	24
Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado:.....	25
Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos:.....	25
Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio:.....	26
Sales Solubles en agregados para pavimentos flexibles:.....	28
Peso específico y absorción de agregados gruesos	28
Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½")	29
Método de Ensayo Estándar para la determinación del porcentaje de Partículas fracturadas en el Agregado Grueso	30
Partículas chatas y alargadas en agregados para pavimentos flexibles	31

Gravedad específica y absorción de agregados finos:	32
Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.	33
Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)	33
Ensayo de Azul de metileno:.....	34
Ensayos para determinar el comportamiento de la Mac.....	34
Ensayo de Lottman	34
Método de Marshal	34
Estabilidad.....	35
Flujo	35
Ensayo de Cántabro:	36
Materiales y métodos	37
Caracterización del Caucho granulado.....	38
Desarrollo de ensayos de agregados	39
Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos – MTC E 205.....	39
Determinación del Límite Plástico (L. P) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I. P)	41
Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos – MTC E 206.....	41
Abrasión Los Ángeles al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5mm (1 ½’)	
– MTC E 207	42
Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio – MTC E 209.....	43
Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso – MTC 210	44
Sales Solubles en Agregados para Pavimentos Flexibles – MTC E 219.....	46
Partículas Chatas y Alargadas en Agregados – ASTM 4791	47
Equivalente de Arena – MTC E 114.....	47
Azul de Metileno – AASHTO TP 57.....	49
Metodología de los ensayos para las MAC	50
Método de Marshal:	50
Ensayo de Cántabro:	55
Ensayo de Lottman	57
Procedimiento del Ensayo de Lottman Modificado:	58
Muestreo y población	59

Muestreo.....	59
Población:	61
Operacionalización de variables:	62
Resultados y discusión	63
Resultados:.....	63
Ensayos de Agregados:	63
Ensayo de marshall	70
Diseño mediano muestra patrón	70
Muestras con adición de RAC:	77
Muestras con adición de caucho granulado:	82
Ensayo de cántabro	86
Ensayo lottman modificado:.....	89
Análisis Económico:	92
Discusión:	93
Conclusiones	96
Recomendaciones	97
Referencia	98
Anexos	99

Lista de tablas

Tabla 1. Requerimientos de calidad para los agregados gruesos	23
Tabla 2. Requerimientos de calidad para los agregados finos	24
Tabla 3. Tamaño de la muestra de agregado	25
Tabla 4. Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.....	26
Tabla 5. Tamices en los cuales se evaluará el agregado fino	27
Tabla 6. Tamices en los cuales se evaluará el agregado grueso (según gradación)	27
Tabla 7. Tamices para ensayos en agregado grueso después de eliminar sulfatos	28
Tabla 8. Peso de muestra según el tipo de agregado	28
Tabla 9. Peso mínimo de la muestra de ensayo.....	29
Tabla 10. Carga según tipo de gradación de la muestra para el ensayo de abrasión.....	30
Tabla 11. Gradación de las muestras de ensayo	30
Tabla 12. Peso de muestra con relación al tamaño del agregado	31
Tabla 13. Pesos mínimos requeridos para el ensayo dependiendo del tamaño máximo nominal	32
Tabla 14. Requisitos del diseño Marshall para mezcla asfáltica en caliente por tráfico	36
Tabla 15. Caracterización del cacho granulado	38
Tabla 16. Muestreo par contenido óptimo de asfalto patrón.....	60
Tabla 17. Muestreo par contenido óptimo de RAC al patrón.	60
Tabla 18. Muestreo para contenido óptimo de asfalto reciclado con Caucho granulado.....	60
Tabla 19. Muestreo para el ensayo de cántabro.	61
Tabla 20. Muestreo para ensayo de Lottman Modificado.....	61
Tabla 21. Resumen muestreo y población.	61
Tabla 22. Operalización de variables (Independiente y dependiente)	62
Tabla 23. Operalización de variables (Interviniente)	62
Tabla 24. Datos de ensayo de absorción (Agregado fino).	63
Tabla 25. Resultados ensayo de absorción (Agregado Fino).....	63

Tabla 26. Datos obtenidos en laboratorio para ensayo de límite plástico.....	64
Tabla 27. Resultados del límite plástico N°200.....	64
Tabla 28. Datos ensayo de absorción (Agregado grueso).....	64
Tabla 29. Resultados ensayo de absorción (Agregado Fino).....	65
Tabla 30. Resultados ensayo de abrasión.....	65
Tabla 31. Datos del ensayo de durabilidad a los sulfatos.....	65
Tabla 32. Datos y resultados ensayo caras fracturadas (una cara fractura).....	66
Tabla 33. Datos y resultados del ensayo de caras fracturadas (Dos caras fracturadas)	67
Tabla 34. Datos ensayo sales solubles (Agregado grueso)	67
Tabla 35. Datos ensayo sales solubles (Agregado fino).....	67
Tabla 36. Datos ensayo partículas chatas y alargadas.....	68
Tabla 37. Datos y resultados ensayo de equivalente de arena.	68
Tabla 38. Datos azul de metileno.	68
Tabla 39. Datos granulométricos.	69
Tabla 40. Datos porcentaje de Mac.....	71
Tabla 41. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 4%	71
Tabla 42. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 4.5%	71
Tabla 43. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 5%	71
Tabla 44. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 5.5%	71
Tabla 45. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 6%	71
Tabla 46. Datos obtenidos de la máquina marshal, para la muestra patrón de tráfico ligero... 72	
Tabla 47. Datos obtenidos de la máquina marshal, para la muestra patrón de tráfico pesado. 72	
Tabla 48. Datos de altura y pesos de las muestras de tráfico ligero.....	73
Tabla 49. Datos de altura y pesos de las muestras de tráfico pesado.....	74
Tabla 50. Ensayo de Rice para determinación de porcentaje de vacíos.....	76
Tabla 51. Resultados obtenidos Marshal para MAC tráfico ligero.....	77
Tabla 52. Resultados obtenidos Marshal para MAC tráfico pesado.....	77

Tabla 53. Datos Marshall para diseño con RAC para tráfico ligero.	78
Tabla 54. Datos Marshall para diseño con RAC para tráfico Pesado.	78
Tabla 55. Datos obtenidos de las muestras en la máquina de vacíos para el ensayo de Rise. .	79
Tabla 56. Datos Marshall con caucho granulado para tráfico ligero.	82
Tabla 57. Datos Marshall con caucho granulado para tráfico ligero.	83
Tabla 58. Datos de las muestras par determinación del porcentaje de vacíos mediante el ensayo de Rise.	83
Tabla 59. Tabla resumen para tráfico ligero.	86
Tabla 60. Tabla resumen para tráfico pesado.	86
Tabla 61. Datos ensayo de Cántabro para tráfico ligero.	87
Tabla 62. Datos ensayo de Cántabro para tráfico Pesado.	88
Tabla 63. Tabla resumen ensayo de cántabro.	88
Tabla 64. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón húmedas.	89
Tabla 65. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón secas.	89
Tabla 66. Calculo para determinación de carga máxima en muestras modificadas húmedas.	89
Tabla 67. Calculo para determinación de carga máxima en muestras modificadas secas.	89
Tabla 68. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón húmedas.	90
Tabla 69. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón secas.	90
Tabla 70. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón húmedas.	90
Tabla 71. Calculo para determinación de carga máxima en muestras modificadas secas.	90
Tabla 72. Tabla resumen ensayo de Lottman.	92
Tabla 73. Análisis económico muestra patrón.	92
Tabla 74. Análisis económico de la muestra modificada.	93

Resumen

Esta investigación evalúa la influencia de la adición de caucho granulado en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de carpetas asfálticas recicladas para pavimentos de tráfico ligero y pesado. Se realizó un estudio experimental donde se analizaron diferentes porcentajes de adición de caucho granulado (3%, 5%, 7% y 10%) a mezclas asfálticas recicladas. Las propiedades mecánicas se evaluaron mediante los ensayos Marshall, Cántabro y Lottman modificados. Los resultados mostraron que la adición óptima de 5% de caucho granulado mejoró significativamente el comportamiento mecánico de las mezclas, incrementando la estabilidad a 2489,19 kg y 3709,21 kg para tráfico ligero y pesado respectivamente. La resistencia a la humedad inducida aumentó a 105.44% para tráfico ligero y 126.77% para tráfico pesado, mientras que la pérdida por desgaste se redujo a 8.06% y 6.20% respectivamente. Además, el análisis económico demostró una reducción de costos de aproximadamente S/40 por m³ en comparación con la mezcla convencional. Esta investigación contribuye al desarrollo de pavimentos más sostenibles y resistentes, aprovechando materiales reciclados.

Palabras clave: Caucho granulado, carpeta asfáltica reciclada, propiedades mecánicas, pavimentos, sostenibilidad.

Abstract

This research evaluates the influence of adding crumb rubber to improve the mechanical properties of recycled asphalt pavements for both light and heavy traffic. An experimental study was conducted by analyzing different percentages of crumb rubber addition (3%, 5%, 7%, and 10%) to the recycled asphalt mixtures. The mechanical properties were evaluated using Marshall, Cantabro, and modified Lottman tests. The results showed that an optimal 5% addition of crumb rubber significantly improved the mechanical performance of the mixtures, increasing stability to 2,489.19 kg and 3,709.21 kg for light and heavy traffic, respectively. The resistance to induced moisture increased to 105.44% for light traffic and 126.77% for heavy traffic, while wear loss decreased to 8.06% and 6.20%, respectively. Furthermore, the economic analysis demonstrated a cost reduction of approximately S/40 per m³ compared to conventional mixtures. This research contributes to the development of more sustainable and durable pavements through the use of recycled materials.

Keywords: Crumb rubber, recycled asphalt pavement, mechanical properties, pavements, sustainability.

Introducción

En la búsqueda de alternativas sostenibles para los proyectos de pavimentación, las mezclas asfálticas recicladas representan una solución innovadora que responde a desafíos tanto económicos como ambientales. Este enfoque favorece el medio ambiente al reutilizar materiales que, de otro modo, serían desechados y también beneficia la economía al reducir los costos asociados con el uso de nuevos materiales. [1]

Actualmente, estas mezclas recicladas son clave en los proyectos de pavimentación y diseño de carreteras. Su importancia se acentúa en nuestro país, donde las capas asfálticas están alcanzando el final de su vida útil en múltiples áreas, tanto urbanas como rurales. [2] Esto hace imperativo aprovechar las mezclas asfálticas recicladas en la construcción de nuevos pavimentos, reduciendo así el impacto ambiental y económico de las infraestructuras viales.

No obstante, a pesar de los beneficios, las mezclas asfálticas recicladas también presentan ciertas limitaciones. [2] Una de las principales es la variabilidad en la calidad de los materiales reciclados, que puede afectar negativamente la durabilidad y el desempeño de estas mezclas. Esto plantea la necesidad de mejorar sus propiedades mecánicas para garantizar una mayor resistencia y durabilidad. [2]

A partir de esta problemática, surge la hipótesis de que la adición de caucho granulado podría mejorar las propiedades mecánicas de las capas asfálticas recicladas en pavimentos de tráfico ligero y pesado. Esta hipótesis abre una serie de preguntas que requieren investigación: ¿Cómo influye el caucho granulado en la estabilidad y el flujo de la mezcla asfáltica? ¿Qué efecto tiene sobre la durabilidad y la resistencia en condiciones de humedad? ¿Cómo afecta la pérdida por desgaste de las capas recicladas?

La presente investigación tiene como objetivo general mejorar las propiedades mecánicas de carpetas asfálticas recicladas para su uso en pavimentos de tráfico ligero y pesado. Para lograr este fin se siguió una secuencia de objetivos específicos como determinar el contenido de asfalto óptimo para mi muestra patrón, determinar la resistencia a la estabilidad, flujo, resistencia a la humedad y durabilidad de la mezcla asfáltica con la adición de caucho granulado, y luego utilizar la adición de caucho granulado en sus diferentes porcentajes. Posteriormente comparar los resultados obtenidos con la adición de caucho granulado y compararlos con la muestra patrón y por último determinar el costo por m³ de asfalto reciclado adicionado con el caucho granulado. [3]

La incorporación de caucho granulado en las capas asfálticas recicladas no solo busca responder a las preguntas mencionadas, sino también contribuir al conocimiento técnico y

práctico en el diseño de carreteras duraderas y resilientes. Este enfoque permite gestionar los residuos de neumáticos usados, disminuye el costo en materiales y promueve el cuidado medioambiental mediante el reciclaje. [3]

Se espera que los resultados de esta investigación generen un impacto favorable en el ámbito económico, al optimizar el uso de materiales reciclados y brindar alternativas de pavimentación más sostenibles. En general, la adición de caucho granulado en las mezclas de asfaltos reciclados representa una oportunidad para mejorar tanto la sostenibilidad como el rendimiento de la infraestructura vial, justificando el desarrollo de este análisis en profundidad.

Revisión de literatura

ANTECEDENTES

Antecedentes internacionales

Paola García [4], este estudio se realizó para diagnosticar la estrategia de uso, renovación y mantenimiento de la red vial de la ciudad de Bogotá-Colombia y asegurar una propuesta ambiental sustentable mediante el uso de materiales para reciclar, de carpetas asfálticas removidas por demolición, para el cuidado y mantenimiento vial Aquí MBR (material bituminoso reciclado) y unido con otros productos para convertirse en una solución respetuosa con el medio ambiente. El producto terminado se destinará a la rehabilitación, sustentación y mantenimiento de los caminos rurales de la ciudad.

Eduardo Mantilla et al. [5], describe que las carreteras están constantemente expuestas a cargas cada vez mayores. Por ello, se han añadido diversos aditivos a las mezclas asfálticas para mejorar sus propiedades en rendimiento de la superficie. El objetivo de esta investigación fue evaluar por primera vez las características viscoelásticas mediante briquetas modificadas de asfalto con caucho de neumáticos reciclados y en una misma mezcla asfaltadas, a diferentes temperaturas y frecuencias. El objetivo de la mezcla presentada es optimizar las características físicas y mecánicas del material aportando al mismo tiempo una alternativa de solución a la problemática medioambiental. La rigidez calculada en las muestras se analizó mediante ensayos de compresión axial. Los datos obtenidos, presentados principalmente dados en las rutas Black Space y Cole-Cole, indican un aumento significativo en la elasticidad y rigidez del asfalto alterado en los diferentes rangos de temperaturas. Esto demuestra que la adición al instante de ambos componentes al asfalto representa una alternativa ventajosa a la hora de construir capas asfálticas.

Antecedentes Nacionales

Bach. Carranza Muñoz, Zully Yazmin [6], en su investigación tuvo como meta diseñar mezcla asfáltica sustituyendo el agregado fino en los diseños de estas mezclas por caucho granulado reciclado, proveniente de llantas en desuso y vidrio molido de igual manera, reciclado, elaborando una muestra patrón con una sustitución del 3%, 5%, 7% y 10%, haciendo 150 muestras, trabajadas a través del método de marshal, se llegó a la conclusión y se determinó

la mezcla asfáltica resultante con los agregados reciclados cumplen con los parámetros del MTC para tránsito liviano.

García Orozco, Ana Stefany [7], en su artículo de investigación se determinó que la reutilización y el aprovechamiento de los agregados reciclados de carpetas asfálticas para diseñar pavimentos rígidos en el distrito de Morropón, en la Calle Lima – Piura que es posible el diseño de pavimentos rígidos con mezclas asfálticas recicladas.

Manchay López [1], este estudio analizó el efecto del uso de agregados reciclados de capas asfálticas degradadas para el diseño posterior de pavimentos en la producción de capas base granulares y antiincrustantes.

Magali Hoyos et al. [8], Este artículo habla de la cantidad de caucho granulado que se produce en el mundo, y lo abundante, económico y accesible que puede ser. También menciona que se hizo un diseño de mezclas con caucho granulado para asfaltos vírgenes, cumpliendo con los requerimientos del MTC haciendo una adición de entre el 1 y el 10%.

Bases teóricas

Asfalto

El asfalto es un material de características bituminosas, viscoso y pegajoso que se produce de forma natural o se crea como subproducto de la destilación del petróleo. También puede denominarse alquitrán, asfalto o betún. Debido a sus propiedades adhesivas e impermeables, se usa ampliamente en la construcción de carreteras y otras aplicaciones de pavimentación. [8]

Conceptualmente, el asfalto en términos prácticos es una mezcla compleja de hidrocarburos, compuestos orgánicos y minerales que existe en forma semisólida a temperatura ambiente. Su consistencia puede variar desde líquida y viscosa hasta sólida y quebradiza según la composición y las condiciones ambientales. [8]

El asfalto, utilizado en la construcción de carreteras, actúa como un aglutinante que une los agregados (como grava y arena) en una mezcla llamada asfalto o asfalto caliente. Esta mezcla proporciona una superficie duradera e impermeable, facilitando el drenaje y mejorando la resistencia y estabilidad de la carretera. [8]

En resumen, el asfalto es un componente importante en la construcción de carreteras y aceras y su versatilidad proviene de su capacidad para actuar como un aglutinante que une los materiales de construcción y hace que las superficies sean impermeables y duraderas. [8]

Mezcla asfáltica en caliente(MAC)

Una mezcla asfáltica en caliente (MAC) es una combinación de agregados pétreos y cemento asfáltico que se mezclan a temperaturas elevadas, específicamente entre 150°C y 180°C. Esta temperatura permite que el asfalto alcance una viscosidad adecuada para envolver completamente los agregados y lograr una mezcla homogénea. La composición típica incluye agregados gruesos, finos, filler mineral y ligante asfáltico, diseñados en proporciones específicas para optimizar el rendimiento del pavimento. [9]

Carpeta asfáltica

La carpeta asfáltica, también conocida como capa de rodadura o carpeta de desgaste, es una capa superficial de un pavimento flexible compuesta principalmente por agregados pétreos de diferentes tamaños y un ligante asfáltico. Esta capa desempeña un papel crucial en un pavimento, ya que es la capa en contacto directo con el tráfico, encargada de soportar las cargas, proporcionar resistencia al desgaste y mejorar la adherencia y confortabilidad de la superficie de rodamiento. [1]

La carpeta asfáltica tiene un espesor que varía entre 2 y 4 pulgadas (5-10 cm), siendo su durabilidad fundamental para resistir las cargas del tráfico y la acción de los agentes atmosféricos a lo largo del tiempo. Además, la textura superficial influye en la seguridad vial al proporcionar agarre y drenaje adecuado. Es importante realizar una correcta compactación y acabado durante la construcción para garantizar una superficie uniforme y libre de defectos. [1]

Con el paso del tiempo, la carpeta asfáltica puede requerir mantenimiento, como sellado de grietas, recubrimientos superficiales o incluso el fresado y reemplazo en casos de deterioro avanzado. En resumen, la carpeta asfáltica es una capa clave en el diseño de un pavimento flexible, cumpliendo funciones esenciales para garantizar la integridad y el rendimiento de la infraestructura vial. La selección de materiales adecuados y una correcta ejecución son fundamentales para asegurar su durabilidad y eficacia a lo largo de su vida útil. [1]

Carpeta asfáltica reciclada(RAC)

Las carpetas asfálticas recicladas representan una alternativa sostenible en la construcción de pavimentos al reutilizar materiales existentes fresados de capas asfálticas previas. Este

proceso de reciclaje incluye la separación de los materiales recuperados, su eventual combinación con nuevos materiales si es necesario, y la colocación de la nueva capa reciclada.

Entre las ventajas de las carpetas asfálticas recicladas se encuentran la reducción de costos al evitar la adquisición de nuevos materiales, la minimización de la huella ambiental al reutilizar recursos existentes y la conservación de materias primas. A pesar de posibles diferencias en propiedades, estas carpetas suelen ofrecer un desempeño comparable en resistencia, durabilidad y comportamiento. [2]

Es esencial cumplir con las especificaciones y normativas pertinentes durante el diseño, la selección de materiales y la ejecución de carpetas asfálticas recicladas para asegurar resultados de calidad y respetuosos con el medio ambiente. El mantenimiento periódico, incluyendo el sellado de grietas y recubrimientos superficiales, es fundamental para prolongar la vida útil y mantener el rendimiento de estas capas asfálticas recicladas. [2]

En resumen, las carpetas asfálticas recicladas ofrecen una opción ambientalmente responsable y eficaz en la construcción de pavimentos, aprovechando materiales existentes y contribuyendo a la sostenibilidad. Con una adecuada implementación y mantenimiento, es posible lograr pavimentos duraderos y resistentes que cumplen con estándares de calidad y respeto al medio ambiente. [2]

Caucho granulado

El caucho granulado es un material formado por partículas pequeñas de caucho reciclado, generalmente provenientes de neumáticos usados. Estos neumáticos son triturados y procesados para obtener partículas de tamaño uniforme que pueden variar desde fragmentos finos hasta gránulos más grandes, según la aplicación prevista.

El caucho granulado busca aprovechar los beneficios del reciclaje y las propiedades únicas del caucho para mejorar ciertas características de los materiales compuestos. [3]

La gestión y aprovechamiento del caucho granulado en el Perú representa un sector con importante potencial de desarrollo. Según el diagnóstico realizado por el Ministerio del Ambiente en 2023, anualmente se generan aproximadamente 180.000 toneladas de neumáticos fuera de uso en territorio peruano. Sin embargo, solo el 15% de este material es aprovechado mediante procesos de reciclaje para la producción de caucho granulado, lo que evidencia una brecha significativa en el aprovechamiento de este recurso. [3]

En cuanto al aspecto económico, el mercado peruano establece precios variables para el caucho granulado, que fluctúan entre S/. 1,20 y S/. 2,50 por kilogramo. Esta variación en el precio está directamente relacionada con la granulometría del producto, siendo los productos más finos los que alcanzan mayor valor comercial, debido a su versatilidad en diferentes aplicaciones. [3]

Esta situación resalta la necesidad de fortalecer las políticas y estrategias para incrementar el porcentaje de reciclaje y aprovechamiento de neumáticos fuera de uso, considerando el significativo volumen de material disponible y su potencial impacto en diversos sectores industriales. [2]

Propiedades mecánicas

El caucho granulado reciclado tiene la capacidad de absorber energía y reducir las vibraciones, lo que lo hace útil en la fabricación de materiales para superficies deportivas (como campos de fútbol y pistas de atletismo), pistas de tenis y áreas de juego. Esta capacidad de absorción de impactos también puede ser beneficiosa en aplicaciones de pavimentación urbana para reducir el ruido y mejorar el confort de los peatones y conductores. [10]

Resistencia al desgaste

El caucho reciclado posee una buena resistencia al desgaste, lo que lo hace adecuado para su uso en mezclas asfálticas y pavimentos. Al ser agregado como parte de la mezcla, puede ayudar a prolongar la vida útil del pavimento al reducir la formación de grietas y fisuras, así como mejorar la adherencia y la resistencia al deslizamiento. [11]

Propiedades de amortiguación

Debido a su estructura elastomérica, el caucho granulado reciclado puede proporcionar propiedades de amortiguación que contribuyen a la seguridad y comodidad en superficies como parques infantiles y áreas recreativas. [11]

Sostenibilidad

Utilizar caucho granulado reciclado contribuye a la sostenibilidad al reducir la cantidad de neumáticos desechados en vertederos y promover la economía circular. Esto ayuda a minimizar el impacto ambiental asociado con la eliminación de residuos de neumáticos y fomenta su reutilización en aplicaciones beneficiosas. [11]

Compatibilidad con otros materiales

El caucho granulado reciclado puede mezclarse con otros materiales como el asfalto, cemento y resinas para formar compuestos con propiedades mejoradas. Esta versatilidad lo hace adaptable a diferentes requerimientos de diseño y especificaciones técnicas en proyectos de construcción y pavimentación. [10]

El caucho granulado posee una serie de características y de propiedades mecánicas y un comportamiento mecánico distintivo debido a su naturaleza como material compuesto de partículas de caucho reciclado. A continuación, te detallo algunas de las propiedades y comportamientos mecánicos más relevantes [11]:

Propiedades Físicas:

Elasticidad

El caucho granulado exhibe alta elasticidad debido a la capacidad de deformarse bajo carga y recuperar su forma original una vez retirada la carga, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren amortiguación o absorción de impactos [11].

Resistencia a la Tracción

El caucho granulado suele tener una resistencia a la tracción menor en comparación con materiales como el acero, pero su alta elongación antes de la rotura permite soportar deformaciones considerables sin fracturarse. [11]

Dureza

La dureza del caucho granulado puede variar dependiendo de su composición y proceso de elaboración. Generalmente, se caracteriza por ser un material blando en comparación con materiales metálicos. [11]

Comportamiento Mecánico:

Compresibilidad

El caucho granulado puede comprimirse bajo cargas aplicadas y recuperar su forma original al liberar la carga, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere absorción de impactos, como en suelos deportivos o revestimientos acolchados. [11]

Resistencia a la Fatiga

La resistencia a la fatiga del caucho granulado puede variar según la calidad del material y las condiciones de carga. En aplicaciones sujetas a ciclos de carga repetidos, es importante considerar la resistencia a la fatiga para prevenir fallas prematuras. [10]

Agregados

Materiales pétreos y áridos que se utilizan para la elaboración de materiales en proyectos de construcción. En la construcción, los agregados son materiales granulares inertes que se mezclan con cemento, agua y posibles aditivos para formar hormigón o mortero. [12] Estos materiales desempeñan un papel crucial en la resistencia, durabilidad y características físicas del concreto o mortero final. Aquí te doy una descripción detallada de los agregados más comunes utilizados:

Agregado grueso

Compuesto por fragmentos de roca de tamaño mayor a 4.75 mm (0.1875 pulgadas). La grava puede ser de origen natural (de ríos o canteras) o triturada (procesada a partir de roca más grande). [12]

Agregado fino

Compuesto por partículas pequeñas de roca con tamaño menor a 4.75 mm (0.1875 pulgadas). La arena puede ser natural (de lechos de ríos) o manufacturada (procesada por trituración de rocas) [12]

Los agregados son seleccionados cuidadosamente según las especificaciones del diseño de ingeniería para optimizar propiedades como la resistencia a la compresión, la trabajabilidad, la durabilidad y la resistencia a la segregación. La calidad y la correcta selección de los agregados son fundamentales para garantizar la longevidad y el rendimiento estructural de las construcciones. [12] Los ensayos para los agregados están definidos en nuestra normativa:

Para agregado grueso:

Tabla 1. Requerimientos de calidad para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3.000	> 3.000
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	95	95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

Citado del MTC (EG, 2013)

Para agregado fino:

Tabla 2. Requerimientos de calidad para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 111	30	40
Azul de metileno	AASTHO TIP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35% mín.
Índice de Plasticidad (malla 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

Citado del MTC (EG, 2013)

Ensayos de los agregados:

Agregados gruesos

Son partículas de roca de tamaño superior a 4,75 milímetros. Estos pueden incluir grava, ceniza y piedra trituradas. Se utilizan en la producción de hormigón para asegurar la resistencia y estabilidad de la estructura. [13]

Agregado Fino

Son partículas menores a 4,75 milímetros y generalmente compuestas por arena natural o arena triturada. Se utilizan en la producción de morteros y hormigones para rellenar los espacios entre áridos de gran tamaño y mejorar la trabajabilidad de la mezcla. [13]

Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado:

- Normativa: NTP 339.185.

Prueba empleada para determinar la cantidad de agua existente en los agregados mediante el secado. Además, se deben tener en cuenta el tamaño de la muestra mostrada a continuación [14]:

Tabla 3. Tamaño de la muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4,75 (0,187) (N° 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (2 1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 ½)	16,0
100 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Fuente: MTC (EG, 2013)

Calcular el contenido de humedad total evaporable de la siguiente manera:

$$P = \frac{100 (W - D)}{D}$$

Dónde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos:

- Normativa: MTC E 204.

Prueba empleada para determinar la gradación y distribución de las partículas de los agregados mediante diferentes tamices, incluyendo aquellos hasta la malla N° 200. Además, se deben tener en cuenta los requerimientos presentados a continuación [13]:

Tabla 4. Cantidad mínima de muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayos
mm	pulg	Kg
9,5	03/08	1
12,5	½	2
19,0	¾	5
25,0	1	10
37,5	1 1/2	15
50,0	2	20
63,0	2 1/2	35
75,0	3	60
90,0	3 1/2	100
100,0	4	150
125,0	5	300

Citado del MTC (EG, 2013)

Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio:

- Normativa: MTC E 209.

Prueba empleada para determinar la resistencia a la desintegración de agregado fino y grueso por medio de su inmersión en sulfato de magnesio. Además se deben tener en cuenta algunas consideraciones mostradas a continuación [13]:

Tabla 5. Tamices en los cuales se evaluará el agregado fino

Pasa el tamiz normalizado	Retenido sobre el tamiza normalizado
600µm (Nº 30)	300µm (Nº 50)
1,18 mm (Nº 16)	600µm (Nº 30)
2,36mm (Nº 8)	1,18mm (Nº 16)
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)
9,50 mm (Nº 3/8)	4,75 mm (Nº4)

Citado del MTC (EG, 2013)

Tabla 6. Tamices en los cuales se evaluará el agregado grueso (según gradación)

Tamaño (tamices normalizados de abertura cuadrada)	Peso en g
Consistiendo de:	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ±10
Consistiendo de:	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ±10
37,5 mm (1 ½") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
Consistiendo de:	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 ½") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 ½") a 37,5 mm (1 ½")	5 000 ± 300
Consistiendo de:	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 ½")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 ½") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

Citado del MTC (EG, 2013)

Tabla 7. Tamices para ensayos en agregado grueso después de eliminar sulfatos

Tamaño del agregado	Tamiz normalizado usado para determinar la pérdida
63 mm (2 ½") a 37,5 mm (1 ½")	31,5 mm (1 ¼")
37,5 mm (1 ½") a 19,0 mm (¾")	16,0 mm (5/8")
19,0 mm (¾") a 9,5 mm (3/8")	8,0 mm (5/16")
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	4,0 mm (Nº 5)

Citado del MTC (EG, 2013)

Sales Solubles en agregados para pavimentos flexibles:

- Normativa: MTC E 219.

Prueba empleada para determinar el contenido de sulfatos disueltos en agua. Además, se deben tener en cuenta el peso de la muestra mostradas a continuación [13]:

Tabla 8. Peso de muestra según el tipo de agregado

Agregado Pétreo	Cantidad mínima (g)	Aforo mínimo(mL)
Grava 50 – 20 mm	1000	500
Grava 20 – 5 mm	500	500
Arena 20 mm	100	500

Citado del MTC (EG, 2013)

Calculamos mediante la siguiente relación:

$$\text{Sales solubles (\%)} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B} - 1} \times 100$$

Peso específico y absorción de agregados gruesos

- Normativa: MTC E 206.

Prueba empleada establecer la gravedad específica de una muestra que ha sido deshidratada, saturada con superficie seca y pesada en relación con la absorción del agregado grueso. Las siguientes fórmulas se utilizan para realizar los cálculos [13]:

Tabla 9. Peso mínimo de la muestra de ensayo

Tamaño Máximo Nominal mm (pulg)	Peso Mínimo de la Muestra de Ensayo Kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50,0 (2)	8 (18)
63,0 (2 ½)	12 (26)
75,0 (3)	18 (40)
90,0 (3 ½)	25 (55)
100,0 (4)	40 (88)
112,0 (4 ½)	50 (110)
125,0 (5)	75 (165)
150,0 (6)	125 (276)

Citado del MTC (EG, 2013)

Para el cálculo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$Pe_m = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Dónde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos;

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos;

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pe_{sss})

$$Pe_{sss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico aparente (Pe_a)

$$Pe_a = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Absorción (A_b)

$$A_b = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½")

- Normativa: MTC E 207.

Prueba empleada para determinar de la resistencia a la separación de partículas de agregados gruesos de tamaños más pequeños por Abrasión en la Máquina de Los Ángeles. Además, se deben tener en cuenta la carga y la gradación mostradas a continuación [13]:

Tabla 10. Carga según tipo de gradación de la muestra para el ensayo de abrasión.

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Citado del MTC (EG, 2013)

Tabla 11. Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1250 ± 25	-	-	-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1250 ± 25	-	-	-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
12,5 mm (½")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10		-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (¼")	-	-	2500 ± 10	-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (Nº 4)	-	-	2500 ± 10	-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-	-		5000
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Citado del MTC (EG, 2013)

Método de Ensayo Estándar para la determinación del porcentaje de Partículas fracturadas en el Agregado Grueso

- Normativa: MTC E 2010

Prueba empleada para determinar el % de partículas fracturadas de una muestra de agregado grueso. Además de deben tomar en cuenta los requerimientos según su TMN mostradas a continuación [13]:

Tabla 12. Peso de muestra con relación al tamaño del agregado

Tamaño Máximo Nominal Muestra de ensayo mínima mm (pulg.)	Abertura Cuadrada, mm (pulg.) Masa, g (aprox. lb.)
9,5 (3/8)	200 (0,5)
12,5 (1/2)	500 (1)
19,0 (3/4)	1 500 (3)
25,0 (1)	3 000 (6,5)
37,5 (1 1/2")	7 500 (16,5)
50,0 (2)	15 000 (33)
63,0 (2 1/2)	30 000 (66)
75,0 (3)	60 000 (132)
90,0 (3 1/2)	90 000 (198)

Citado del MTC (EG, 2013)

Para el cálculo del % de masa o de conteo de partículas con el número especificado de caras fracturadas se utiliza la siguiente fórmula [13]:

$$P = \frac{F}{(F + N)} \times 100$$

Donde:

P = porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas.

F = masa o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas.

N = masa o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas o que no entran en el criterio de partícula fracturada.

Partículas chatas y alargadas en agregados para pavimentos flexibles

- Normativa: MTC E 223.

Prueba empleada para determinar el % de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso relacionadas con la ruptura de las partículas durante el proceso de compactación y elaboración de la mezcla. Además, se deben tomar en cuenta los pesos mínimos según su TMN mostradas a continuación [13]:

Tabla 13. Pesos mínimos requeridos para el ensayo dependiendo del tamaño máximo nominal

Tamaño máximo nominal malla cuadrada mm – (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg – (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½")	15 (33)
50,0 (2)	20 (44)
63,0 (2 ½)	35 (77)
75,0 (3)	60 (130)
90,0 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
112 – (4 ½)	200 (440)
125 (5)	300 (660)
150 (6)	500 (1100)

Citado del MTC (EG, 2013)

Los índices de aplanamiento y alargamiento de cada fracción de ensayo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\text{Índice de aplanamiento } (I_{ai}) = \frac{P_{ai}}{P_i} \times 100$$

$$\text{Índice de alargamiento } (I_{ai}) = \frac{P_{li}}{P_i} \times 100$$

Gravedad específica y absorción de agregados finos:

- Normativa: MTC E 205.

Prueba empleada para establecer la gravedad específica de una muestra que ha sido deshidratada, saturada con superficie seca y pesada en relación con la absorción del agregado fino. Las siguientes fórmulas se utilizan para realizar los cálculos [13]:

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

Dónde:

P_{em} = Peso específico de masa

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g;

V = Volumen del frasco en cm^3

V_a = Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida al frasco.

Peso específico de masa saturado con superficie seca ($P_{e_{sss}}$)

$$P_{e_{sss}} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

Peso específico aparente (P_{e_a})

$$P_{e_a} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

Absorción (A_b)

$$A_b = \frac{500 - W_o}{V_a} \times 100$$

Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

- Normativa: MTC E 114

Prueba empleada para cuantificar la presencia de suelos arcillosos, finos plásticos y polvo implica el cálculo del equivalente de arena mediante la siguiente fórmula:

$$SE = (Lectura\ de\ arena / lectura\ de\ arcilla) \times 100$$

Donde:

SE = Arena equivalente

Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)

- Normativa: MTC E 111.

Prueba empleada para determinar el L.P y calcular del índice de plasticidad cuando conoce el L.L. El cálculo del límite plástico es mediante el promedio de dos contenidos de humedad, done se utiliza la siguiente fórmula [13]:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

Por otro lado, el cálculo del índice de plasticidad se realiza mediante la diferencia de límite líquido y límite plástico.

Ensayo de Azul de metileno:

- Normativa: AASHTO TP 57:

Prueba empleada para la detección de arcillas perniciosas en agregados mediante el azul de metileno. El procedimiento se detendrá cuando se observe claramente el halo azul. Para determinar su cantidad se utiliza la siguiente fórmula [13]:

$$MBV = \frac{C_{sol}}{C_{filler}}$$

Dónde:

MBV [mg/g] = Valor de azul de metileno, con aproximación de 0.1 mg/g.

C_{sol} [mg] = Cantidad de azul de metileno necesario para alcanzar el punto final del ensayo.

C_{filler} [g] = Cantidad de material contenido en la suspensión.

Ensayos para determinar el comportamiento de la Mac

Ensayo de Lottman

Desarrollada por Kandhal y adoptada por AASHTO 1985, actualmente es una de las pruebas de precisión más utilizadas para determinar la sensibilidad a daños por humedad en mezclas asfálticas. Esta prueba fue adoptada del sistema Superpave como método requerido para determinar el daño por humedad, lo que hizo posible esto es el método, siendo si no, el más utilizado para evaluar la susceptibilidad a este tipo de daño.

El ensayo de Lottman, o ensayo de Lottman modificado, es un método utilizado para evaluar la resistencia a la deformación permanente de mezclas asfálticas en laboratorio. Esta prueba se enfoca en medir la susceptibilidad de las mezclas asfálticas a deformarse bajo condiciones de carga y temperatura debido a la humedad, lo cual es crucial para determinar su durabilidad y rendimiento en carreteras y otras aplicaciones. [9]

Método de Marshal

También se le llama método Marshall y tiene sus raíces en la década de 1940. En aquel momento, el Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi (EE.UU.) quería desarrollar un nuevo método para controlar las mezclas bituminosas. Buscaban una manera de poner en

práctica este proceso de forma fácil y rápida, donde Bruce G. Marshall lideró el proyecto y le dio su nombre. [9]

Marshall desarrolló su método utilizando una serie de muestras cilíndricas sometidas a cargas diametrales. Además, se utilizó una velocidad constante y se utilizó un aglutinante diferente en cada tubo. El resultado de la prueba proporcionó un diagrama concreto de las propiedades de las mezclas bituminosas utilizadas. Se realizan mediciones de varios parámetros en la muestra extraída, incluyendo el diámetro y la altura para calcular la densidad teórica y real, así como la estabilidad y la fluencia. Posteriormente, la muestra se somete a una carga de compresión a una temperatura específica (generalmente entre 25 °C y 60 °C) para simular las condiciones de carga y temperatura en el campo. Durante el ensayo, se registra la carga máxima soportada antes de que ocurra la falla (estabilidad) y se mide la deformación permanente (fluencia). Estos datos son analizados para calcular la estabilidad Marshall, que es la carga máxima en kilogramos dividida por la altura de la muestra en centímetros, y para evaluar la fluencia, que indica la deformación plástica de la mezcla asfáltica bajo carga. [9]

Estabilidad

La estabilidad obtenida en el método Marshall es uno de los parámetros clave que se evalúan durante el ensayo y proporciona información crucial sobre la resistencia de las mezclas asfálticas. Esta estabilidad se define como la carga máxima en kilogramos que puede soportar una muestra de mezcla asfáltica antes de que ocurra la falla bajo carga de compresión. La importancia de la estabilidad Marshall radica en su capacidad para indicar la resistencia estructural de la mezcla asfáltica frente a las fuerzas de compresión que experimentará en condiciones reales de tráfico. Cuanto mayor sea la estabilidad Marshall, mayor será la capacidad de la mezcla para resistir la deformación permanente y otros tipos de daño estructural. [9]

Flujo

El flujo, también conocido como deformación plástica o deformación permanente, es otro parámetro importante que se evalúa durante el ensayo de Marshall en mezclas asfálticas. Este parámetro indica la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir la deformación bajo cargas repetidas y altas temperaturas, simulando las condiciones de servicio en pavimentos reales.

Durante el ensayo de Marshall, después de aplicar una carga de compresión a la muestra de mezcla asfáltica a una temperatura específica, se mide la deformación permanente que

experimenta la muestra. Esta deformación se conoce como flujo y se expresa generalmente en milímetros. [9]

La normativa nos especifica la cantidad y los datos a desarrollar en el siguiente cuadro:

Tabla 14. Requisitos del diseño Marshall para mezcla asfáltica en caliente por tráfico

Parámetros de diseño	Clase de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
Estabilidad (mínimo)	8.15 KN	5.44 KN	4.53 KN
Flujo 0.01’’ (0.25 mm)	8 - 14	8 - 16	8 - 20
Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Relación estabilidad/ flujo (kg/cm) (Rigidez) (2)	1.700 - 4000		

Citado del MTC (EG, 2013)

Donde: La clase me mezcla está relacionada al tipo de tráfico de acuerdo con el número de ejes equivalentes de la carpeta de rodadura especificado en el MTC. [14]

- A: Tránsito pesado: Estas son carreteras que soportan un tráfico significativo de vehículos pesados, como camiones de carga media y autobuses. [14]
- B: Tránsito medio: Corresponde a carreteras secundarias o terciarias con tránsito más frecuente de camiones ligeros y medianos. [14]
- C: Tránsito ligero: Carreteras que conectan pequeñas ciudades o zonas rurales con algo más de actividad económica. [14]

Ensayo de Cántabro:

El ensayo de Cántabro es un método utilizado para evaluar la resistencia al desgaste por abrasión de las mezclas asfálticas. Este ensayo simula las condiciones a las que estaría expuesta una mezcla asfáltica en un pavimento real debido al tráfico vehicular y las condiciones ambientales. Para llevar a cabo el ensayo, se prepara una muestra de mezcla asfáltica compactada en forma de cilindro o disco según las especificaciones requeridas. La muestra se somete a un acondicionamiento térmico inicial para estabilizar su temperatura antes de la prueba. En la máquina de ensayo de Cántabro, la muestra se coloca y se somete a ciclos repetidos de abrasión y compresión. Durante cada ciclo, se aplica una carga y la muestra

experimenta un movimiento oscilatorio que simula el efecto del tráfico y la abrasión de los neumáticos sobre el pavimento. Después de un número específico de ciclos (generalmente 2000), la muestra se retira de la máquina y se mide la pérdida de masa. Esta pérdida de masa es indicativa de la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica. Los resultados del ensayo se analizan para calcular la pérdida de masa en gramos y se comparan con los valores límite especificados en las normativas y especificaciones técnicas. Estos valores límite son determinados según el tipo de pavimento y las condiciones de tráfico previstas, y sirven para evaluar la calidad y la durabilidad de la mezcla asfáltica frente al desgaste por abrasión. [9]

Se hace uso de la siguiente formula:

$$P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Donde:

- P = Valor de la pérdida por desgaste, en %
- P₁ = Masa inicial de la probeta, en gramos.
- P₂ = Masa final de la probeta, en gramos.

Se calcula el porcentaje de la pérdida media por desgaste.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de materiales de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo durante los meses de Julio a noviembre de 2024. Se emplearon agregados pétreos provenientes de la cantera 3 Tomas - Pátapo, cemento asfáltico, carpeta asfáltica reciclada y caucho reciclado obtenido de neumáticos triturados. El objetivo de esta etapa experimental fue caracterizar los materiales y determinar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas con adición de caucho reciclado.

Los datos obtenidos en los ensayos fueron registrados de forma sistemática en hojas de cálculo excel. Para cada parámetro medido como estabilidad, flujo, pérdida de masa y resistencia a la humedad se calcularon los valores promedios a partir de varias repeticiones por mezcla, con el objetivo de minimizar los errores experimentales. Posteriormente, los resultados fueron representados en tablas y gráficos comparativos que permitieron analizar las tendencias de comportamiento de las mezclas según el porcentaje de adición de caucho granulado. De esta manera, se identificó el contenido óptimo de aditivo que mejoró las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica reciclada, validando la hipótesis planteada.

La investigación experimental se desarrolló aplicando un diseño comparativo, en el cual se elaboraron diferentes mezclas asfálticas recicladas con adición de caucho granulado, con el propósito de evaluar su influencia en las propiedades mecánicas de las carpetas asfálticas. Los resultados obtenidos permitieron identificar el porcentaje de adición que proporcionó el mejor comportamiento mecánico, así como su viabilidad técnica y económica frente a la mezcla convencional.

Caracterización del Caucho granulado:

El caucho granulado elaborado a partir de neumáticos reciclados tiene propiedades únicas que lo convierten en un material versátil y duradero para una amplia gama de aplicaciones. Su flexibilidad natural combinada con su capacidad para absorber impactos lo hacen ideal para pisos deportivos, pisos de juegos y áreas recreativas. Además, los gránulos de caucho tienen propiedades antideslizantes, mejoran la seguridad en ambientes húmedos y contribuyen al aislamiento acústico. Su uso en mezclas asfálticas recicladas no sólo reduce los residuos, sino que también garantiza flexibilidad y durabilidad de la carretera. Esta versatilidad y su contribución a las prácticas sostenibles hacen del gránulo de caucho un material valioso en la ingeniería civil y la construcción [3].

Este material se obtuvo de la distribuidora Líder Grass.

Tabla 15. Caracterización del caucho granulado

Forma	Sólidos granulados
Densidad (gr/cm ³)	0.7942-1.032
Peso específico	1.15-1,17
Humedad (%)	Menos a 0.75
Punto de combustión	300-450
Solubilidad	Insoluble en agua, parcialmente soluble en acetona.
pH	8.12-8.20
Tamaño partículas	1.5mm-3.5mm

Citado de Distribuidor Líder Grass (2024)

Desarrollo de ensayos de agregados:***Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos – MTC E 205***

La finalidad de este análisis fue calcular el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción luego de 24 horas de inmersión en agua del agregado fino. El peso específico fue una característica clave para determinar el espacio ocupado por los agregados en diversas mezclas, como el concreto de cemento Portland y el concreto asfáltico. Este parámetro se empleó para diseñar y ajustar las mezclas con precisión. El peso específico aparente y relativo aparente se enfocaron en el material sólido de las partículas, excluyendo los espacios porosos accesibles al agua. Aunque menos común en la tecnología de agregados, los valores de absorción fueron útiles para evaluar la variación de masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios entre las partículas, tras un tiempo de exposición suficiente para alcanzar su máxima absorción. [13]

Procedimientos:

- Se tamizó la muestra del material que pasa por la malla N°4 para retener las partículas gruesas. [13]
- Se introdujo en una fiola una muestra de 500g, luego llenamos con agua hasta la marca de 500 cm³. Se eliminó las burbujas de aire atrapado agitando manualmente por 30 minutos. [13]

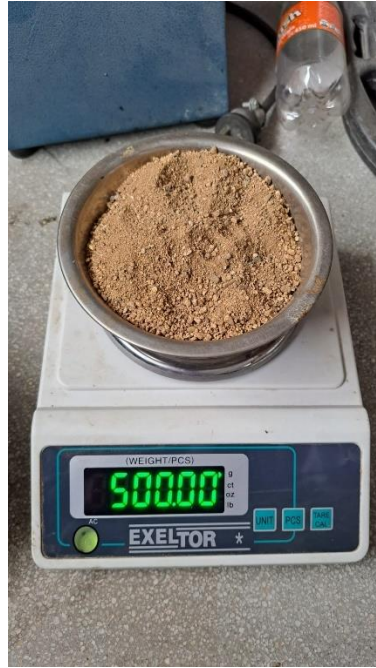


Ilustración 1. Material retenido en la malla N° 4

Una vez eliminado las burbujas de aire, eliminamos la fiola con la muestra y el agua. Luego, se retiró el agregado fino del frasco y se secó en el horno a temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ hasta llegar a masa constante. Por último, procedimos a pesar la mezcla seca. [13]



Ilustración 2. Peso de la muestra

Determinación del Límite Plástico (L. P) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I. P)

El objetivo de este ensayo fue obtener el límite plástico de un suelo y el índice de plasticidad, conociendo previamente su límite líquido. El límite plástico correspondió a la humedad más baja con la que se pudieron formar rollitos de suelo de aproximadamente 3.2 mm de diámetro. La información obtenida se utilizó como parte de diversos sistemas de clasificación, como el SUCS y el AASHTO. [13]

Ilustración 4. Preparación, ensayo y datos obtenidos



Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos – MTC E 206

El ensayo consistió en sumergir una muestra de agregado en agua durante aproximadamente 24 horas para llenar esencialmente sus poros. Luego, la muestra fue retirada del agua, se secó la superficie de las partículas y se registró su peso. Posteriormente, se pesó nuevamente mientras permanecía sumergida en agua. Finalmente, la muestra se secó en un horno y se realizó un tercer pesaje. Mediante este proceso se determinaron el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción. [13]

Procedimiento:

- El material fue tamizado por la malla N°4, descartándose todo lo que pasó por ella. Se pesó una muestra conforme al TMN del agregado y se sumergió en agua durante $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. [13]
- El agregado grueso fue retirado del agua y secado con un paño absorbente grande hasta alcanzar el estado saturado con superficie seca. A continuación, se registró su peso. [13]
- La muestra se colocó en una cesta de alambre para determinar su peso sumergido en agua. Finalmente, fue secada en el horno hasta alcanzar masa constante a $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ y se realizó el último pesaje. [13]

Abrasión Los Ángeles al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5mm (1 ½'') – MTC E 207

Este ensayo evaluó el deterioro de los agregados con gradaciones normalizadas, el cual ocurrió como resultado de una serie de operaciones que incluyeron abrasión, impacto y trituración. El proceso se llevó a cabo en un tambor de acero en movimiento rotatorio que contenía una cantidad específica de esferas de acero, determinada por la graduación de la muestra examinada. Con la rotación del tambor, la muestra y las esferas de acero se elevaron mediante una pestaña metálica y luego fueron arrojadas al lado opuesto del tambor, generando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo se repitió continuamente mientras el tambor permaneció en rotación con su contenido. Al alcanzar el número definido de revoluciones, el agregado fue retirado del tambor y tamizado para determinar su deterioro en términos de porcentaje de pérdida. [13]

Procedimiento:

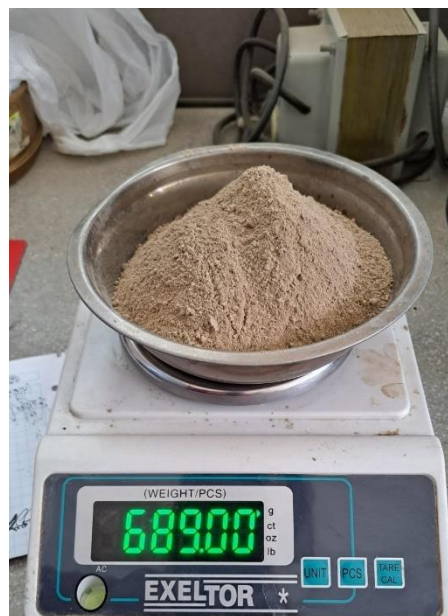
- La muestra de ensayo y la carga correspondiente, según su gradación, fueron colocadas en la máquina de Los Ángeles, la cual se hizo rotar a una velocidad de entre 30 y 33 rpm durante 500 revoluciones. [13]

Ilustración 5. Muestra después de pasar por la máquina de los Ángeles



- Finalizado el número de revoluciones, se descargó el material de la máquina y tamizamos por la malla N°12, luego pesamos el retenido en dicha malla. [13]

Ilustración 6. Peso de la muestra luego de ser tamizada.



Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio – MTC E 209

Este ensayo evaluó la resistencia de los materiales pétreos a la desintegración mediante la exposición a soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio. La saturación de los agregados tuvo una duración no inferior a 16 horas ni superior a 18 horas, asegurándose de

cubrir completamente la muestra ensayada. Una vez finalizado el periodo de inmersión, los materiales fueron retirados de la solución y secados en un horno. Este proceso de saturación y secado se repitió durante cinco ciclos. La ejecución de este ensayo fue fundamental, ya que permitió evaluar el deterioro de los agregados frente a condiciones climáticas adversas. [13]

Ilustración 7. Muestras expuestas al sulfato de sodio



Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso – MTC 210

El objetivo de este ensayo fue aumentar la resistencia al corte al incrementar la fricción entre partículas, tanto en mezclas de agregados sueltos como compactados, además de proporcionar estabilidad a los tratamientos de superficie de los agregados. Una partícula fracturada se definió como un agregado que presentó un mínimo de una o más caras fracturadas, generando una superficie angular, áspera o rugosa como resultado del proceso de trituración de rocas de gran tamaño. Esta característica se determinó en términos de un porcentaje respecto a la masa de una muestra de agregado grueso que contenía partículas fracturadas. [13]

Procedimiento:

- La muestra de agregado grueso fue tamizada según el TMN, y se determinaron las masas correspondientes a cada fracción.

Ilustración 8. Determinación del peso de la muestra



- La muestra retenida en cada tamiz fue extendida sobre una superficie adecuada que permitió la inspección de las partículas fracturadas. Cuando la cara constituía al menos la cuarta parte de la sección transversal de una partícula, esta se consideró como fracturada. [13]
- Las partículas inspeccionadas fueron separadas en dos grupos: aquellas con caras fracturadas especificadas (angulosas y rugosas) y las no fracturadas (redondeadas con superficies lisas). Posteriormente, se determinó el peso de cada grupo o se contó el número de partículas correspondientes. [13]

Ilustración 9. Análisis, determinación y conteo de las caras fracturadas.



Sales Solubles en Agregados para Pavimentos Flexibles – MTC E 219

El propósito de este ensayo fue determinar la cantidad de cloruros y sulfatos solubles en agua presentes en los materiales pétreos utilizados en bases estabilizadas y mezclas asfálticas. En este proceso, la muestra fue sometida a lavados con agua destilada a temperatura de ebullición, y la presencia de cloruros y sulfatos se detectó mediante el uso de reactivos químicos que, al reaccionar con dichas sales, formaron precipitados. De la muestra total lavada se extrajo una pequeña porción para su cristalización, con el fin de observar la concentración de sales presentes en los áridos. [9]

Ilustración 10. Determinación de reactivos químicos



Ilustración 11. Colocación de las muestras en el horno



Partículas Chatas y Alargadas en Agregados – ASTM 4791

El análisis incluyó la determinación de los porcentajes de partículas planas o alargadas presentes en el agregado grueso, es decir, aquellas partículas cuya relación de ancho a espesor o de largo a ancho fue mayor que un valor establecido. La ejecución de este análisis fue fundamental, ya que dichas partículas podían dificultar la compactación y obstaculizar la adecuada colocación de los materiales. Asimismo, se evaluó la forma característica del agregado grueso para verificar si cumplía con las especificaciones requeridas para su uso en mezclas asfálticas. [13]

Ilustración 12. Conteo y determinación de las partículas chatas y alargadas



Equivalente de Arena – MTC E 114

La finalidad de este ensayo fue determinar las proporciones relativas de suelos arcillosos, finos plásticos y polvo presentes en suelos granulares y en agregados finos que pasaron a través de la malla N°4. En otras palabras, al evaluar los suelos granulares y agregados finos, se buscó identificar las combinaciones de partículas deseables, como las gruesas y la arena, así como las arcillas o los finos plásticos y polvos no deseados, que se denominan colectivamente “equivalente de arena”. Este método proporcionó un valor experimental que reflejó las características, fineza y cantidad relativa de material arcilloso en la muestra analizada. Los valores mínimos permitidos de finos arcillosos en los agregados fueron determinados según el uso previsto de dichos materiales. [13]

Procedimiento:

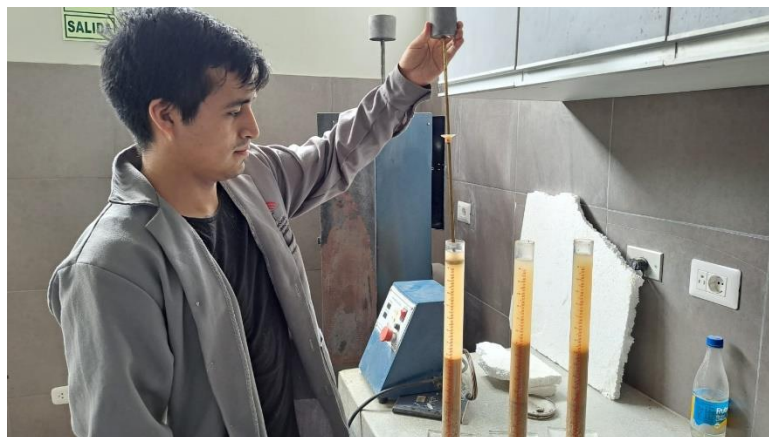
- Se tomó una muestra representativa de agregado fino que pasó por la malla N°4. [13]
- Se vertió la solución stock con un tubo irrigador desde un sifón en el cilindro de plástico hasta una altura de $4'' \pm 0.1''$. [13]

Ilustración 13. Desarrollo del ensayo del equivalente de arena



- Los especímenes de ensayo fueron colocados en los cilindros con ayuda de un embudo para evitar el derrame de la muestra. Posteriormente, se golpeó suavemente la base de cada cilindro con el fin de eliminar el aire atrapado y se dejó saturar durante 10 minutos. [13]

Ilustración 14. Utilización del tubo irrigador

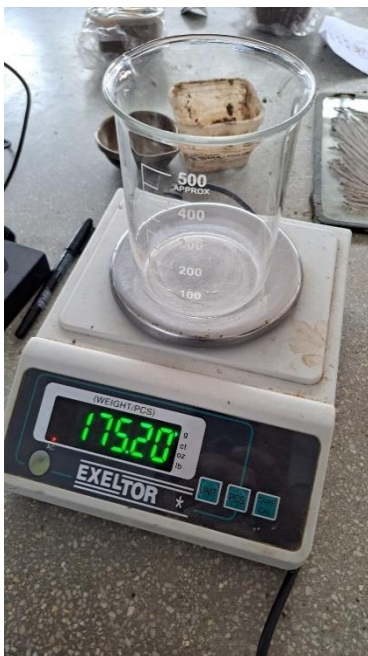


- Transcurridos los 10 minutos, se procedió a agitar el cilindro horizontalmente durante 90 ciclos en un lapso de 30 segundos. Con el tubo irrigador se enjuagaron las paredes del cilindro y, posteriormente, se dejó decantar durante 20 minutos. [13]

Azul de Metileno – AASHTO TP 57

Este ensayo indicó la cantidad de material perjudicial y dañino, incluyendo arcillas y materia orgánica, presente en la fracción fina de un agregado, mediante la determinación del valor de azul de metileno. Es decir, un valor elevado permitió inferir que la muestra contenía una mayor cantidad de arcilla o de materia orgánica. [13]

Ilustración 15. Pesaje del envase, muestra a ensayar y el azul de metileno



Metodología de los ensayos para las MAC:

Método de Marshal:

El procedimiento del ensayo consistió en compactar una muestra cilíndrica de mezcla asfáltica mediante la acción de una compactadora giratoria Marshall. Posteriormente, se midió la carga necesaria para producir una deformación específica en la muestra. La información recopilada a partir del ensayo de Marshall se utilizó para determinar la estabilidad y el flujo de la mezcla asfáltica bajo condiciones específicas de carga y temperatura. Este procedimiento se repitió dos veces más al adicionar las muestras con carpeta asfáltica reciclada, como para las muestras con material de caucho granulado añadido a las muestras con carpeta asfáltica reciclada y analizar su comportamiento mecánico, y posteriormente compararlas con las muestras sin adición una vez que obtuvimos los resultados del ensayo. El ensayo también permitió evaluar la deformación permanente y el flujo lateral de la mezcla. [13]

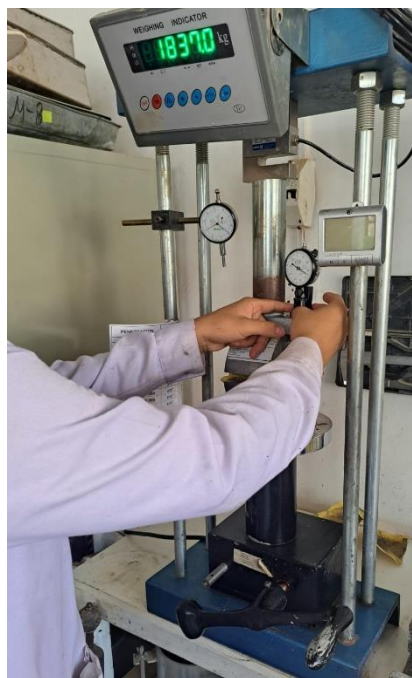


Ilustración 16. Máquina Marshal

Preparación de Especímenes de Ensayo

Calentamos las muestras simultáneamente en las taras, a 150° y las mezclamos de acuerdo a las cantidades establecidas por cada porcentaje:

Ilustración 17, Derretimiento del cemento asfáltico y posterior mezclado con los agregados



Elaboramos las briquetas y posteriormente las vertimos en los moldes y dejamos reposar hasta que se encuentren a temperatura ambiente:

Ilustración 18. Creación de las briquetas y mezclado



Luego retiramos de los moldes una vez ya están a temperatura ambiente, con la desmoldadora una por una:

Ilustración 19. Desmoldado de briquetas



Luego retiramos de los moldes una vez ya están a temperatura ambiente, con la desmoldadora una por una:

Ilustración 20. Briqueta realizada



Curado de Especímenes

Los especímenes compactados fueron enfriados a temperatura ambiente y posteriormente sumergidos en un baño de agua a 60 °C durante un periodo de 30 a 40 minutos antes de la realización del ensayo. [13]

Ensayo de Especímenes

Una vez realizadas las briquetas, procedemos a realizar ensayo de Marshall, para determinar tu estabilidad y flujo.

Ilustración 21. Máquina de Marshall. Para determinación de estabilidad y fluencia



Contenido de Vacíos

Con los datos obtenidos utilizamos el material de cada briqueta ensayada y la derretimos para realizar en ensayo de Rise con la finalidad de obtener su porcentaje de vacíos.

Este ensayo consiste en verter agua hasta la mitad de su capacidad, se pesa y luego se añade la muestra. Posteriormente se procede a el vacío parcial del aire a una presión de 30 mm de Hg. durante 15 minutos. Finalmente se pesa el frasco con el agua y la muestra final.

Procedemos a pesar 1500g del material, también pesamos el envase sin y con agua, y sometemos la muestra a un vacío parcial para quitarle el aire:

Ilustración 22. Pesaje del material, del envase de Rise y su máquina para retirar el aire



Para las muestras con adición con RAC

Para este procedimiento hemos optado por también utilizar 5 porcentajes, en este caso, la norma nos indica que el material de carpeta asfáltica a reciclar no debe ser mayor al 50% del total de la muestra a ensayar, en este caso como ya se han obtenido las cantidades de material óptimo de asfalto, que vendrían a ser en los casos de tránsito ligero el 4.6% y de tráfico pesado 4.3%.

Por lo tanto, las cantidades a evaluar en este caso son las siguientes y procedemos a realizar el siguiente procedimiento:

- Primero nuestros datos de asfalto óptimo y la de cemento (Ligante) no se modificará en ninguno de los dos tráfico.
- Las cantidades de piedra y arena en este caso si serán modificadas para la relación de los porcentajes establecidos de RAC, para evaluarlas luego mediante el ensayo de Marshal y calcular cual de éstas tiene mejor relación de estabilidad y flujo, para posteriormente ya realizar la adición de caucho granulado.
- Procedemos entonces a calcular las cantidades óptimas de pesos en relación a las cantidades calculadas en los pesos en las tablas anteriormente mostradas.
- Ahora con nuestros pesos y cantidades establecidas procedimos al nuevo pesaje de las muestras y posteriormente su compactado y mezclado, como se realizó para la muestra patrón, pero esta vez con la finalidad de calcular y encontrar de cantidad de reciclado será la mejor y se comportará mejor de acuerdo con los resultados de estabilidad y flujo que son obtenidos nuevamente mediante el ensayo de marshal.
- Después de haber obtenido los resultados dados en la máquina Marshall procedemos a derretir las muestras, y a realizar por segunda vez el ensayo de Rise, con estos datos obtendremos la mejor cantidad de RAC para tráfico ligero y tráfico pesado.

Para las muestras con adición con RAC y caucho granulado

Ahora que hemos obtenido nuestro contenido “óptimo de RAC” procedemos a hacer nuestra adición de caucho granulado, con nuestros porcentajes ya establecidos los cuales son al 3%, 5%, 7% y 10% del total del agregado fino adicionado al RAC para nuestra nueva mezcla asfáltica en caliente.

Una vez realizadas nuestras muestras, procedemos a ensayarlas en la máquina marshal. Obtenemos nuevamente los datos de estabilidad y flujo para los dos tipos de tráfico.

Ensayo de Cántabro:

El ensayo de Cántabro es una prueba que se utiliza para evaluar la resistencia a la abrasión, la pérdida de masa y la pérdida por desgaste de las mezclas asfálticas, especialmente las que contienen asfaltos modificados o aditivos, y como en este caso el caucho granulado. Este ensayo mide la pérdida de masa de una probeta de mezcla asfáltica cuando se somete a la acción abrasiva de una máquina giratoria. [13]

Procedimiento

El procedimiento realizado consistió en que, una vez tuvimos valores óptimos de Marshal, de la Mezcla Asfáltica reciclada adicionando con el caucho granulado, que en los dos casos se dio un valor del 5% de la adición para cada uno de los tráfico, procedemos a la realización de las briquetas, como ya se especificó en el número de muestras, el número de estas será de 16, 8 para el tráfico ligero, y 8 para el tráfico pesado.



Ilustración 23. Briquetas realizadas para ensayo de cántabro

En el ensayo de Cántabro, una muestra de árido fue colocada en un tambor cilíndrico revestido con bolas de acero y sometida a un número determinado de ciclos de abrasión y choque. Posteriormente, se evaluó el porcentaje de desgaste sufrido por la muestra. [13]

Una vez realizadas las muestras procedemos a pesar cada una de ellas, para posteriormente introducirlas en la máquina de los ángeles.

Una vez pesadas las muestras, procedemos a introducirlas, a la máquina de los ángeles, para posteriormente activarla a 300 revoluciones como indica la norma.

Luego de transcurrir todas las revoluciones, se procederá a retirar las muestras y posteriormente a nuevamente hacer su pesaje. Las muestras serán ensayadas una por una.

Ilustración 24 pesaje de briquetas después de la máquina de los ángeles



Resultados

Los resultados del ensayo de Cántabro se expresaron como el porcentaje de desgaste, el cual indicó la pérdida de masa o degradación de los áridos debido a la abrasión durante la prueba. Estos resultados permitieron determinar la durabilidad y calidad de los materiales pétreos. [13]

Los parámetros clave a considerar y cómo comparar las muestras son los siguientes:

Pérdida de Masa

La pérdida de masa fue uno de los principales parámetros medidos después del ensayo de Cántabro. Se calculó comparando la masa inicial de la muestra con la masa final obtenida tras la prueba. Una menor pérdida de masa indicó una mayor resistencia al desgaste de los áridos. [13]

Porcentaje de Desgaste

El porcentaje de desgaste se calculó dividiendo la pérdida de masa entre la masa inicial y multiplicando el resultado por 100 para obtener un valor porcentual. Este parámetro fue fundamental para comparar el desgaste relativo entre las diferentes muestras y determinar su resistencia a la abrasión. [13]

Índice de Abrasión:

El índice de abrasión se determinó como la relación entre la pérdida de masa de la muestra y la pérdida de masa de una muestra patrón estándar. Este índice proporcionó una medida relativa del desgaste de los áridos en comparación con un material de referencia. [13]

Comparación de Muestras:

Análisis de Resultados

Se compararon las pérdidas de masa obtenidas en las diferentes muestras de áridos, tanto de las muestras sin adición, como con las que presentaron sus diferentes adiciones, con el fin de identificar aquellas que presentaron menor degradación y, por ende, mayor resistencia al desgaste durante el ensayo de Cántabro. [13]

Ensayo de Lottman

El ensayo de Lottman permitió medir de manera precisa la resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por la humedad y otros agentes asociados a este fenómeno. [9]

Este ensayo fue utilizado para evaluar la resistencia de los materiales a la acción de la humedad y determinar su durabilidad bajo condiciones ambientales adversas. [9]

De acuerdo con la norma MTC E 522, esta prueba se empleó para determinar el deterioro causado por la humedad en las mezclas asfálticas en caliente (MAC), el cual se produce por la pérdida de adhesión entre el cemento asfáltico (C.A.) y los agregados pétreos. El cálculo del deterioro se determinó mediante el índice de resistencia a la tracción indirecta (ITS), utilizando las siguientes ecuaciones: [9]:

$$ITS = [(2 \times P)/(\pi \times D \times H)]$$

Dónde:

P: Carga máxima aplicado a la muestra hasta la rotura, expresado en kN

D: Diámetro de la muestra de ensayo, expresado en mm

H: Altura de la muestra de ensayo, expresado en mm

Para cada grupo de muestras saturadas y secas, se calculó el valor correspondiente de ITS.

Luego, se determinó la relación de TSR dividiendo el valor de ITS de las muestras saturadas entre el valor de ITS de las muestras secas.

$$TSR = ITS_{saturado} / ITS_{seco} \times 100$$

Procedimiento del Ensayo de Lottman Modificado:

Preparación de Muestras

Se seleccionaron muestras representativas del material a ensayar, en este caso, las briquetas de asfalto. Cada muestra fue debidamente etiquetada para su correcta identificación durante el ensayo. [9]

Acondicionamiento Inicial

Somete las muestras a un acondicionamiento inicial en un ambiente controlado para estabilizar su contenido de humedad antes de comenzar el ensayo. El acondicionamiento varía según el material y las normativas aplicables. [9]

Exposición a la Humedad

Las muestras fueron colocadas en una cámara de humedad controlada o en un ambiente con alta humedad relativa, con el propósito de simular condiciones de humedad inducida. Permanecieron expuestas durante un período de tiempo específico, determinado conforme a las normativas o estándares aplicables. [9]

Monitoreo y Registro de Datos

Durante la exposición a la humedad, se monitorearon de manera regular el peso, las dimensiones, el aspecto visual y otros parámetros relevantes de las muestras. Asimismo, se registraron los cambios observados, tales como deformaciones, grietas, delaminaciones u otros signos de deterioro ocasionados por la humedad. [9]

Acondicionamiento Posterior:

Una vez finalizada la exposición a la humedad, las muestras fueron nuevamente acondicionadas en un ambiente controlado, con el fin de evaluar posibles recuperaciones dimensionales o variaciones posteriores a la re-estabilización. [9]

Análisis de Resultados:

Se calculó el porcentaje de cambio en peso, dimensiones y otros parámetros medidos antes y después del ensayo de humedad. Finalmente, se evaluó visualmente el estado de deterioro de las muestras y se analizó si estas cumplían con los criterios de aceptación establecidos en las normativas correspondientes. [9]

Muestreo y población:***Muestreo***

Los 3 ensayos que se realizaron contienen un número específico de briquetas debidamente reglamentadas para hacer un diseño de mezcla asfáltica:

Marshall MTC E 504: Mínimo 3 briquetas por ensayo. [13]

Cántabro MTC E 515: Mínimo 4 briquetas por ensayo. [13]

Lottman modificado AASHTOT283: Mínimo 6 briquetas por ensayo. [13]

La muestra patrón fue analizada de acuerdo a 2 tipos de tráfico, por lo cual se considerarán el doble de briquetas de la muestra patrón:

Los porcentajes que se eligieron posteriormente están dictaminados por la normativa del MTC en donde se especifica que para ensayar muestras de mezclas bituminosas de desarrollará en un rango del 4% al 8%, con un mínimo de 6 porcentajes que van a variar entre cada uno 0.5% de acuerdo al diseño elegido de una muestra patrón. Por tanto, se ha considerado los porcentajes de 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, cumpliendo así las especificaciones mínimas del MTC para las MAC.

Tabla 16. Muestreo par contenido óptimo de asfalto patrón.

	4%	4.5%	5%	5.5%	6%
Ligero	3	3	3	3	3
Pesado	3	3	3	3	3

Elaborado por el investigador

Tuvimos entonces un total de 30 briquetas que se realizarán para encontrar nuestro contenido óptimo de asfalto.

Una vez que encontramos el contenido óptimo de asfalto, realizamos nuestras muestras modificadas.

Tabla 17. Muestreo par contenido óptimo de RAC al patrón.

	10%	20%	30%	40%	50%
Ligero	3	3	3	3	3
Pesado	3	3	3	3	3

Elaborado por el investigador

Este procedimiento fue realizado para considerar que cantidad de asfalto reciclado se comporta mejor para poder hacer las adiciones posteriores correspondientes, esto con la finalidad de comparar el comportamiento del asfalto reciclado sin adición tanto con la muestra patrón, como con la adición optima de RAC.

Tabla 18. Muestreo para contenido óptimo de asfalto reciclado con Caucho granulado

	3%	5%	7%	10%
Ligero	3	3	3	3
Pesado	3	3	3	3

Elaborado por el investigador

Obtuvimos entonces un total de 24 briquetas que se realizaron para hacer el ensayo de marshal y determinar cuál adición es la más óptima.

Con la adición que nos presentaría mejores resultados fue realizado el ensayo de cántabro y de Lottman Modificado.

Tabla 19. Muestreo para el ensayo de cántabro.

	Control Patrón	Experimentales
Ligero	4	4
Pesado	4	4

Elaborado por el investigador

Obtuvimos entonces un total de 16 briquetas.

Entonces calculamos el número de muestras para el ensayo de Lottman modificado.

Tabla 20. Muestreo para ensayo de Lottman Modificado.

	Control Patrón	Experimentales
Ligero	8	8
Pesado	8	8

Elaborado por el investigador

Obtuvimos entonces un total de 32 briquetas.

Población:

Para la obtención de los resultados se realizaron tres ensayos principales: el método de Marshall, el ensayo de Lottman modificado y el ensayo de Cántabro. Las mezclas fueron elaboradas aplicando sustituciones del 3 %, 5 %, 7 % y 10 % de caucho granulado. Este procedimiento se desarrolló tomando como referencia los artículos científicos de la Bach. Carranza Muñoz, Zully Yazmín [4] citados en los antecedentes, en los cuales se incorporaron caucho y vidrio molido, obteniéndose mejoras significativas en las propiedades mecánicas del asfalto. En ese mismo sentido, la presente investigación buscó evaluar la mejora de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas recicladas mediante la adición de caucho granulado.

Tabla 21. Resumen muestreo y población.

ENSAYOS	CANTIDAD
Patrón	30
Marshal con RAC	30
Marshal con RAC y adición	24
Lottman Modificado	32

Cántabro	16
TOTAL, DE MUESTRAS A REALIZAR	132

Elaborado por el investigador

Operacionalización de variables:

VARIABLE INDEPENDIENTE: Adición del caucho granulado.

VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades mecánicas en mezclas asfálticas recicladas.

VARIABLE INTERVINIENTE Diámetro de las partículas de caucho, carpeta asfáltica reciclada, tipo cemento asfáltico(ligante), y los tipos de tráfico.

Tabla 22. Operalización de variables (Independiente y dependiente)

VARIABLE	INDICADORES	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD	MÉTODO DE MEDICIÓN
Independiente Adición de caucho granulado	Proporción de caucho granulado	2%, 5%, 7% Y 10%	KG	Balanza electrónica
VARIABLE	INDICADORES	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD	MÉTODO DE MEDICIÓN
Dependiente Propiedades mecánicas en mezclas asfálticas recicladas.	Resistencia A La Estabilidad Y Flujo De La Mezcla Asfáltica En Caliente.	Estabilidad	kg	Método de ensayo Marshall MTC E 504/ASTDM D 1559
		Fluencia	mm	
		Estabilidad/Fluencia	Kg/cm	
	Durabilidad	Durabilidad-Pérdida por desgaste.	%	Ensayo Cántabro MTC E 515
Resistencia a la humedad inducida	Resistencia a la humedad inducida	%	Ensayo de Lottman Modificado AASHTO T283	

Elaborado por el investigador

Tabla 23. Operalización de variables (Interviniente)

VARIABLES INTERVINIENTES	
Diámetro partículas de caucho	1.5mm a 3.5mm
Tipo de cemento asfáltico	Cemento asfáltico 60/70
Tipo de tráfico	Ligero y Pesado

Elaborado por el investigador

Resultados y discusión:**Resultados:****Ensayos de Agregados:****Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos – MTC E 205**

Datos obtenidos:

Tabla 24. Datos de ensayo de absorción (Agregado fino).

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco -	(g)	975.1	975.1
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Fra	(g)	702.3	702.3
3.- Peso del Agua	(g)	272.8	272.8
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del F	(g)	700.2	700.2
5.- Peso del Frasco	(g)	202.3	202.3
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	498	498
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

Elaborado por el investigador

Resultados:

Tabla 25. Resultados ensayo de absorción (Agregado Fino).

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.191
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.201
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.212
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.42

Elaborado por el investigador

El ensayo nos dio como resultado que el peso específico relativo de los sólidos es 1.07gr/cm³.

Determinación del Límite Plástico (L. P) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I. P)

Resultados:

Tabla 26. Datos obtenidos en laboratorio para ensayo de límite plástico.

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico
N° de tarro	12	15	16	1	20
N° de golpes	33	26	16	16	
Tarro + suelo húmedo	23.55	33.47	22.17	22.17	17.98
Tarro + suelo seco	20.5	29.8	18.6	18.6	16.8
Agua	3.05	3.67	3.57	3.57	1.18
Peso del tarro	7.3	15.5	7.3	7.3	12.00
Peso del suelo seco	13.2	14.3	11.3	11.3	4.8
Porcentaje de humedad	23.11	25.66	31.59	31.59	24.58

Elaborado por el investigador

Tabla 27. Resultados del límite plástico N°200

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	26.29
Límite Plástico	24.58
Índice de Plasticidad	1.70

Elaborado por el investigador

El índice de plasticidad es de 1.70.

Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos – MTC E 206

Datos:

Tabla 28. Datos ensayo de absorción (Agregado grueso)

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	3132	3132
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	3148	3148
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del	(g)	2841	2841
4.- Peso de la canastilla	(g)	878	878
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1963	1963

Elaborado por el investigador

Resultados:

Tabla 29. Resultados ensayo de absorción (Agregado Fino)

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.643
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.657
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.679
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.51

Elaborado por el investigador

Obtuvimos un peso específico de 2.643 g/cm³ y un porcentaje de absorción de 0.51%.

Abrasión Los Ángeles al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5mm (1 ½'') – MTC E 207

Resultados:

Tabla 30. Resultados ensayo de abrasión.

% de desgaste por abrasión	%	13.8
% de uniformidad	%	0.4

Elaborado por el investigador

El ensayo de abrasión presentó un desgaste de 13.8% a comparación del peso inicial que fueron 5 kg, y también obtuvimos un coeficiente de uniformidad de 0.4.

Requerimientos: 40% máximo.

Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio – MTC E 209

Datos:

Tabla 31. Datos del ensayo de durabilidad a los sulfatos.

TAMICES		Porcentaje
		de pérdida
Pasa	Retiene	pesado
3/8"	Nº 4	0.6
9.5 mm	4.75 mm	
Nº 4	Nº 8	0.9
4.75 mm	2.36 mm	
Nº 8	Nº 16	0.8
2.36 mm	1.18 mm	
Nº 16	Nº 30	0.8

1.18 mm	600 µm	
Nº 30	Nº 50	1.3
600 µm	300 µm	
Nº 50	Nº 100	1.6
300 µm	150 µm	

Elaborado por el investigador

Resultado: Desgaste total = 7.4%

Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso – MTC 210

Datos con una cara fracturada:

Tabla 32. Datos y resultados ensayo caras fracturadas (una cara fractura).

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE FRACTURADA ((B/A)*100)	CARAS C =	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE							
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---		0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---			---	
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---			---	
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---			---	
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---			---	
3/4"	1/2"	500.0 g.	500.0	280.0	56.0 %		500.0 %	280.0 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	200.0	85.0	42.5 %		200.0 %	85.0 %
TOTAL		57800.0 g.	700.0 g.	365.0 g.			700.0 %	365.0 %

Elaborado por el investigador

Resultados:

Porcentaje con una cara fracturada: 52.1%

Datos con dos caras fracturadas:

Tabla 33. Datos y resultados del ensayo de caras fracturadas (Dos caras fracturadas)

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE FRACTURADA ((B/A)*100)	CARAS C =	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE							
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---		0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---			---	
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---			---	
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---			---	
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---			---	
3/4"	1/2"	500.0 g.	500.0	175.0	35.0 %		500.0 %	175.0 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	200.0	98.0	49.0 %		200.0 %	98.0 %
TOTAL		57800.0 g.	700.0 g.	273.0 g.			700.0 %	273.0 %

Elaborado por el investigador

Resultados:

Porcentaje con dos caras fracturadas: 39.0%

Sales Solubles en Agregados para Pavimentos Flexibles – MTC E 219

Datos:

Agregado grueso:

Tabla 34. Datos ensayo sales solubles (Agregado grueso)

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.20

Elaborado por el investigador

Resultados:

Obtuvimos una constitución del 0.20% de sales solubles totales.

Agregado fino:

Tabla 35. Datos ensayo sales solubles (Agregado fino)

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2500
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.25

Elaborado por el investigador

Resultados:

Obtuvimos una constitución del 0.20% de sales solubles totales.

Partículas Chatas y Alargadas en Agregados – ASTM 4791

Datos:

Tabla 36. Datos ensayo partículas chatas y alargadas.

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	880
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	11.2

Elaborado por el investigador

Resultados:

Obtuvimos un 11.2% de partículas chatas y alargadas.

Equivalente de Arena – MTC E 114

Tabla 37. Datos y resultados ensayo de equivalente de arena.

MUESTRA N.º	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N.º 4	N.º 4	N.º 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	8.00	8.50	10.00
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.50	4.10	4.20
EQUIVALENTE DE ARENA	56.25 %	48.24 %	42.00 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	49 %		

Elaborado por el investigador

Resultados:

El porcentaje de equivalente promedio para las 3 muestras es de un 49%.

Azul de Metileno – AASHTO TP 57

Tabla 38. Datos azul de metileno.

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución	Peso del Material Fino (N° 200)	Resultado	Especificación EG -213	
					Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - pasa 200	Cada 0.5 ml	10.0	5.0	2	-	8
		10.0	5.0	2		

Elaborado por el investigador

Resultados:

Los resultados del ensayo mostraron que se usaron 10ml para lograr llegar al tono correcto, por ende, el resultado es 2.

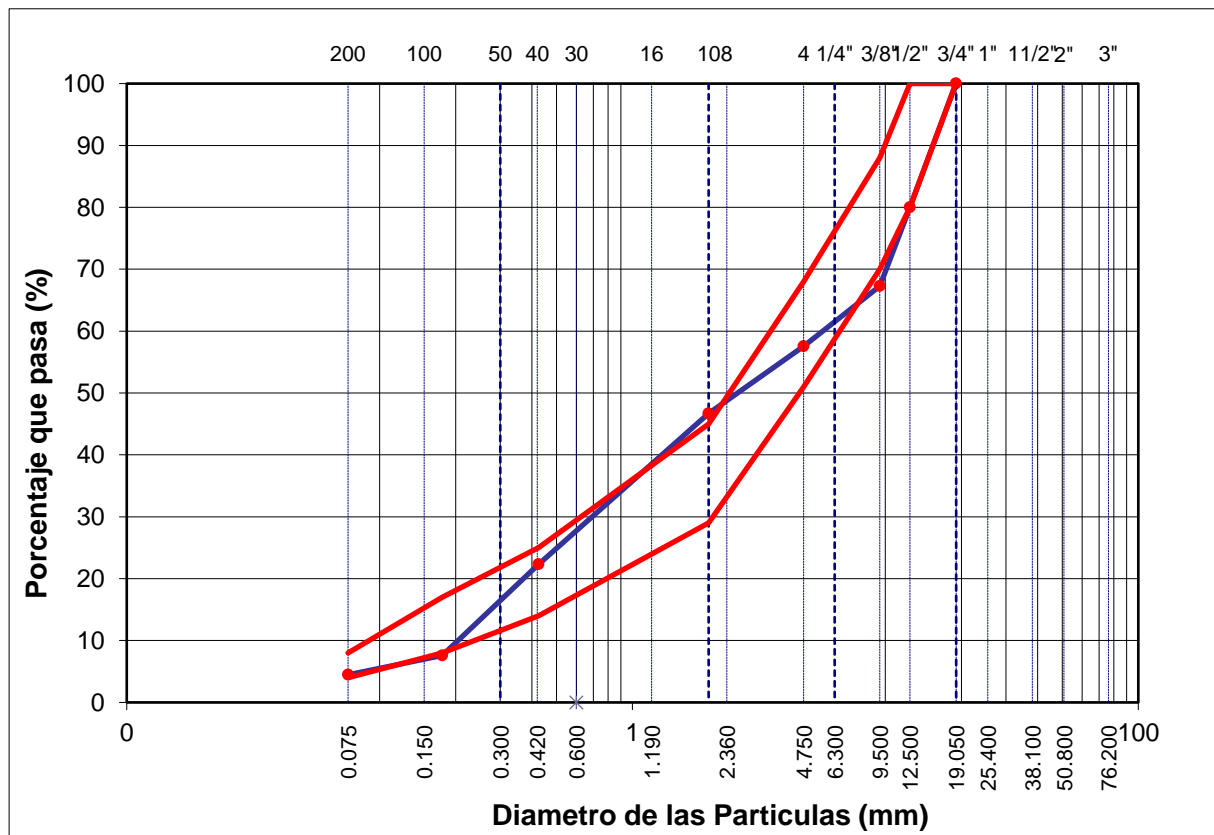
Granulometría:

Tabla 39. Datos granulométricos.

TAM IZ	AASH TO T- 27	PESO	PORCENT AJE	RETENIDO	PORCENT AJE	ESPECIFICAC ION	
	(mm)	RETENI DO	RETENID O	ACUMULA DO	QUE PASA		
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0	80	100
1/2"	12.500	512	20.0	20.0	80.0	67	85
3/8"	9.500	325	12.7	32.7	67.3	60	77
Nº 4	4.750	249	9.7	42.4	57.6	43	54
Nº 10	2.000	312.0	10.9	53.3	46.7	29	45
Nº 40	0.425	698.0	24.4	77.7	22.3	14	25
Nº 80	0.177	423.0	14.8	92.4	7.6	8	17
Nº 200	0.075	89.0	3.1	95.5	4.5	4	8
< Nº 200	Fondo	128.0	4.5	100.0			

Elaborado por el investigador

Gráfico 1. Curva granulométrica



Elaborado por el investigador

Hemos elegido para nuestro diseño la MAC 2, porque es la que mejor se adapta a nuestra granulometría, ya que esta está definida de acuerdo con el retenido de agregado grueso en la malla de media.

Ensayo de marshall

Diseño mediano muestra patrón

Para el diseño mediano patrón hemos realizado a consideración varios porcentajes de asfalto, ligante, agregado fino y grueso una vez realizado los ensayos correspondientes y habiendo cumplido por las consideraciones de la norma técnica peruana de diseño de mezclas asfálticas, realizamos nuestro diseño patrón para obtener nuestro contenido óptimo de asfalto. Las consideraciones para los porcentajes están consideradas en el muestreo y población utilizando así 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6% para las muestras patrón tomando en cuenta los dos diseños de tráfico ligero y pesado.

Tabla 40. Datos porcentaje de Mac.

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Elaborado por el investigador

Para 4%:

Tabla 41. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 4%

PARA UNA BOLSA	PARA 3 BOLSAS
Piedra	1710
Arena	2522.25

Elaborado por el investigador

Para 4.5%:

Tabla 42. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 4.5%

PARA UNA BOLSA	PARA 3 BOLSAS
Piedra	1701
Arena	2508.975

Elaborado por el investigador

Para 5%:

Tabla 43. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 5%

PARA UNA BOLSA	PARA 3 BOLSAS
Piedra	1692
Arena	2495.7

Elaborado por el investigador

Para 5.5%:

Tabla 44. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 5.5%

PARA UNA BOLSA	PARA 3 BOLSAS
Piedra	1683
Arena	2482.425

Elaborado por el investigador

Para 6%:

Tabla 45. Cantidad de agregados para diseño de MAC AL 6%

PARA UNA BOLSA	PARA 3 BOLSAS
Piedra	1674
Arena	2469.15

Elaborado por el investigador

Ahora que tenemos las cantidades de agregados para los distintos porcentajes, procedemos a realizar nuestras briquetas, las cuales hemos considerado 30 en total, 15 para tráfico ligero y 15 para tráfico pesado.

Una vez realizado el ensayo, procesamos los datos obtenidos para obtener nuestro contenido óptimo de asfalto:

Para tráfico ligero:

Tabla 46. Datos obtenidos de la máquina marshal, para la muestra patrón de tráfico ligero.

TRAFICO LIGERO		
Porcentaje asfalto	Estabilidad(kg)	Flujo
4%		
1	2426	35
2	3112	35
3	2361	34
4.5%		
1	2693	31
2	3292	32
3	2549	35
5%		
1	2308	32
2	2239	35
3	3124	34
5.5%		
1	2137	33
2	2192	34
3	2696	33
6%		
1	3007	34
2	3096	32
3	2985	35

Elaborado por el investigador

Para tráfico pesado:

Tabla 47. Datos obtenidos de la máquina marshal, para la muestra patrón de tráfico pesado.

TRAFICO PESADO		
Porcentaje asfalto	Estabilidad	Flujo
4%		
1	1706	29
2	2405	32
3	2602	34
4.5%		
1	3400	34
2	3480	33
3	2903	35
5%		

	1	2930	32
	2	2940	32
	3	1770	30
5.5%			
	1	2081	35
	2	3663	32
	3	2998	36
6%			
	1	2816	35
	2	2918	35
	3	2968	35

Elaborado por el investigador

En estas tablas podemos observar los datos obtenidos mediante la máquina de Marshall para tráfico ligero y pesado, nos revela la estabilidad (Kg) y el flujo, que nos proporciona la lectura del flexómetro (pul.)

Posteriormente medimos la altura de las muestras, su peso seco, peso sumergido y peso superficialmente seco.

Para tráfico ligero:

Tabla 48. Datos de altura y pesos de las muestras de tráfico ligero.

TRÁFICO LIGERO					
Porcentajes	Altura Promedio	Peso Seco (g)	Peso S.S.	Peso Sum.	
4%					
	1	6.69	1179	1083.9	642.14
	2	6.72	1203	1201.1	669.23
	3	6.75	1205	1220.3	670.12
4.5%					
	1	6.83	1223	1230.01	671.13
	2	6.99	1263	1272.05	695.12
	3	6.95	1233	1238.5	685.2
5%					
	1	7.69	1355	1372.2	845.2
	2	6.7	1206	1250.3	750.1
	3	6.53	1044	1210.1	656.2
5.5%					
	1	6.1	1070	1073.6	599.1
	2	6.5	1140	1150.1	632.1
	3	7.1	1215	1223.2	665.2
6%					
	1	6.64	1190	1189.1	671.3
	2	6.5	1240	1250.3	705.2
	3	6.65	1178.2	1180.4	650.3

Elaborado por el investigador

Para tráfico pesado:

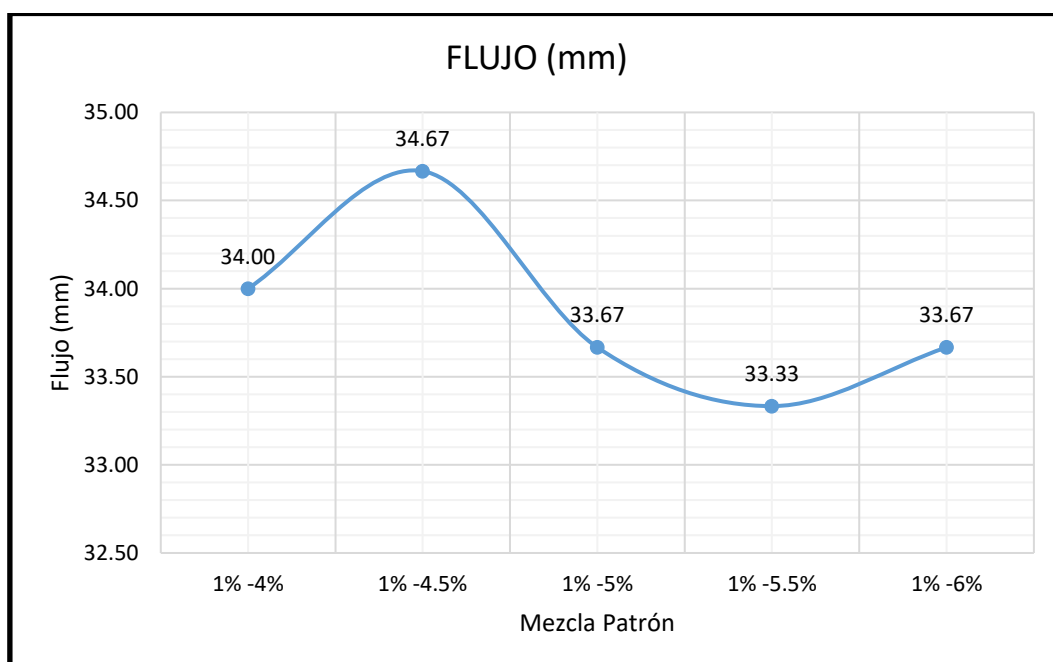
Tabla 49. Datos de altura y pesos de las muestras de tráfico pesado.

TRÁFICO PESADO				
Porcentajes	Altura Promedio	Peso Seco (g)	Peso S.S.	Peso Sum.
4%				
1	6.715	1182	1086.8	642.14
2	6.675	1201	1203.1	666.32
3	6.8	1211	1215.4	672.49
4.5%				
1	6.98	1225	1229.9	671.75
2	7.1	1261	1269.2	696.29
3	7.03	1233	1239.2	684.25
5%				
1	7.835	1359	1369.2	844.83
2	6.7	1202	1248.1	733.17
3	6.42	1143	1207.9	674.8
5.5%				
1	6.05	1072	1075.2	597.27
2	6.45	1143	1150.1	632.3
3	6.965	1214	1221.3	664.8
6%				
1	6.57	1180	1188.5	669.1
2	6.76	1241	1247.7	706.27
3	6.62	1177	1183.3	650.6

Elaborado por el investigador

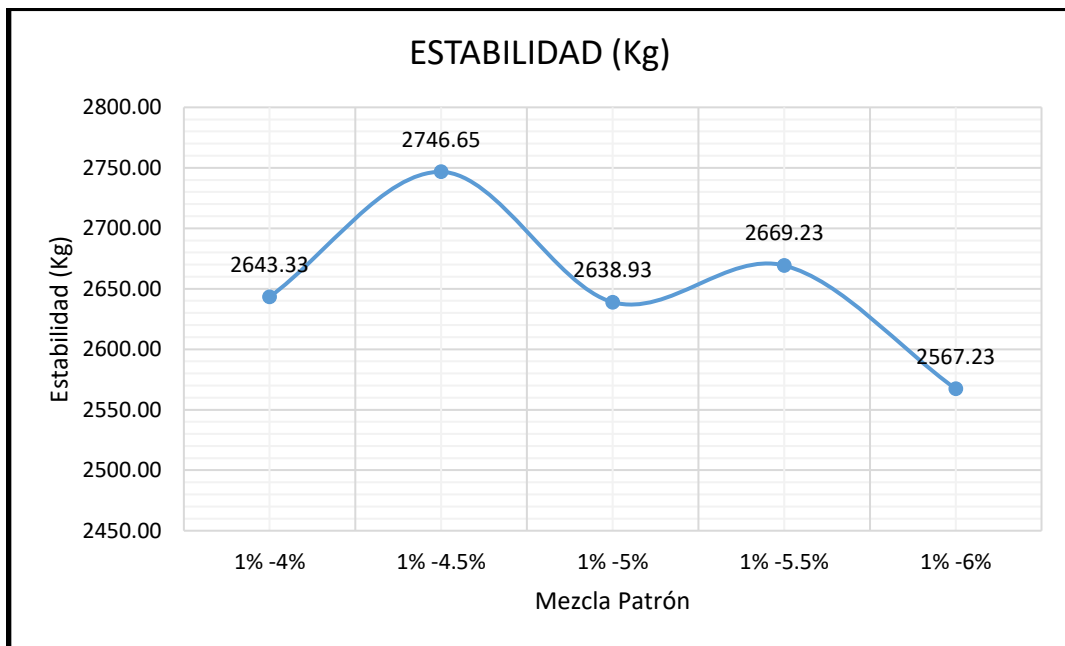
Método Marshal para tráfico ligero:

Gráfico 2. Diagrama de curva Marshal, datos de flujo para tráfico ligero.



Elaborado por el investigador

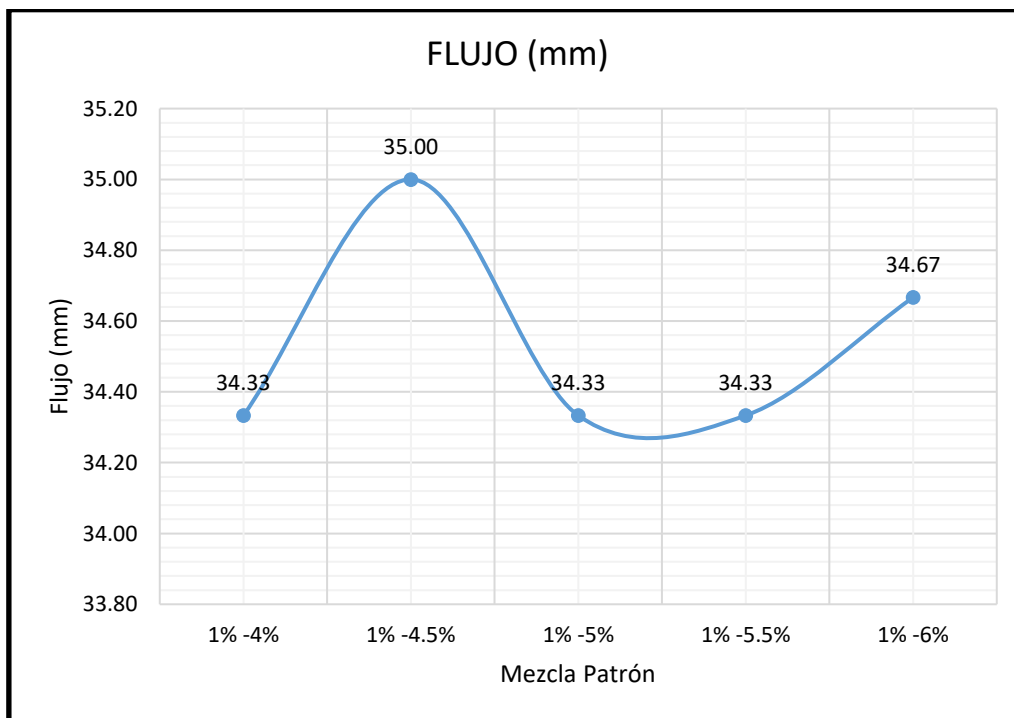
Gráfico 3 Diagrama de curva Marshal, datos de estabilidad para tráfico ligero.



Elaborado por el investigador

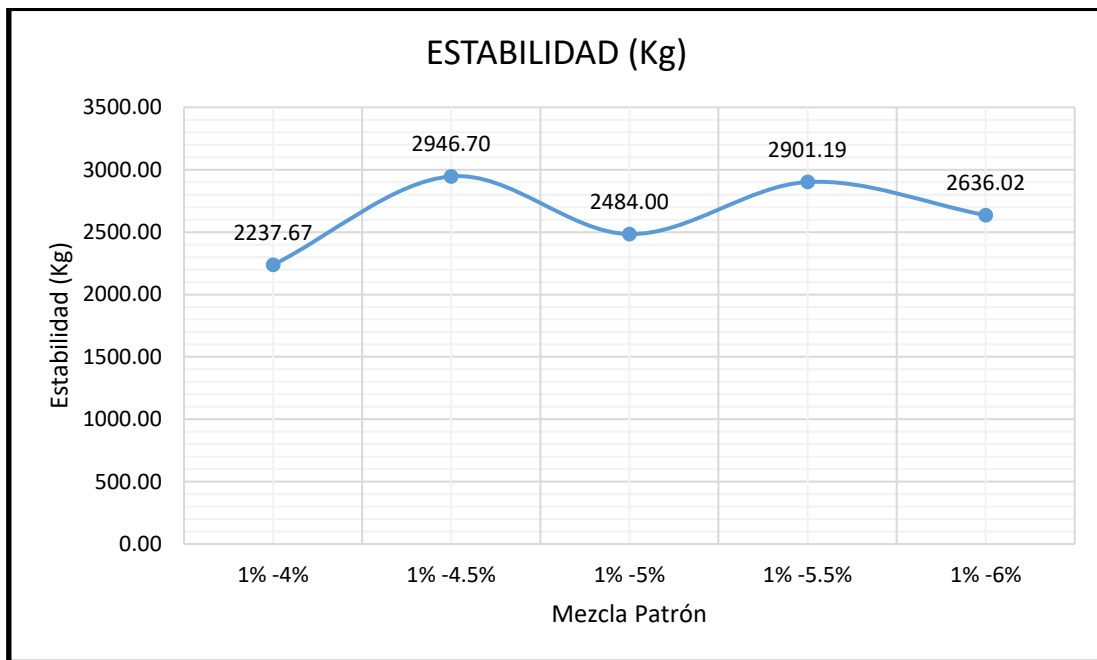
Método Marshal para tráfico Pesado:

Gráfico 4. Diagrama de curva Marshal, datos de flujo para tráfico pesado.



Elaborado por el investigador

Gráfico 5. Diagrama de curva Marshal, datos de estabilidad para tráfico pesado.



Elaborado por el investigador

Analizamos y trabajamos con los datos obtenidos que son los mismo tanto como para tráfico ligero, como para tráfico pesado para obtener el porcentaje de vacíos:

Tabla 50. Ensayo de Rice para determinación de porcentaje de vacíos.

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2502	2717	2631	2651	2697
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1931	2124	2059	2105	2161
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3431.0	3624.0	3559.0	3605.0	3661.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	571	593	572	546	536
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.627	2.531	2.624	2.747	2.800

Elaborado por el investigador

Tenemos entonces una vez obtenido nuestros datos de Marshall que nuestro contenido óptimo de asfalto para tráfico ligero es:

Tabla 51. Resultados obtenidos Marshal para MAC tráfico ligero.

RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	4.6%
Peso Unitario (gr/cm²)	2.172
Vacios (%)	4.20
Vacios del Agregado mineral (%)	14.00
Vacios Llenados de C.A (%)	68.00
Flujo (mm)	8.18
Estabilidad (Kg)	3900
Relación Polvo Asfalto	1.02

Elaborado por el investigador

Nuestro contenido óptimo de asfalto luego de analizar y determinar mediante la metodología de Marshall será de 4.6% del total del diseño de mezcla patrón para el tráfico ligero.

Y para tráfico pesado:

Tabla 52. Resultados obtenidos Marshal para MAC tráfico pesado.

RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	4.3%
Peso Unitario (gr/cm²)	2.370
Vacios (%)	4.00
Vacios del Agregado mineral (%)	15.00
Vacios Llenados de C.A (%)	66.00
Flujo (mm)	8.84
Estabilidad (Kg)	3320
Relación Polvo Asfalto	0.97

Elaborado por el investigador

Nuestro contenido óptimo de asfalto luego de analizar y determinar mediante la metodología Marshall, será de 4.3% del total del diseño de mezcla patrón para el tráfico pesado.

Muestras con adición de RAC:

Para tráfico ligero:

Tabla 53. Datos Marshall para diseño con RAC para tráfico ligero.

TRAFICO LIGERO RAC		
Porcentaje asfalto	Estabilidad	Flujo
10%		
1	3009	34
2	1860	38
3	2465	37
20%		
1	2646	40
2	2710	36
3	2985	35
30%		
1	1663	36
2	3493	38
3	2890	42
40%		
1	2559	37
2	2462	43
3	2834	30
50%		
1	2855	37
2	2606	38
3	2896	35

Elaborado por el investigador

Para tráfico pesado:

Tabla 54. Datos Marshall para diseño con RAC para tráfico Pesado.

TRAFICO PESADO RAC		
Porcentaje asfalto	Estabilidad	Flujo
10%		
1	3348	38
2	3543	34
3	2218	38
20%		
1	2632	40
2	4893	35
3	3352	39
30%		
1	4293	41
2	2751	39
3	1890	32
40%		

1	3505	38
2	4348	35
3	2634	39
50%		
1	3606	38
2	3318	40
3	2805	31

Elaborado por el investigador

Entonces para determinación de porcentaje de vacíos:

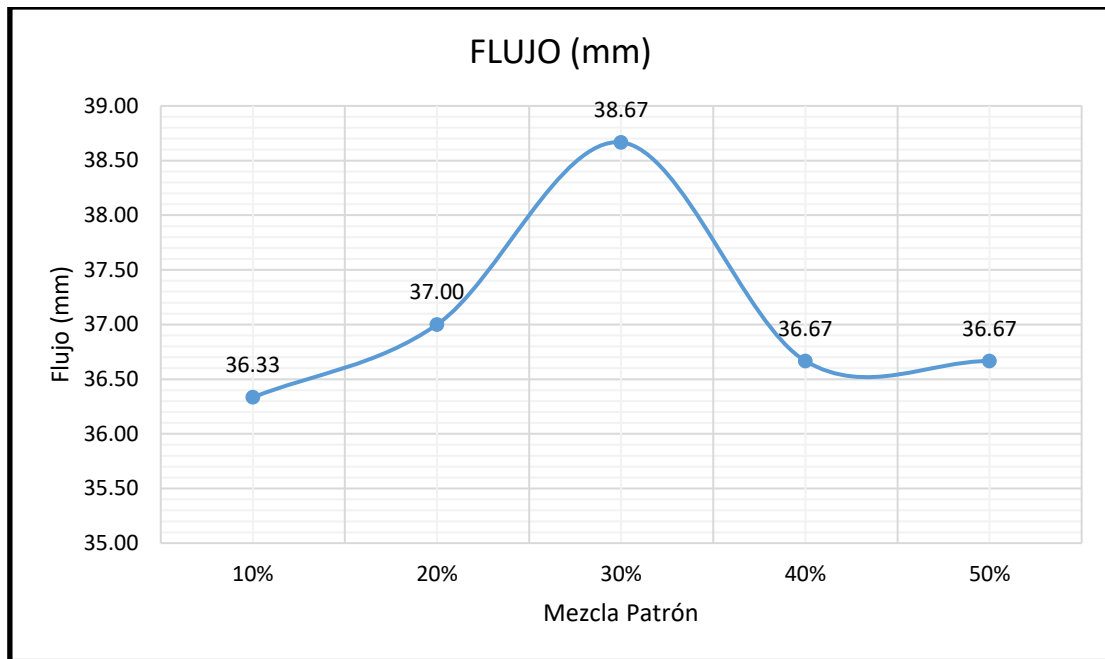
Tabla 55. Datos obtenidos de las muestras en la máquina de vacíos para el ensayo de Rise.

PORCENTAJE DE ASFALTO	10%	20.0%	30%	40.0%	50.0%
1.- PESO DEL FRASCO	729	729	729	729	729
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2587	2587	2587	2587	2587
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2061	2039	2044	2050	2044
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3561.2	3538.5	3543.5	3549.5	3544.3
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	526	549	544	538	543
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.852	2.735	2.760	2.791	2.764

Elaborado por el investigador

Relación estabilidad y flujo para tráfico ligero:

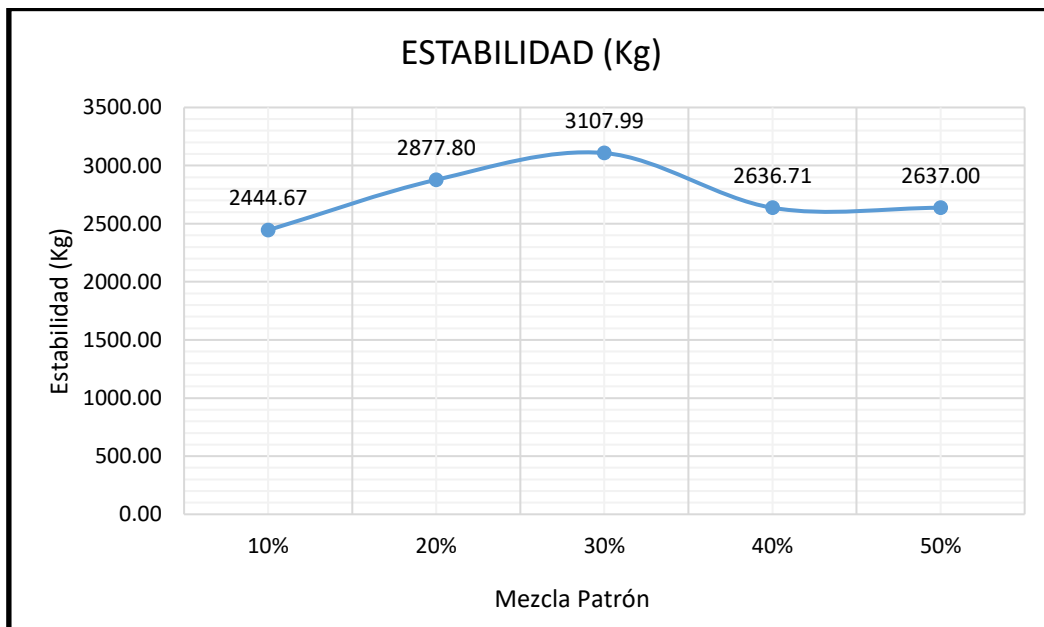
Gráfico 6. Diagrama de curva Marshal, datos de flujo para tráfico pesado.



Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que el mayor flujo es en el 30% de material reciclado.

Gráfico 7. Diagrama de curva Marshal, datos de estabilidad para tráfico ligero.



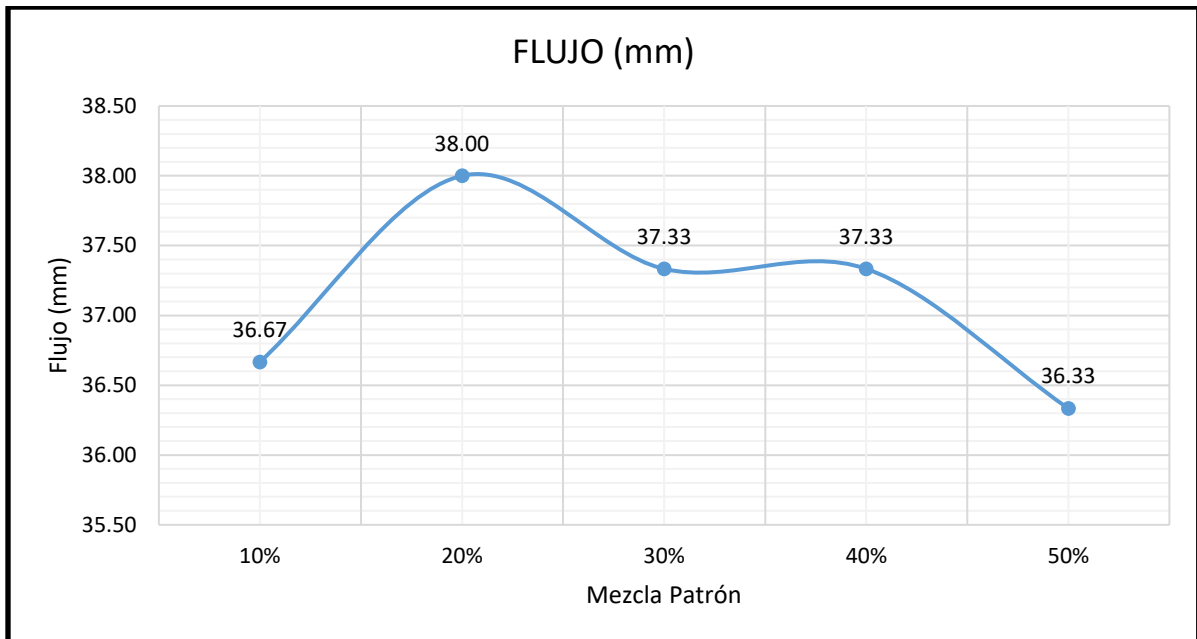
Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que la mayor estabilidad es en el 30% de material reciclado.

Decimos entonces que la mayor relación, estabilidad-flujo se ubica cuando el material RAC está al 30% de la adición para tráfico ligero.

Relación estabilidad y flujo para tráfico pesado:

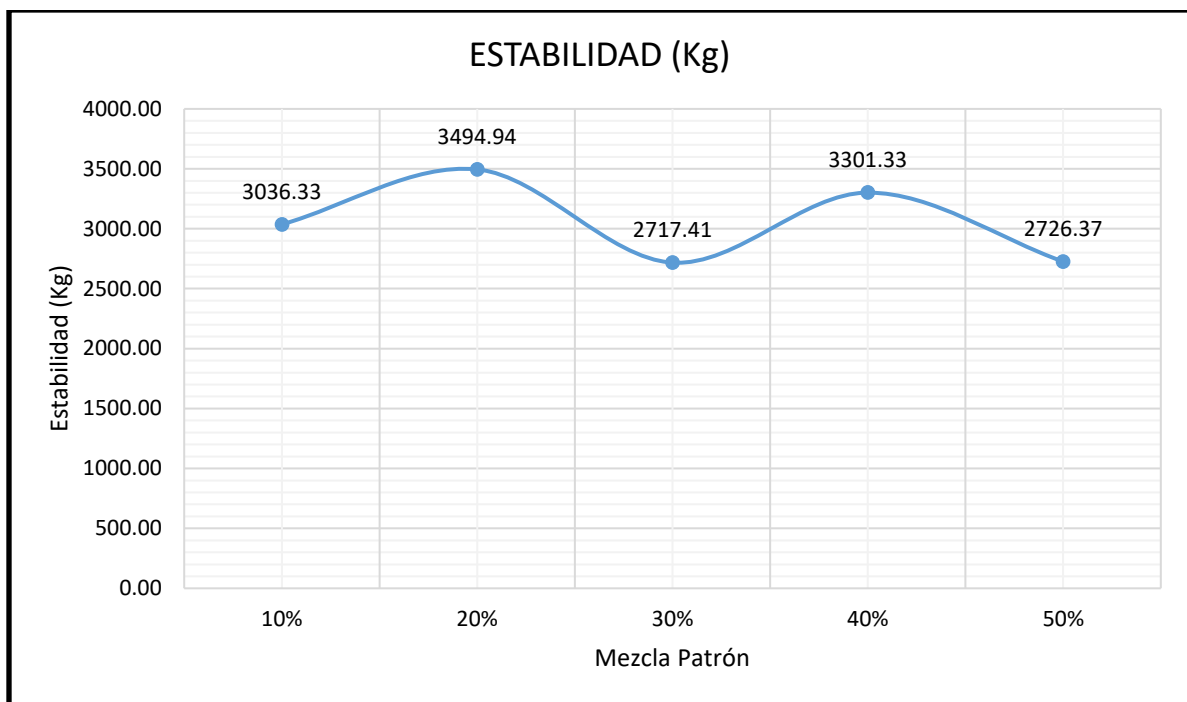
Gráfico 8. Diagrama de curva Marshal, datos de flujo para tráfico pesado.



Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que el mayor flujo es en el 20% de material reciclado.

Gráfico 9. Diagrama de curva Marshal, datos de estabilidad para tráfico pesado.



Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que la mayor estabilidad es en el 20% de material reciclado.

Decimos entonces que la mayor relación, estabilidad-flujo se ubica cuando el material RAC está al 20% de la adición para tráfico pesado.

Muestras con adición de caucho granulado:

Para tráfico ligero:

Tabla 56. Datos Marshall con caucho granulado para tráfico ligero.

TRAFICO LIGERO		
Porcentaje asfalto	Estabilidad	Flujo
3%		
1	2200	42
2	2059	37
3	2218	38
5%		
1	2067	40
2	1875	39
3	3352	39
7%		
1	2234	40
2	2325	40
3	1890	32

10%		
1	1641	37
2	1523	39
3	2634	39

Elaborado por el investigador

Para tráfico pesado:

Tabla 57. Datos Marshall con caucho granulado para tráfico ligero.

TRAFICO PESADO		
Porcentaje asfalto	Estabilidad	Flujo
3%		
1	2446	39
2	2364	35
3	2218	38
5%		
1	2913	42
2	2931	35
3	3352	39
7%		
1	3050	39
2	2777	39
3	1890	32
10%		
1	2343	37
2	2892	39
3	2634	39

Elaborado por el investigador

Obtenidos estos datos realizamos nuevamente el ensayo de Rise para la adición de caucho granulado:

Tabla 58. Datos de las muestras par determinación del porcentaje de vacíos mediante el ensayo de Rise.

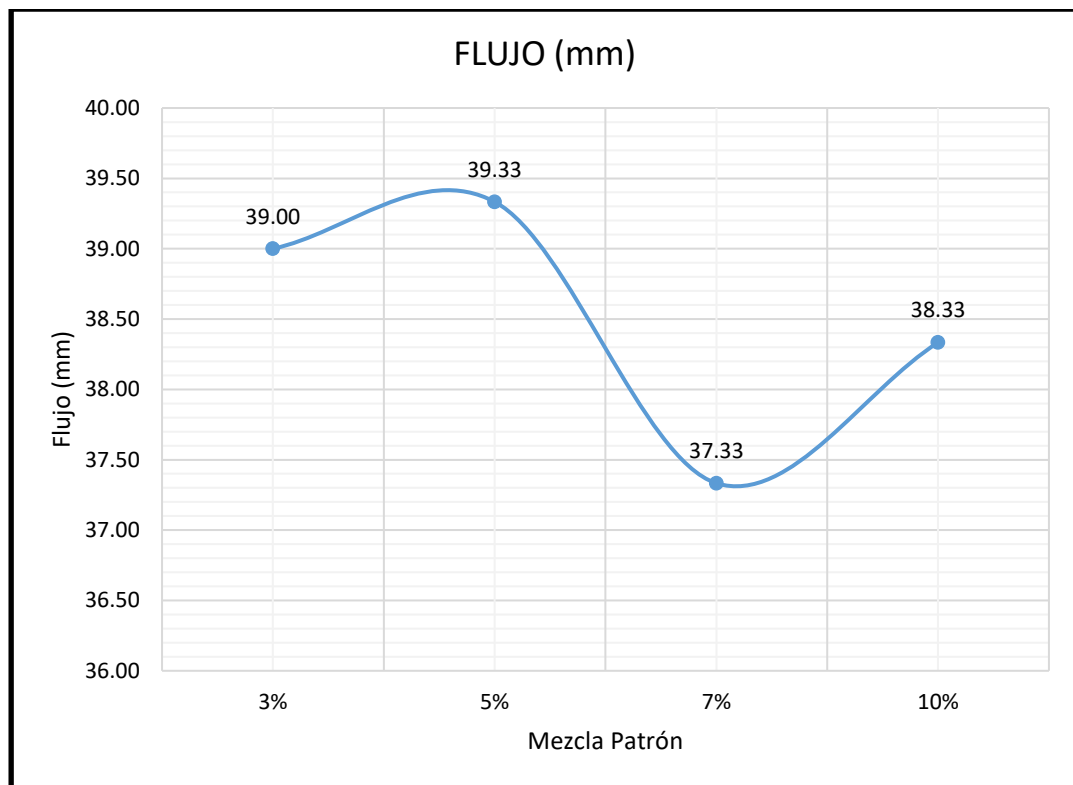
PORCENTAJE DE ASFALTO	10%	20.0%	30%	40.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2380	2380	2380	2380
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1826	1841	1835	1840

4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3326.0	3341.3	3334.8	3339.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	554	539	545	541
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.708	2.784	2.751	2.775

Elaborado por el investigador

Relación estabilidad y flujo para tráfico ligero:

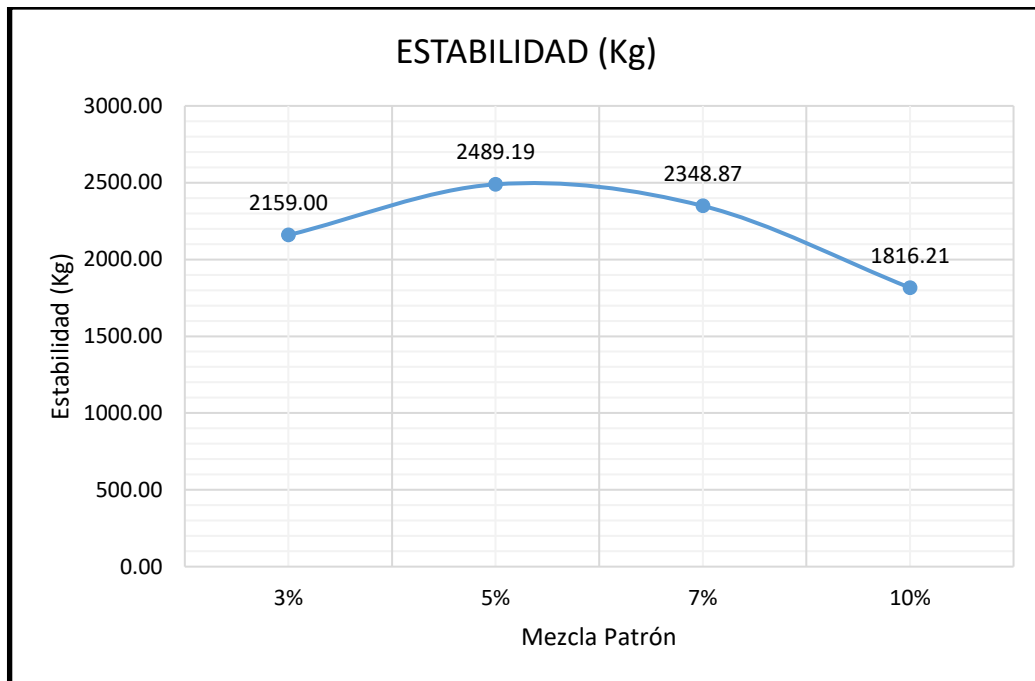
Gráfico 10. Diagrama de curva Marshal, datos de flujo para tráfico ligero con RAC..



Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que el mayor flujo es al 5% de caucho granulado.

Gráfico 11. Diagrama de curva Marshal, datos de estabilidad para tráfico ligero con RAC..



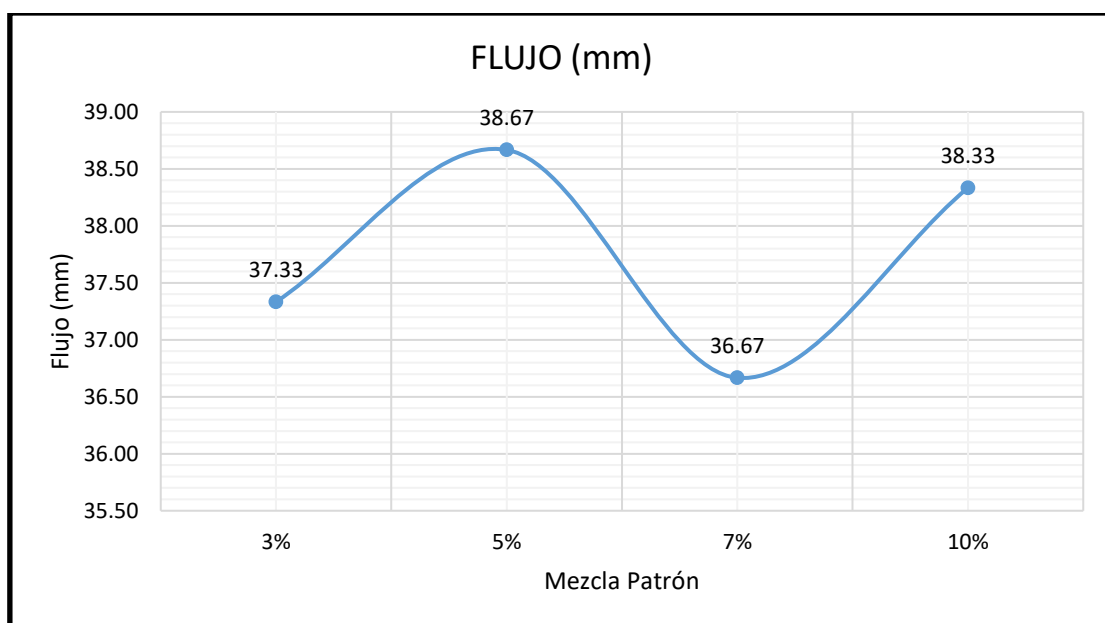
Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que la mayor estabilidad es en al 5% de caucho granulado.

Decimos entonces que la mayor relación, estabilidad-flujo se ubica cuando el caucho granulado está al 5% para tráfico ligero.

Relación estabilidad y flujo para tráfico pesado:

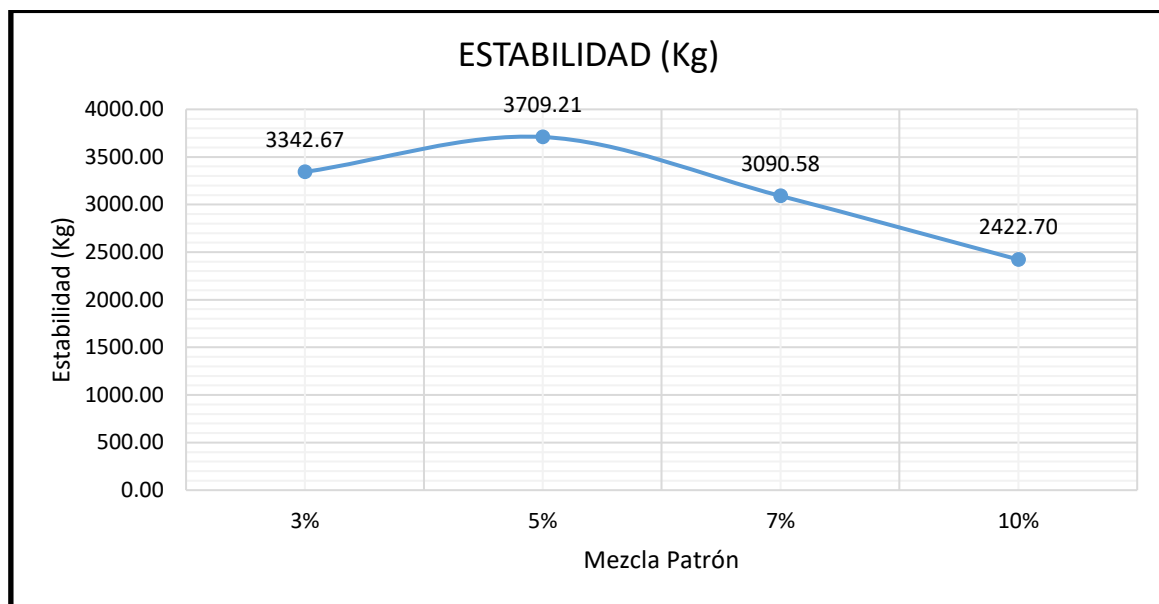
Gráfico 12. Diagrama de curva Marshal, datos de flujo para tráfico pesado con RAC.



Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que el mayor flujo es al 5% de caucho granulado.

Gráfico 13. Diagrama de curva Marshal, datos de estabilidad para tráfico pesado con RAC.



Elaborado por el investigador

Obtenemos entonces que la mayor estabilidad es en al 5% de caucho granulado.

Decimos entonces que la mayor relación, estabilidad-flujo se ubica cuando el caucho granulado está al 5% para tráfico pesado de la misma manera que para el tráfico ligero.

Resumen Resultados:

Tabla 59. Tabla resumen para tráfico ligero.

	Estabilidad	Flujo	Estabilidad/Flujo	Óptimo
Patrón	2746.65	35	3377.00	4.60%
RAC	3107.99	38	3141.11	30%
Caucho	2489.19	39	3582.00	5%

Elaborado por el investigador

Tabla 60. Tabla resumen para tráfico pesado.

	Estabilidad	Flujo	Estabilidad/Flujo	Óptimo
Patrón	2946	35	3740.36	4.30%
RAC	3494.94	38	3682.00	20%
Caucho	3709.21	39	3766.62	5%

Elaborado por el investigador

Ensayo de cántabro

Para tráfico Ligero:

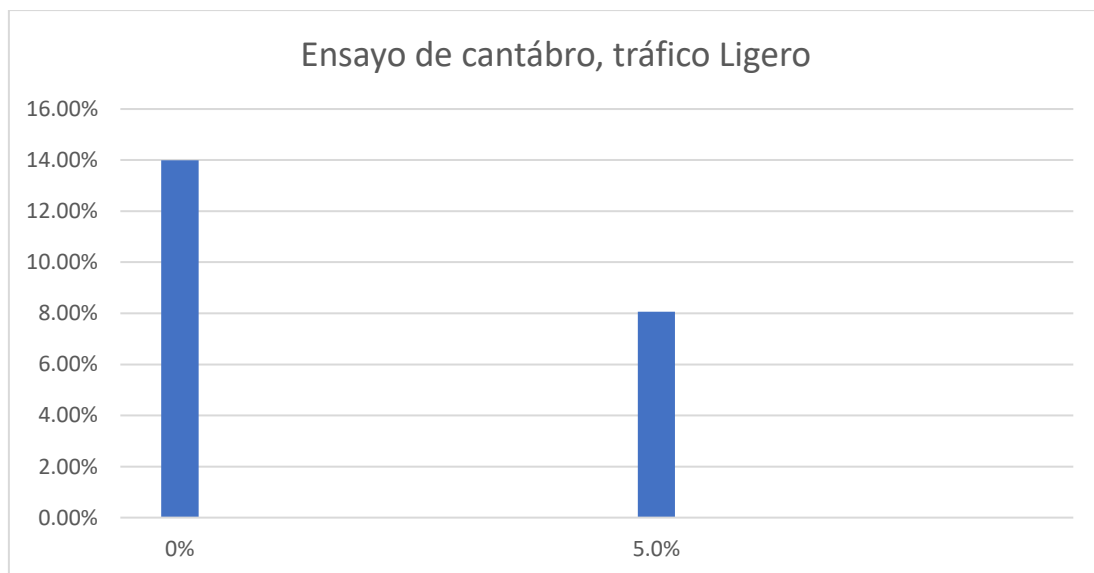
Tabla 61. Datos ensayo de Cántabro para tráfico ligero.

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE ADICIÓN	% DE ADICIÓN	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	SIN ADICIÓN	0%	300	24°C	1123.20	951.2	15.31%	13.99%
2	SIN ADICIÓN		300	24°C	1134.90	1045.9	7.84%	
3	SIN ADICIÓN		300	24°C	906.80	780.5	13.93%	
4	SIN ADICIÓN		300	24°C	1025.50	832	18.87%	
1	CON CAUCHO GRANULADO	5.0%	300	24°C	1004.20	914.4	8.94%	8.06%
2	CON CAUCHO GRANULADO		300	24°C	1139.50	1013	11.10%	
3	CON CAUCHO GRANULADO		300	24°C	1063.90	1010.7	5.00%	
4	CON CAUCHO GRANULADO		300	24°C	1199.40	1112.9	7.21%	

Elaborado por el investigador

Entonces:

Gráfico 14. Diagrama de curva Marshal, datos de flujo para tráfico ligero.



Elaborado por el investigador

Vemos que la pérdida por desgaste de la muestra patrón es del 13.99% mientras que la carpeta asfáltica reciclada que tiene la adición de caucho granulado tiene un 8.06% de pérdida por desgaste.

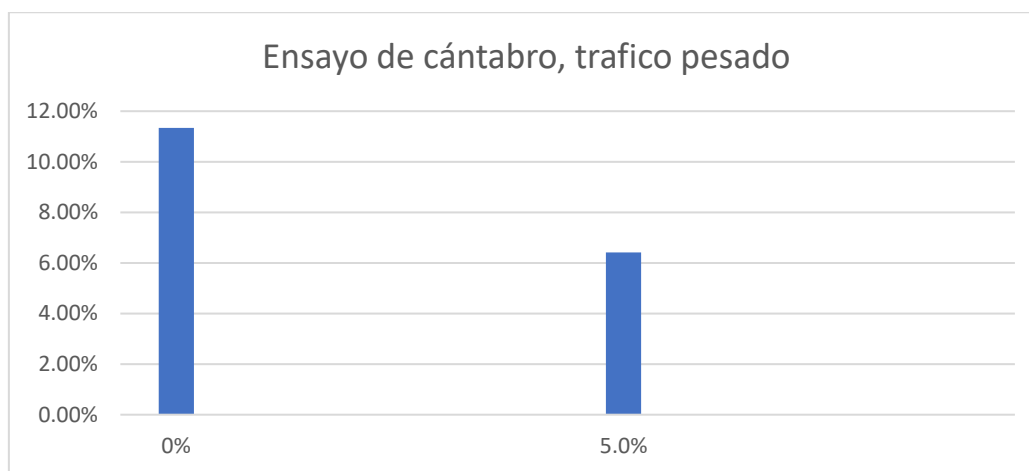
Para tráfico Pesado:

Tabla 62. Datos ensayo de Cántabro para tráfico Pesado.

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE ADICIÓN	% DE ADICIÓN	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	SIN ADICIÓN	0%	300	24°C	974.70	665.3	31.74%	11.34%
2	SIN ADICIÓN		300	24°C	1021.60	980.2	4.05%	
3	SIN ADICIÓN		300	24°C	1070.00	1015.6	5.08%	
4	SIN ADICIÓN		300	24°C	1135.80	1085	4.47%	
1	CON CAUCHO GRANULADO	5.0%	300	24°C	1090.00	1009.4	7.39%	6.42%
2	CON CAUCHO GRANULADO		300	24°C	960.70	940.5	2.10%	
3	CON CAUCHO GRANULADO		300	24°C	1079.10	980.6	9.13%	
4	CON CAUCHO GRANULADO		300	24°C	1085.40	1009	7.04%	

Elaborado por el investigador

Gráfico 15. Resultados ensayo de cántabro para tráfico pesado.



Elaborado por el investigador

La pérdida por desgaste en la muestra patrón del tráfico pesado es del 11.34%, mientras que la muestra con adición presenta una pérdida por desgaste del 6.42%.

Resumen resultados:

Tabla 63. Tabla resumen ensayo de cántabro.

	Ligero	Pesado
Patrón	13.99%	11.34%
Modificada	8.06%	6.20%

Elaborado por el investigador

Ensayo lottman modificado:

Tráfico Ligero Experimental:

Tabla 64. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón húmedas.

Calculo para determinación de carga máxima		1	2	3	4	Prom.	
-	Carga Máxima Kg	kg	215	165	180	236	
-	Carga Máxima N	N	2109.150	1618.650	1765.800	2315.160	1952.190
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	2.21	1.50	1.68	2.21	1.90

Elaborado por el investigador

Tabla 65. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón secas.

Calculo para determinación de carga máxima		1	2	3	4	Prom.	
-	Carga Máxima Kg	kg	195	185	190	214	
-	Carga Máxima N	N	1912.950	1814.850	1863.900	2099.340	1922.8
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	2.10	2.22	1.78	1.99	2.02

Elaborado por el investigador

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) =	93.995%
--------------------------------------	---------

Obtenemos que la razón de esfuerzo a la tensión es de 93.995%, siendo superior al mínimo admisible que es de 80%.

Tráfico Ligero modificada:

Tabla 66. Calculo para determinación de carga máxima en muestras modificadas húmedas.

Calculo para determinación de carga máxima		1	2	3	4	Prom.	
-	Carga Máxima Kg	kg	320	305	320	360	
-	Carga Máxima N	N	3139.200	2992.050	3139.200	3531.600	3200.513
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	3.29	2.77	2.99	3.37	3.10

Elaborado por el investigador

Tabla 67. Calculo para determinación de carga máxima en muestras modificadas secas.

Calculo para determinación de carga máxima		1	2	3	4	Prom.	
-	Carga Máxima Kg	kg	305	352	260	290	
-	Carga Máxima N	N	2992.050	3453.120	2550.600	2844.900	2960.2
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	2.98	3.66	2.44	2.69	2.94

Elaborado por el investigador

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) =	105.443%
--------------------------------------	----------

Obtenemos que la razón de esfuerzo a la tensión es de 105.443%, siendo superior al mínimo admisible que es de 80%.

Tráfico Pesado:

Tabla 68. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón húmedas

Calculo para determinación de carga máxima			1	2	3	4	Prom.
-	Carga Máxima Kg	kg	320	330	320	360	
-	Carga Máxima N	N	3139.200	3237.300	3139.200	3531.600	3261.825
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	3.29	3.00	2.99	3.37	3.16

Elaborado por el investigador

Tabla 69. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón secas.

Calculo para determinación de carga máxima			1	2	3	4	Prom.
-	Carga Máxima Kg	kg	377	383	260	290	
-	Carga Máxima N	N	3698.370	3757.230	2550.600	2844.900	3212.8
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	4.06	4.19	2.44	2.69	3.34

Elaborado por el investigador

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) =	94.541%
--------------------------------------	----------------

Obtenemos que la razón de esfuerzo a la tensión es de 94.541%, siendo superior al mínimo admisible que es de 80%.

Tráfico Pesado Modificado:

Tabla 70. Calculo para determinación de carga máxima en muestras patrón húmedas

Calculo para determinación de carga máxima			1	2	3	4	Prom
-	Carga Máxima Kg	kg	182	215	385	336	
-	Carga Máxima N	N	1785.420	2109.150	3776.850	3296.160	2741.895
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	1.87	1.95	3.60	3.14	2.64

Elaborado por el investigador

Tabla 71. Calculo para determinación de carga máxima en muestras modificadas secas.

Calculo para determinación de carga máxima			1	2	3	4	Prom
-	Carga Máxima Kg	kg	170	175	210	260	
-	Carga Máxima N	N	1667.700	1716.750	2060.100	2550.600	1998.02
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	1.96	1.99	1.97	2.41	2.98

Elaborado por el investigador

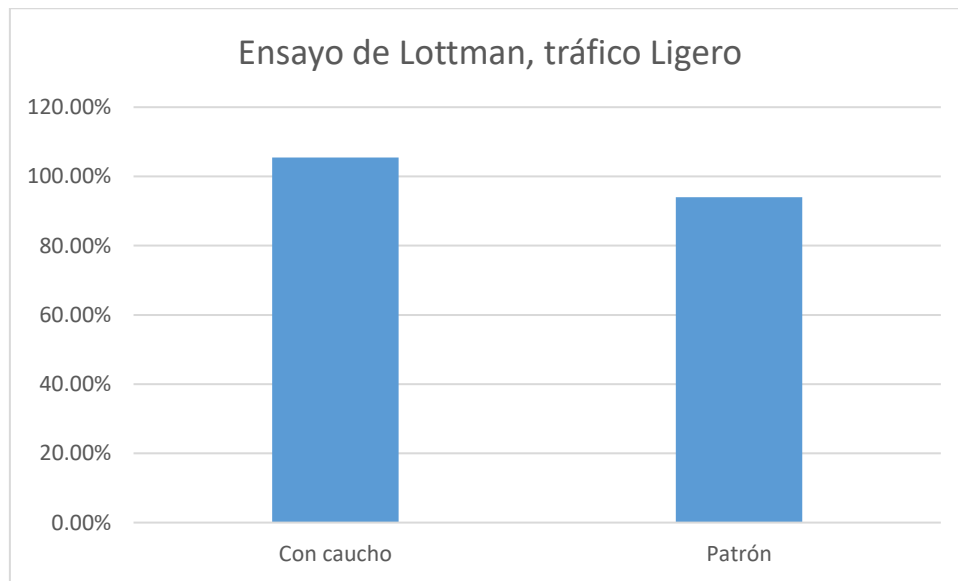
RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) =	126.774%
--------------------------------------	-----------------

Obtenemos que la razón de esfuerzo a la tensión es de 126.774%, siendo superior al mínimo admisible que es de 80%.

Resumen datos obtenidos:

Para tráfico ligero:

Gráfico 16. Resultados Lottman para tráfico ligero.

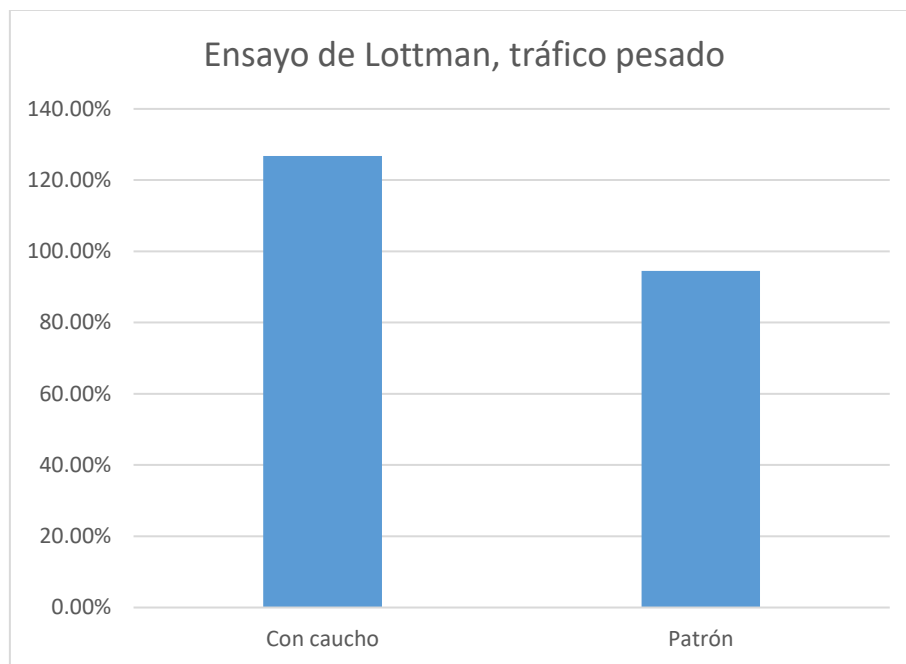


Elaborado por el investigador

Los resultados del ensayo para tráfico pesado, nos dieron como resultado un valor de muestra patrón experimental del 93.995% de esfuerzo a la tensión, mientras que la muestra modificada con caucho granulado, obtuvimos 105.443%.

Para tráfico pesado:

Gráfico 17. Resultados Lottman para tráfico pesado.



Elaborado por el investigador

Los resultados del ensayo para tráfico pesado, nos dieron como resultado un valor de muestra patrón experimental del 94.54% de esfuerzo a la tensión, mientras que la muestra modificada con caucho granulado, obtuvimos 126.24%.

Resumen resultados:

Tabla 72. Tabla resumen ensayo de Lottman.

	Ligero	Pesado
Patrón	94.00%	94.54%
Modificada	105.44%	126.77%

Elaborado por el investigador

Análisis Económico:

Análisis económico para la muestra patrón:

Tabla 73. Análisis económico muestra patrón.

Materiales	PRECIO	Unidad	Para 1 m3	PRECIO M3
GRUESO	S/ 70.00	m3	992.25	S/ 27.78
FINO	S/ 65.00	m3	1346.625	S/ 35.01
CEMENTO ASFALTICO	S/ 25.00	Gl	30	S/ 750.00
FILLER	S/ 30.00	Bls	23.625	S/ 16.70
			Total	S/ 829.50

Elaborado por el investigador

Los costos que conllevan llevar la muestra patrón rondan los S/830 aproximadamente por m³, siendo el componente más elevado en precio el cemento asfáltico.

Análisis económico para la adición de caucho granulado a carpeta asfáltica reciclada:

Tabla 74. Análisis económico de la muestra modificada.

Materiales	PRECIO	Unidad	Para 1 m3	PRECIO M3
GRUESO	S/ 70.00	m3	405.334125	S/ 11.35
FINO	S/ 65.00	m3	537.303375	S/ 13.97
CEMENTO ASFALTICO	S/ 25.00	Gl	30	S/ 750.00
FILLER	S/ 30.00	Bls	15	S/ 17.65
RAC	S/ -	KG	425.25	S/ -
CAUCHO	S/ 7.00		49.6125	S/ 0.14
			Total	S/ 793.11

Elaborado por el investigador

Los costos que conllevan para realizar la muestra modificada rondan los S/795 aproximadamente por m³.

Discusión:

La incorporación de caucho granulado en carpetas asfálticas recicladas ha demostrado un impacto favorable en el mejoramiento de sus propiedades mecánicas, tanto para pavimentos de tráfico ligero como pesado. Si bien se observara una disminución inicial en la estabilidad y flujo de las muestras al utilizar exclusivamente el Concreto Asfáltico Reciclado (RAC), la adición posterior de caucho granulado no solo revirtió esta tendencia, sino que permitió alcanzar valores superiores a los registrados en la muestra patrón.

Los resultados obtenidos en el ensayo de Marshall mostraron un incremento significativo en la estabilidad de las mezclas asfálticas al incorporar caucho granulado reciclado, alcanzando valores máximos con una adición del 5%. Este comportamiento se explica por la naturaleza elastomérica del caucho, que mejora la cohesión entre los agregados y el ligante asfáltico, reduciendo la susceptibilidad al flujo plástico. La estructura porosa del caucho permite una mejor absorción del ligante, generando una mezcla más homogénea y flexible frente a las cargas repetidas del tránsito.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Carranza Muñoz (2021), quien concluyó que la sustitución parcial del agregado fino por caucho reciclado mejora la estabilidad Marshall de las mezclas asfálticas debido al incremento en la adherencia y elasticidad interna del material.

[6]

De forma similar, Eduardo Mantilla et al. (2022) reportaron que la adición de caucho reciclado aumenta la rigidez y resistencia estructural del asfalto, especialmente en mezclas sometidas a variaciones térmicas. [5]

Por otro lado, al superar el 7% de adición, se observó una ligera disminución de la estabilidad. Esto podría atribuirse a una saturación del ligante en la mezcla, lo que genera vacíos excesivos y pérdida de compacidad, fenómeno también señalado por Magali Hoyos (2020) en sus ensayos con asfaltos modificados con caucho. [8]

El ensayo de Cántabro evidenció una reducción considerable en la pérdida de masa de las mezclas modificadas con caucho, especialmente en el contenido del 5%, con pérdidas promedio de 8.06% para tráfico ligero y 6.20% para tráfico pesado. Este resultado demuestra que el caucho granulado actúa como agente de refuerzo que mejora la durabilidad frente a la abrasión y al desgaste superficial.

La disminución en la pérdida de masa se explica por la capacidad del caucho de absorber energía de impacto, reduciendo la fractura de los agregados y la separación del ligante. Asimismo, la elasticidad del caucho contribuye a una mayor recuperación frente a las deformaciones, lo que se traduce en un mejor comportamiento frente al deterioro por fricción.

Estos resultados son coherentes con los reportes de Paola García (2019), quien señaló que la incorporación de materiales reciclados como el caucho granulado reduce la degradación superficial del pavimento y prolonga su vida útil. También concuerdan con los hallazgos de Mantilla et al. (2022), quienes observaron un aumento significativo en la resistencia al desgaste en mezclas modificadas con caucho de neumático. [4]

Los valores obtenidos en el ensayo de Lottman modificado mostraron un incremento en la resistencia a la humedad inducida (TSR), alcanzando 105.44% para tráfico ligero y 126.77% para tráfico pesado en el contenido óptimo del 5% de caucho. Este aumento se debe a la mejora en la adherencia entre el ligante asfáltico y los agregados, producto de la interacción del caucho con el betún. El caucho actúa como un agente antideslizante que evita la pérdida de cohesión bajo condiciones de humedad, reduciendo la posibilidad de desprendimiento y desintegración.

De acuerdo con Manchay López (2020), el uso de agregados reciclados en combinación con aditivos como el caucho puede mejorar la resistencia al daño por humedad, debido a la mayor estabilidad del ligante y la reducción de vacíos. [1] Carranza Muñoz (2021) también señala que

el caucho granulado incrementa la impermeabilidad y resistencia a la humedad en mezclas recicladas, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación. [6]

Los resultados experimentales evidenciaron una reducción significativa en la pérdida por desgaste y un incremento en la resistencia a la humedad inducida, superando los parámetros obtenidos en la muestra de control. Estas mejoras en el comportamiento mecánico de las carpetas asfálticas recicladas con caucho granulado son consistentes con investigaciones previas. En este sentido, Carranza Muñoz (2023), en su estudio sobre la "Influencia del uso del caucho granulado reciclado y vidrio molido en las propiedades mecánicas del asfalto, para tránsito liviano", y Hoyos (2021), en su investigación "Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria", corrobora que la incorporación de caucho granulado optimiza el desempeño de las mezclas asfálticas, particularmente en aspectos como la resistencia al daño por humedad, la fatiga y la pérdida por desgaste. [8]

Por consiguiente, se puede afirmar que la influencia de la adición de caucho granulado en carpetas asfálticas recicladas es significativamente positiva para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas, tanto en pavimentos de tráfico ligero como pesado. Esta mejora en las mezclas MAC (Mezcla Asfáltica en Caliente) no solo representa un avance en términos de rendimiento técnico, sino que también ofrece beneficios ambientales al incorporar materiales reciclados en su composición, contribuyendo así a la sostenibilidad en la construcción de infraestructura vial.

Conclusiones

Obtuvimos que la estabilidad de la muestra de asfalto reciclado con adición de caucho granulado fue de 2489.19 para el tráfico ligero y 3709.21 para el tráfico pesado, un flujo de 39 para tráfico ligero, al igual que para el tráfico pesado, también la resistencia a la humedad inducida fue de un 105.445% para tráfico ligero y un 126.77% para el tráfico pesado, y por último la durabilidad por pérdida por desgaste fue de 8.6% para tráfico ligero y 6.20% para el tráfico pesado.

La cantidad de asfalto óptimo de la muestra patrón, se determinó mediante el método empírico, realizado en una razón de asfalto de 4% a 6%, en intervalos de 0.5% del total como indica la norma MTC 505, siendo esta de 1500g, para esto realizamos el ensayo de Marshall, con la finalidad de determinar la estabilidad y flujo de la muestra, para determinar qué porcentaje de asfalto tiene el mejor comportamiento y los mejores resultados, dándonos que el porcentaje óptimo de asfalto fue de 4.6% y 4.35%, para tráfico ligero y pesado, respectivamente.

Al comparar los resultados de la muestra patrón con la adición de caucho granulado a la carpeta asfáltica reciclada, obtuvimos mejoras tanto en las muestras ensayadas mediante el método Marshall, Cántabro y Lottman modificado, tal como podemos observar en las tablas 59 y 60, para el método Marshall, donde la relación estabilidad flujo representa una mejora a comparación de la muestra patrón, la tabla 63, del ensayo de Cántabro, donde obtuvimos una mayor resistencia a la pérdida por desgaste comparadas con las muestras patrón, y en la tabla 72, del ensayo de Lottman, donde todas nuestras muestras nos dieron valores mayores al 80%, pero que las que contenían la adición presentan un mayor porcentaje de razón de esfuerzo a la tensión debido a la humedad a comparación de los valores obtenidos de la muestra patrón.

El costo por m³ de la muestra patrón es de S/ 829.50 para un m³ de asfalto, mientras que para la muestra modificada obtenemos un valor de S/ 793.11, dándonos una disminución de costos de casi S/ 40, haciendo que la muestra modificada sea una mejor opción, por que nos disminuye el costo por m³ a comparación de la muestra patrón.

Recomendaciones

Se sugiere implementar el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para determinar la resistencia a la deformación permanente, aspecto que no fue abordado en la presente investigación y que complementaría significativamente los resultados obtenidos.

Se recomienda ampliar el espectro de análisis mediante la evaluación de diferentes combinaciones porcentuales entre el Carpeta Asfáltica Reciclada (RAC) y el caucho granulado. Esto permitiría una caracterización más integral del comportamiento de estas adiciones en carpetas asfálticas recicladas, no limitándose únicamente a los valores óptimos, sino también considerando valores intermedios de ambos componentes.

Es aconsejable realizar un análisis granulométrico detallado de la carpeta asfáltica reciclada mediante lavado asfáltico. Esta caracterización proporcionará información más precisa sobre la composición del RAC, permitiendo especificar con mayor exactitud las proporciones óptimas de asfalto y las cantidades específicas de agregados finos y gruesos requeridos en la mezcla modificada.

Se propone complementar la investigación con ensayos de comportamiento térmico, sometiendo las muestras de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC) a variaciones significativas de temperatura. Esto permitiría evaluar el desempeño del caucho granulado bajo diferentes condiciones térmicas y determinar su influencia en las propiedades de la mezcla modificada.

Para futuros estudios económicos, se recomienda incluir en el análisis los costos asociados al proceso de trituración del RAC. Si bien este material proviene de carpetas asfálticas recicladas y no representa un costo directo como materia prima, los gastos operativos de su procesamiento podrían influir significativamente en la viabilidad financiera del proyecto.

Referencias

- [1] A. A. Manchay Lopez, Diseño de pavimentos haciendo uso de agregados reciclados de carpetas asfálticas, Chiclayo: USAT, 2022.
- [2] M. D.-L. y S. C. R. García-Torres, Desafíos de consistencia y rendimiento mecánico en pavimentos de asfalto reciclado: una revisión exhaustiva, *Materials in Civil Engineering*, 2024.
- [3] M. d. A. d. Perú, Diagnóstico de la Gestión de Residuos de Neumáticos en el Perú, Lima: MINAM, 2023.
- [4] P. A. L. Garcia, Diagnóstico del uso de estrategias ambientales para la rehabilitación y mantenimiento vial con material bituminoso reciclado, Bogotá: *Revista Ingeniería, Matemáticas y ciencias de la información*, 2023.
- [5] M. F. M. Eduardo, Estudio experimental del efecto del caucho reciclado y la asfaltita en el desempeño del asfalto., Bogotá: DYNA, 2019.
- [6] Z. Y. Carranza Muñoz, Influencia del uso del caucho granulado reciclado y vidrio molido en las propiedades mecánicas del asfalto, para tránsito liviano, Chiclayo: Universidad Señor de Sipan, 2023.
- [7] A. S. García Orozco, Reutilización de los agregados de la carpeta asfáltica para el diseño del pavimento rígido en la Calle Lima del distrito de Morropón – Piura, Piura: UCV, 2019.
- [8] L. M. Hoyos Díaz, K. d. C. Puicon Herrera y S. P. Muñoz Pérez, Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria, San Pedro de Montes de Oca: *Infraestructura Vial*, 2021.
- [9] P. W. y B. Smith, Métodos de prueba modernos para mezclas de asfalto: una guía de laboratorio completa, *Transportation Research Record*, 2024.
- [10] S. K. y M. C. R. Patel, Análisis exhaustivo de las propiedades mecánicas del caucho granulado reciclado para aplicaciones de ingeniería civil, *Construcción y materiales de construcción*, 2024.
- [11] H. Wang y M. Chen, Propiedades físicas y mecánicas del caucho granulado: una revisión exhaustiva para aplicaciones de construcción, *Construcción y materiales de construcción*, 2024.
- [12] S. E. d. P. y. Materiales, ASTM D8-21: Terminología estándar relacionada con materiales para caminos y pavimentos, HWest Conshohocken: ASTM International, 2021.
- [13] G. d. Perú, Manual de materiales, Perú: Plataforma del estado peruano, 2013.
- [14] G. d. Perú, Manual de Carreteras, Perú: Ministerio de transporte y de comunicaciones, 2013.
- [15] F. G. y Y. Z. J. Zhang, Análisis integral del pavimento asfáltico recuperado (RAP): revisión de última generación, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2023.

Anexos



Anexos 1. Máquina Marshal



Anexos 2. Material Reciclado (RAC)



Anexos 3. Horno para derretir asfalto



Anexos 4. Proceso de desmoldado de muestras



Anexos 5. Proceso de ensayos para agregado grueso



Anexos 6. Proceso ensayo agregado fino



Anexos 7. Muestra lista para ensayo de Rise



Anexos 8. Máquina de vacíos



Anexos 9. Proceso de realización de muestras



Anexos 10. Muestras sometidas a la humedad



Anexos 11. Muestras luego del ensayo de Cántabro.

Anexos 12. Validación de ensayos de laboratorio

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS



INFORME N° LEM USAT 036-2024-II

FECHA: 23 octubre del 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Llatas Ruiz Erick Brayan

TITULO DE LA TESIS: "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.
- Durabilidad (Sulfato de Magnesio) del agregado grueso y fino.
- Abrasión de los Ángeles.
- Partículas chatas y alargadas.
- Caras fracturadas.
- Sales solubles totales del agregado grueso y fino.
- Absorción del agregado grueso y fino.
- Equivalente de arena.
- Azul de metileno.
- Índice de plasticidad.
- Ensayo de Marshall.
- Ensayo de cántabro de pérdida por desgaste.
- Ensayo de Lottman.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Llatas Ruiz Erick Brayan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado.
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 30 de Mayo del 2024

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Cantera Tres Tomas
Muestra : Agregado grueso



% de desgaste por abrasión	%	13.8
% de uniformidad	%	0.4

Requerimientr : 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500




Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

Tesista : Llatas Ruiz Erick Brayan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado."
Lugar : Chiclayo-Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Abril del 2024

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1620.53	1620.53
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1608.31	1608.31
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.76	0.76
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.76	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1539.3	1539.3
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1531	1531
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.54	



Tesista : Llatas Ruiz Erick Brayan
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 Tesis : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de trafico ligero y pesado".
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 29 de Abril del 2024

Ensayo : Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
 Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

EXAMEN CUANTITATIVO

Muestra : Arena
 Cantera : Tres Tomas

I. - DATOS

MUESTRA Nº	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	8.00	8.50	10.00
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.50	4.10	4.20
EQUIVALENTE DE ARENA	56.25 %	48.24 %	42.00 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	49 %		

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):
 Minimo : 60 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

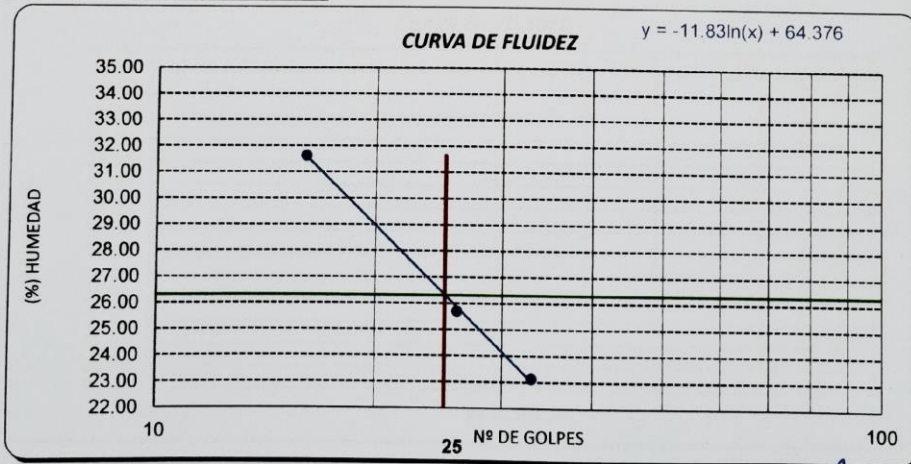

Tesista : Llatas Ruiz Erick Brayan
 Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
 Tesis : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de mayo del 2024

ENSAYO : Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico	
	12	15	16	1	20	
N° de tarro	12	15	16	1	20	
N° de golpes	33	26	16	16		
Tarro + suelo húmedo	23.55	33.47	22.17	22.17	17.98	
Tarro + suelo seco	20.5	29.8	18.6	18.6	16.8	
Agua	3.05	3.67	3.57	3.57	1.18	
Peso del tarro	7.3	15.5	7.3	7.3	12.00	
Peso del suelo seco	13.2	14.3	11.3	11.3	4.8	
Porcentaje de humedad	23.11	25.66	31.59	31.59	24.58	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	26.29
Límite Plástico	24.58
Índice de Plasticidad	1.70



Observaciones:




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



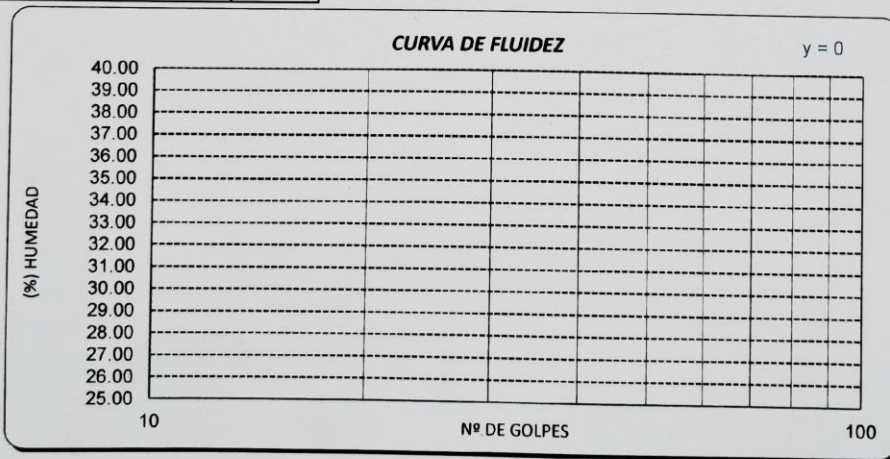

Tesista : Llatas Ruiz Erick Brayan
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
 Tesis : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de mayo del 2024

ENSAYO : Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite Líquido			Límite Plástico	
	12	15	16	20	
N° de tarro	12	15	16	20	
N° de golpes	35	23	14		
Tarro + suelo húmedo	36.2	38.6	32.6	14.2	
Tarro + suelo seco	36.2	38.6	32.6	14.2	
Agua	0	0	0	0	
Peso del tarro	25.6	21.4	23.4	9.80	
Peso del suelo seco	10.6	17.2	9.2	4.4	
Porcentaje de humedad	0.00	0.00	0.00	0.00	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP



Observaciones:



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Tesista Llatas Ruiz Erick Brayan
Escuela Ingeniería Civil

Tesis : Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado.

Lugar Chiclayo-Lambayeque
Fecha de emisión Chiclayo 08 de abril 2024

AZUL DE METILENO
(NORMA: AASHTO TP 57)

REFERENCIA DE LA MUESTRA
CANTERA : TRES TOMAS
APLICACIÓN : ASFALTO

MUESTRA M-01

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución	Peso del Material Fino (N° 200)	Resultado	Especificación EG -213	
	Cada	NÚMERO			Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - pasa 200	Cada 0.5 ml	10.0	5.0	2	-	8
		10.0	5.0	2		

RESULTADOS PROMEDIOS : 2

FORMULA DE APLICACIÓN

$$AM = C_{sol} / p_{finos}$$




Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




Tesista : Ulatas Ruiz Erick Brayán
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico pesado"
Lugar : Chiclayo- Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 08 de Abril del 2024

ÍNDICE DE APLANAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS
(NORMA: MTC E 221; ASTM D-4791; NLT 354 / 91)

Cantera

Piedra Chancada - Tres Tomas

PESO MUEST. SECA : 6000.0 g.



TAMIZ		PESO MÍN. PARA SUBDIVISIÓN	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RET. ACUMULADO	% QUE PASA
Pulg.	Mm.					
2 1/2"	63.000	---				100.0
2"	50.000	50 kg.	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	35 kg.	150.0	2.5	2.5	97.5
1"	25.000	15 kg.	352.0	5.9	8.4	91.6
3/4"	19.000	5 kg.	884.5	14.7	23.1	76.9
1/2"	12.500	2 kg.	1196.0	19.9	43.0	57.0
3/8"	9.500	1 kg.	1845.0	30.8	73.8	26.2
1/4"	6.300	0.5 kg.	865.0	14.4	88.2	11.8
Nº 04	4.750		352.0	5.9	94.1	5.9
FONDO		---	355.5	5.9	100.0	0.0

TAMIZ		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
Pulg.	Mm.	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2 1/2"	63.000	---	0.0	100.0	---	---	---	---	---	---
2"	50.000	---	0.0	100.0	---	---	---	---	---	---
1 1/2"	37.500	150.0	2.5	97.5	---	---	---	---	---	---
1"	25.000	352.0	5.9	91.6	247.8	70.4 %	4.8 %	187.6	53.3 %	3.7 %
3/4"	19.000	884.5	14.7	76.9	187.3	21.2 %	3.6 %	77.8	8.8 %	1.5 %
1/2"	12.500	1196.0	19.9	57.0	94.2	7.9 %	1.8 %	32.4	2.7 %	0.6 %
3/8"	9.500	1845.0	30.8	26.2	---	---	---	---	---	---
1/4"	6.300	0.0	14.4	11.8	---	---	---	---	---	---
Menor 1/4"		707.5	11.8	5.9	---	---	---	---	---	---
TOTAL		5135.0 g.	100.0 %	0.0	529.3 g.	99.4 %	10.2 %	297.8 g.	64.8 %	5.8 %

Nota: Las fracciones del agregado cuyo peso sea inferior al 10% de la muestra no se ensayaran.

PESO TOTAL DE LA MUESTRA = 5135.0 g.
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS = 16.0 %




Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TESISTA : Erick Brayan Llatas Ruiz
ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"
Lugar : CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de abril del 2024

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad
Referencia : de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio
Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Cantera Patapo
Muestra : Arena gruesa

I.- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8"	Nº 4	0.6
9.5 mm	4.75 mm	
Nº 4	Nº 8	0.9
4.75 mm	2.36 mm	
Nº 8	Nº 16	0.8
2.36 mm	1.18 mm	
Nº 16	Nº 30	0.8
1.18 mm	600 µm	
Nº 30	Nº 50	1.3
600 µm	300 µm	
Nº 50	Nº 100	1.6
300 µm	150 µm	

II.- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	7.4
----------------	-----	-----

OBSEVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. LABORATORIO USAT


TESISTA : Erick Brayan Llatas Ruiz
 ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de trafico ligero y pesado"
 Ubicación : CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Fecha de ensayo : Chiclayo 23 de abril del 2024

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio
 Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas
 Muestra : Piedra chancada

I .- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	8.4
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	5.0
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	Nº 4	6.3
9.5 mm	4.75 mm	

II .- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL	(%)	19.7
----------------	-----	------

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TESISTA : Erick Brayan Llatas Ruiz
 ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
 TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"
 Ubicación : CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Fecha de ensayo : Chiclayo 23 de abril del 2024

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO EN PARTÍCULAS QUE EXHIBEN FALLA

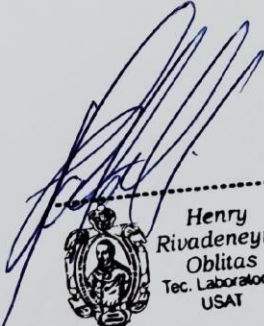
Cantera : Tres Tomas
 Muestra : Piedra chancada

Tamices		Rajadas		Desmoronadas		fracturadas		Astilladas		N° total de partículas antes del ensayo
pasa	retiene	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
2 1/2"	2"	0	0	0	0	0	0	0	0	145
2"	1 1/2"	0	0	0	0	0	0	0	0	
1 1/2"	3/4"	0	0	10	7	0	0	0	0	

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


Tesista : Llatas Ruiz Erick Brayan
Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
Tesis : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades meecánicas en pavimentos de trafico ligero y pesado ""
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 05 de junio del 2024

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u> : Tres tomas <u>Muestra</u> : Piedra		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.20

OBSERVACIONES :

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)




Henry Rivadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT
Universidad Católica
Lima - Perú

Tesista : Llatas Ruiz Erick Brayan
Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
Tesis : "Influencia de la adiccion de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades meecánicas en pavimentos de trafico ligero y pesado ""
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 05 de junio del 2024

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u> : Patapo		
<u>Muestra</u> : Arena		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2500
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.25

OBSERVACIONES :

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)




Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

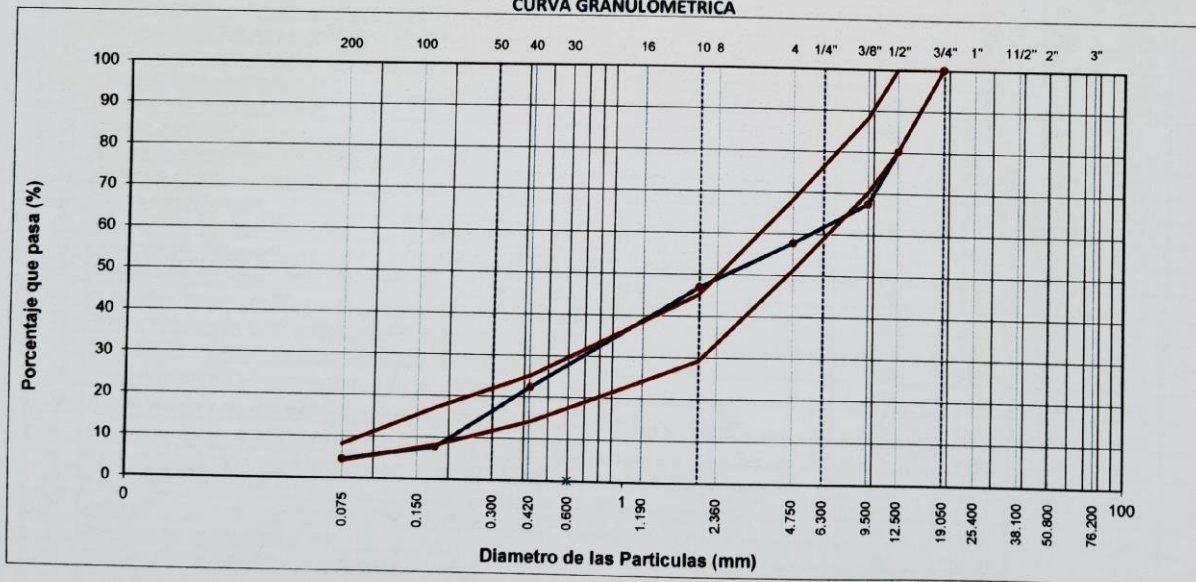
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
Vidrio Molido	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
Peso inicial seco : 2560 g

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)						
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0	80 100	
1/2"	12.500	512	20.0	20.0	80.0	67 85	
3/8"	9.500	325	12.7	32.7	67.3	60 77	
Nº 4	4.750	249	9.7	42.4	57.6	43 54	
Nº 10	2.000	312.0	10.9	53.3	46.7	29 45	Observación:
Nº 40	0.425	698.0	24.4	77.7	22.3	14 25	
Nº 80	0.177	423.0	14.8	92.4	7.6	8 17	
Nº 200	0.075	89.0	3.1	95.5	4.5	4 8	
< Nº 200	FONDO	128.0	4.5	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Henry Rivadeneyra Obilias
Henry Rivadeneyra Obilias
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

 : Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1425	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.73
B Arena	56.58	39.92
C Filler	1	19.36

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta	#	1	2	3	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.73	40.73	40.73	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	39.92	39.92	39.92	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	14.40	14.40	14.40	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.715	6.675	6.8	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1182	1201	1211.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1086.8	1203.1	1215.4	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	642.1	666.32	672.49	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	444.7	536.78	542.91	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.658	2.237	2.231	2.375
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.627	2.627	2.627	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3/2) + (7/8) + (4/2) + (9/10))$	gr/cc.	2.825	2.825	2.825	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	-1.19	14.83	15.09	9.58
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	3.019	3.019	3.019	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	3.072	3.072	3.072	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.782	2.782	2.782	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-2.88	-2.88	-2.88	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	83.69	70.44	70.22	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	17.50	14.73	14.69	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	16.31	29.56	29.78	25.22
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	6.32	6.32	6.32	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	107.29	49.84	49.32	68.82
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2600.00	2710.00	2620.00	
31	Factor de estabilidad		1.25	0.93	0.81	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2600	2710	2620	2643
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	34	34	34	34
34	Fluencia	m.m.	8.64	8.64	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3011	3178	3034	3061

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS DE MATERIAS
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

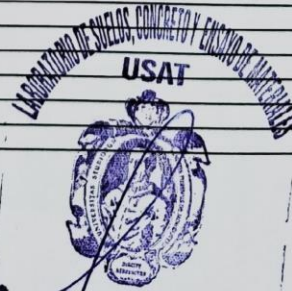
Peso de Muestra	1417.5	
Peso de C.A	67.5	4.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.51
B Arena	56.58	11.06
C Filler	1	48.43


Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.51	40.51	40.51	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	11.06	11.06	11.06	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.98	42.98	42.98	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.98	7.1	7.03	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1225	1261	1233.0	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1229.9	1269.2	1239.2	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	671.8	696.29	684.3	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	558.15	572.91	555.0	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.195	2.201	2.222	2.206
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.531	2.531	2.531	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	4.056	4.056	4.056	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	13.28	13.03	12.21	12.84
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.668	4.668	4.668	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.762	4.762	4.762	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.692	2.692	2.692	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-16.08	-16.08	-16.08	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3+4) * 17/21$	%	44.45	44.58	45.00	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (25+20)$	%	42.27	42.39	42.79	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.55	55.42	55.00	55.32
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	12.79	12.79	12.79	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	76.10	76.49	77.80	76.80
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3200.00	3015.00	3145.00	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.86	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2848	2593	2799	2747
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	35	35	34	35
34	Fluencia	m.m.	8.89	8.89	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3204	2917	3241	3120



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1410	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	32.64
C Filler	1	27.31

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones - IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.6	5.6	5.6
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	40.05	40.05	40.05
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	32.64	32.64	32.64
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	20.77	20.77	20.77
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.504	2.504	2.504
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.565	2.565	2.565
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.583	2.583	2.583
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.596	2.596	2.596
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 7.835	6.7	6.42
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1359	1202	1143.0
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1369.2	1248.1	1207.9
15	Peso de la briqueta en el agua	gr. 844.8	733.17	674.8
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 524.37	514.93	533.1
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.592	2.334	2.144
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.624	2.624	2.624
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.952	2.952	2.952
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 1.22	11.03	18.28
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 3.290	3.290	3.290
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 3.349	3.349	3.349
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc. 2.863	2.863	2.863
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% -4.63	-4.63	-4.63
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	% 73.62	66.31	60.90
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	% 25.16	22.66	20.81
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	% 26.38	33.69	39.10
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	% 8.97	8.97	8.97
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 95.37	67.26	53.24
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2610.00	2800.00	2720.00
31	Factor de estabilidad	0.96	1.00	0.96
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 2506	2800	2639
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul. 32	35	34
34	Fluencia	m.m. 8.13	8.88	8.64
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 3083	3150	3024



Henry Rivadeneyra Oblitas
USAT
Téc. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	38.31
C Filler	1	21.65

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	38.31	38.31	38.31	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	15.10	15.10	15.10	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.05	6.45	6.965	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1072	1143	1214.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1075.2	1150.1	1221.3	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	597.3	632.3	664.8	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	477.93	517.8	556.5	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.243	2.207	2.181	2.211
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.773	2.773	2.773	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	18.35	19.65	20.59	19.53
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	3.055	3.055	3.055	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	3.109	3.109	3.109	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	3.022	3.022	3.022	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-0.36	-0.36	-0.36	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	68.62	67.53	66.74	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	13.02	12.82	12.67	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	31.38	32.47	33.26	32.37
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.89	5.89	5.89	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	41.51	39.48	38.08	39.69
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2900.00	2450.00	2530.00	
31	Factor de estabilidad		1.14	1.00	0.89	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	3306	2450	2252	2669
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	33	34	33	33
34	Fluencia	m.m.	8.38	8.59	8.38	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3944	2857	2686	3156

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneira Obillas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	42.08
C Filler	1	17.87

% Que Pasa el Tambo								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	42.08	42.08	42.08	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	11.33	11.33	11.33	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	0.00	0.00	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.57	6.76	6.62	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1180	1241	1177.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1188.5	1247.7	1183.3	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	669.1	706.27	650.6	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	519.4	541.43	532.7	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.272	2.292	2.209	2.258
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.800	2.800	2.800	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.665	2.665	2.665	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	18.86	18.14	21.09	19.37
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.916	2.916	2.916	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.966	2.966	2.966	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	3.091	3.091	3.091	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.98	1.98	1.98	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	72.82	73.46	70.82	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	8.32	8.39	8.09	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	27.18	26.54	29.18	27.63
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.97	3.97	3.97	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	30.60	31.63	27.73	29.99
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2800.00	2690.00	2500.00	
31	Factor de estabilidad		1.00	0.93	0.96	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2800	2502	2400	2567
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	34	32	35	34
34	Fluencia	m.m.	8.64	8.13	8.89	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3242	3078	2700	3007



TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
: Pátapo - La Victoria


TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayán

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2502	2717	2631	2651	2697
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1931	2124	2059	2105	2161
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3431.0	3624.0	3559.0	3605.0	3661.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	571	593	572	546	536
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.627	2.531	2.624	2.747	2.800



[Signature]

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

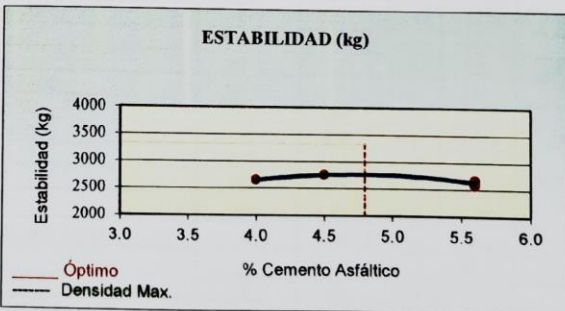
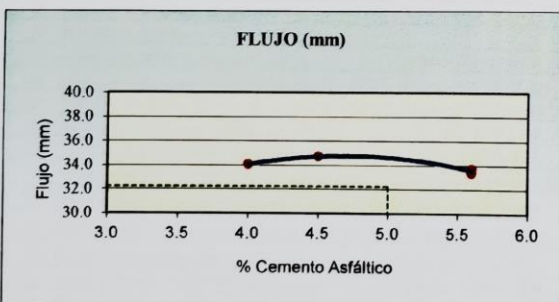
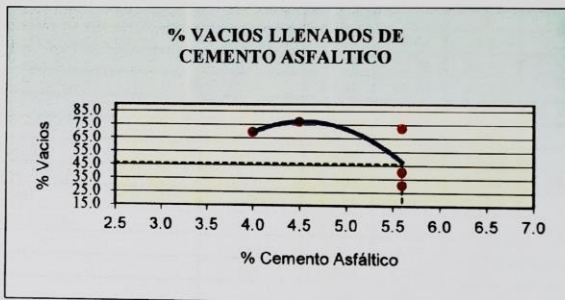
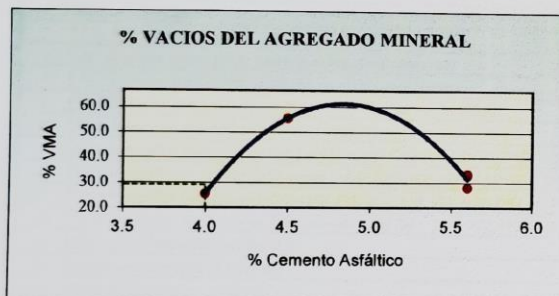
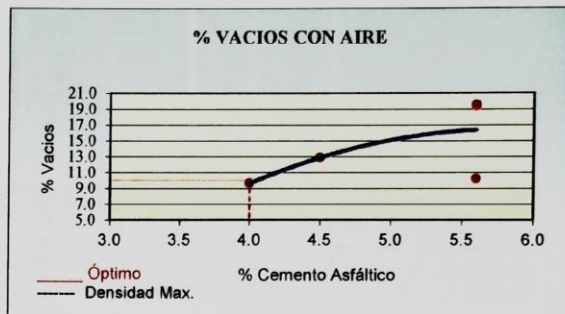
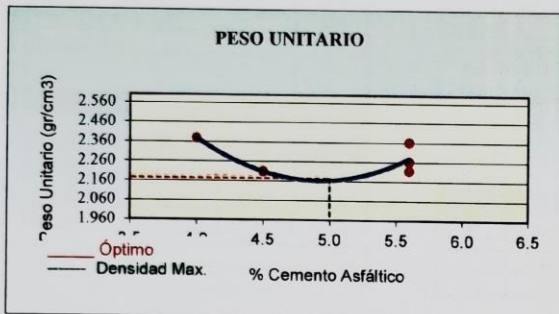


Universidad Católica
Santa Toribio de Mogrovejo

REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".
MATERIAL : Agregados fino y grueso
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan



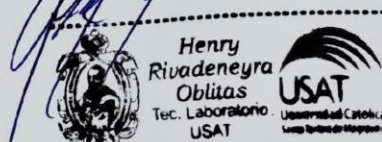
RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.6
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.172
Vacios (%)	10.00
Vacios del Agregado mineral (%)	28.90
Vacios Llenados de C.A (%)	45.50
Flujo (mm)	8.18
Estabilidad (Kg)	3320
Relación Polvo Asfalto	1.03

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Pátapo - La Victoria

TESISTA : Ulatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1425	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	


Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.73
B Arena	56.58	49.23
C Filler	1	10.05

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#80	N#200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.73	40.73	40.73	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	49.23	49.23	49.23	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	5.09	5.09	5.09	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.715	6.675	6.8	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1182	1201	1211.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1086.8	1203.1	1215.4	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	642.1	666.32	672.49	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	444.7	536.78	542.91	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.658	2.237	2.231	2.375
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.627	2.627	2.627	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7+8) + (4^2/2) + (9+10))$	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	-1.19	14.83	15.09	9.58
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.709	2.709	2.709	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.755	2.755	2.755	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.782	2.782	2.782	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.99	0.99	0.99	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	93.25	78.49	78.25	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	7.94	6.69	6.67	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	6.75	21.51	21.75	16.67
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.11	3.11	3.11	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	117.61	31.08	30.64	59.77
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1706.00	2405.00	2602.00	
31	Factor de estabilidad		1.25	0.93	0.81	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1706	2405	2602	2238
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	34	35	34	34
34	Fluencia	m.m.	8.64	8.89	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	1975	2705	3013	2565



Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1417.5	
Peso de C.A	67.5	4.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.51
B Arena	56.58	52.12
C Filler	1	7.37

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB


1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.51	40.51	40.51	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	52.12	52.12	52.12	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.91	1.91	1.91	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.98	7.1	7.03	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1225	1261	1233.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1229.9	1269.2	1239.2	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	671.8	696.29	684.3	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	558.15	572.91	555.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.195	2.201	2.222	2.206
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.531	2.531	2.531	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	13.28	13.03	12.21	12.84
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.618	2.618	2.618	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.692	2.692	2.692	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.08	1.08	1.08	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	79.26	79.49	80.24	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	7.46	7.48	7.56	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.74	20.51	19.76	20.34
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.50	3.50	3.50	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	35.98	36.49	38.23	36.90
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3450.00	3480.00	3120.00	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.86	0.89	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	3071	2993	2777	2947
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	35	35	35	35
34	Fluencia	m.m.	8.89	8.89	8.89	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	343	3366	3124	3315

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y CALIFICACION DE MATERIALES

USAT



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

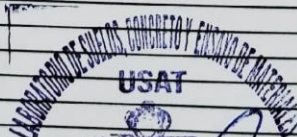
Peso de Muestra	1410	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	46.61
C Filler	1	13.34

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.61	46.61	46.61	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	6.80	6.80	6.80	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	7.835	6.7	6.42	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1359	1202	1143.0	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1369.2	1248.1	1207.9	
15 Peso de la briqueta en el agua	gr.	844.8	733.17	674.8	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	524.37	514.93	533.1	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.592	2.334	2.144	2.357
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.624	2.624	2.624	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.546	2.546	2.546	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.22	11.03	18.28	10.18
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.765	2.765	2.765	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.812	2.812	2.812	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.863	2.863	2.863	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.27	1.27	1.27	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	87.60	78.90	72.47	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	11.18	10.07	9.25	
27 % vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	12.40	21.10	27.53	20.34
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	4.50	4.50	4.50	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	90.14	47.71	33.59	57.15
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2930.00	2940.00	1770.00	
31 Factor de estabilidad		0.96	1.00	0.96	
32 Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2813	2940	1699	2484
33 Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	34	35	34	34
34 Fluencia	m.m.	8.64	8.89	9.64	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	327	330	1968	2844



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

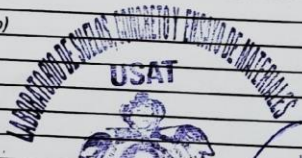
Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

	Material	% Mezcla	% Diseño
A	Grava Triturada	42.42	40.05
B	Arena	56.58	41.89
C	Filler	1	18.06

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	11.52	11.52	11.52	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.05	6.45	6.965	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1072	1143	1214.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1075.2	1150.1	1221.3	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	597.3	632.3	664.8	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	477.93	517.8	556.5	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.243	2.207	2.181	2.211
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.670	2.670	2.670	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	18.35	19.65	20.59	19.53
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.922	2.922	2.922	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.973	2.973	2.973	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	3.022	3.022	3.022	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.15	1.15	1.15	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	71.73	70.59	69.76	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	9.92	9.76	9.65	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	28.27	29.41	30.24	29.31
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.66	4.66	4.66	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	35.08	33.19	31.90	33.39
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2081.00	3663.00	2998.00	
31	Factor de estabilidad		1.14	1.00	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2372	3663	2668	2901
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	35	32	36	34
34	Fluencia	m.m.	8.69	8.23	9.14	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2669	4507	2918	3364



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".
MATERIAL : Agregados fino y grueso
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
Pátapo - La Victoria
TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

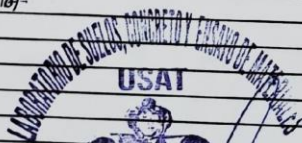
Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Deseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	42.08
C Filler	1	17.87

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones - IVB

#	Descripción	#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	42.08	42.08	42.08	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	11.33	11.33	11.33	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	0.00	0.00	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.57	6.76	6.62	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1180	1241	1177.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1188.5	1247.7	1183.3	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	669.1	706.27	650.6	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	519.4	541.43	532.7	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.272	2.292	2.209	2.258
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.800	2.800	2.800	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.665	2.665	2.665	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	18.86	18.14	21.09	19.37
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.916	2.916	2.916	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.966	2.966	2.966	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	3.091	3.091	3.091	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.98	1.98	1.98	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	72.82	73.46	70.82	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	8.32	8.39	8.09	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	27.18	26.54	29.18	27.63
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	3.97	3.97	3.97	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	30.60	31.63	27/73	29.99
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2744.00	2745.00	2720.00	
31	Factor de estabilidad		1.00	0.93	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2744	2556	2611	2636
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	35	35	34	35
34	Fluencia	m.m.	8.89	8.89	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	308	2872	3024	2994



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT





GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2502	2717	2631	2651	2697
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1931	2124	2059	2105	2161
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3431.0	3624.0	3559.0	3605.0	3661.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	571	593	572	546	536
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.627	2.531	2.624	2.747	2.800



[Handwritten Signature]

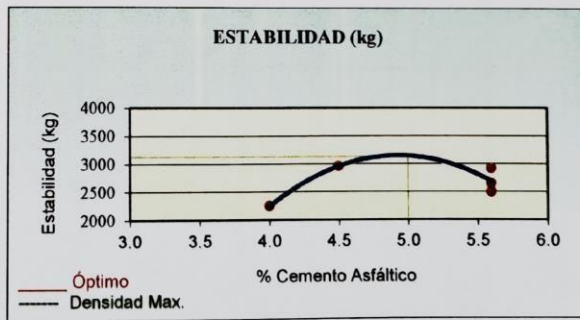
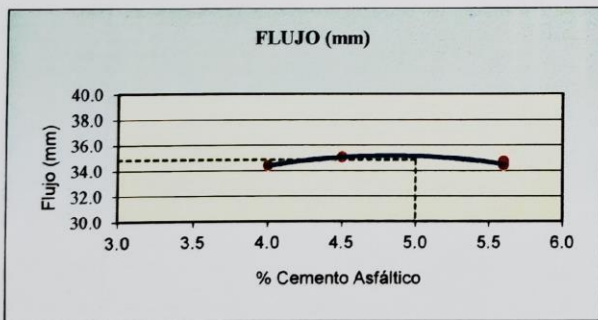
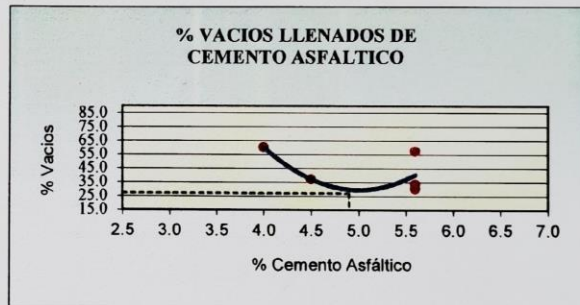
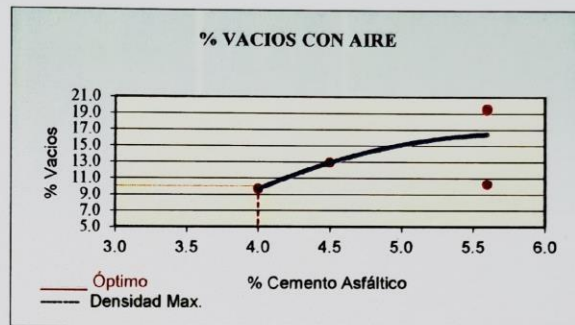
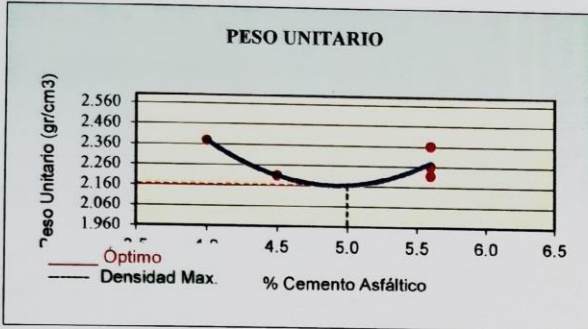
Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de trafico ligero y pesado".
MATERIAL : Agregados fino y grueso
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.3
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.160
Vacios (%)	10.00
Vacios del Agregado mineral (%)	18.00
Vacios Llenados de C.A (%)	26.80
Flujo (mm)	8.84
Estabilidad (Kg)	3120
Relación Polvo Asfalto	0.97

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

MATERIAL : Agregados fino y grueso

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

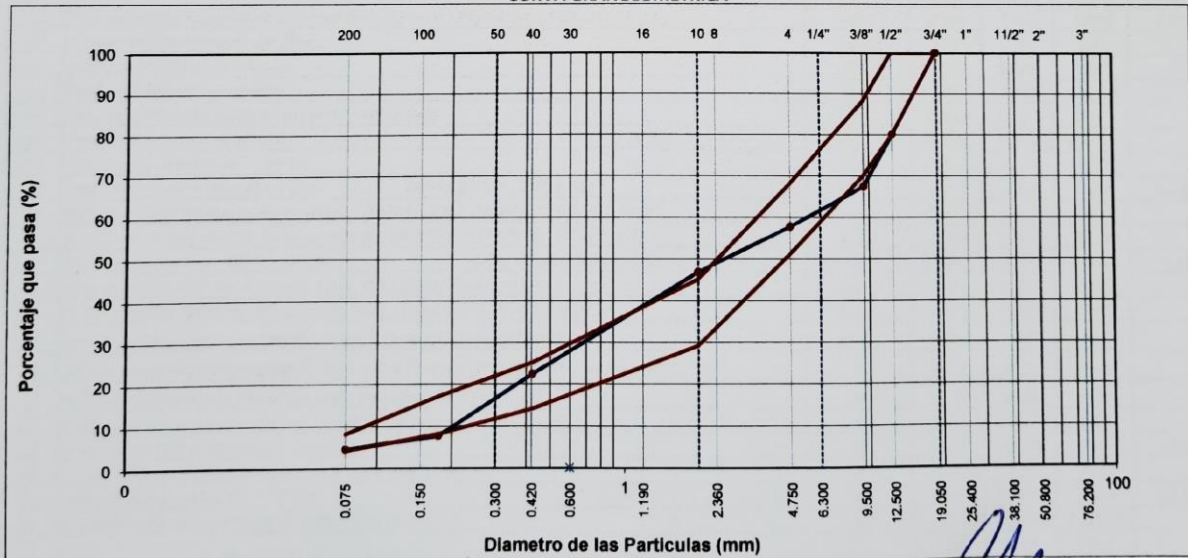
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
Vidrio Molido	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
Peso Inicial seco : 2560 g

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)						
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0	80 100	
1/2"	12.500	512	20.0	20.0	80.0	67 85	
3/8"	9.500	325	12.7	32.7	67.3	60 77	
Nº 4	4.750	249	9.7	42.4	57.6	43 54	
Nº 10	2.000	312.0	10.9	53.3	46.7	29 45	Observación:
Nº 40	0.425	698.0	24.4	77.7	22.3	14 25	
Nº 80	0.177	423.0	14.8	92.4	7.6	8 17	
Nº 200	0.075	89.0	3.1	95.5	4.5	4 8	
< Nº 200	FONDO	128.0	4.5	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO DE ENSAYOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Zuadenebra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".
: Pátapo - La Victoria
TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1425	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.73
B Arena	56.58	53.36
C Filler	1	5.92

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#80	N#200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.73	40.73	40.73	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	53.36	53.36	53.36	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.96	0.96	0.96	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.715	6.675	6.8	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1182	1201	1211.0	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1086.8	1203.1	1215.4	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	602.1	696.32	692.49	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	484.7	506.78	522.91	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.439	2.370	2.316	2.375
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.477	2.477	2.477	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.464	2.464	2.464	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.54	4.32	6.50	4.12
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.635	2.635	2.635	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.607	2.607	2.607	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.23	0.23	0.23	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	89.44	86.91	84.93	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	9.02	8.77	8.57	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	10.56	13.09	15.07	12.91
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.79	3.79	3.79	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	85.42	66.97	56.85	69.74
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3426.00	4112.00	3361.00	
31 Factor de estabilidad		1.09	1.04	0.81	
32 Estabilidad corregida $31 * 1.023 / (35 / 0.254)$	kg	3426	4112	3361	3633
33 Lectura del flexímetro $(0.01 * 35) / (0.254)$	pul.	35	35	34	35
34 Fluencia	m.m.	8.89	8.89	8.64	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3854	4625	3892	4124

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1417.5	
Peso de C.A	67.5	4.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.51
B Arena	56.58	52.12
C Filler	1	7.37

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.		
1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.51	40.51	40.51	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	52.12	52.12	52.12	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.91	1.91	1.91	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.98	7.1	7.03	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1225	1261	1233.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1229.9	1269.2	1239.2	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	691.8	726.29	714.3	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	538.15	542.91	525.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.276	2.323	2.349	2.316
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.471	2.471	2.471	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7+8)) + (4 \cdot 2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	7.87	5.99	4.94	6.27
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.618	2.618	2.618	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc.	2.621	2.621	2.621	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.04	0.04	0.04	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	%	82.20	83.88	84.82	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	9.92	10.13	10.24	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	17.80	16.12	15.18	16.37
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	4.46	4.46	4.46	
29	Relación betún vacíos $(28/27) \cdot 100$	%	55.77	62.81	67.47	62.02
30	Estabilidad sin corregir (de la calibración del anillo)	kg	3693.00	4292.00	3549.00	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.96	
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg	3434	3992	3407	3611
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	35	32	35	33
34	Fluencia	m.m.	7.97	8.13	8.89	
35	Relación Estabilidad x Fluencia	m.m.	4962	4911	3832	4368

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1410	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	48.69
C Filler	1	11.26

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.69	48.69	48.69	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	4.72	4.72	4.72	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	7.835	6.7	6.42	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1359	1202	1143.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1369.2	1248.1	1207.9	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	794.8	753.17	714.8	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	574.37	494.93	493.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.366	2.429	2.318	2.371
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.495	2.495	2.495	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.50	3.00	7.42	5.31
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.15	0.15	0.15	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	81.87	84.04	80.21	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	12.63	12.96	12.37	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.13	15.96	19.79	17.96
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.47	5.47	5.47	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	69.66	81.20	62.51	71.12
30	Estabilidad sin corrección (tabla de calibración del anillo)	kg	3308.00	3239.00	4124.00	
31	Factor de estabilidad		0.83	1.09	1.09	
32	Estabilidad corregida $0.7 * 32$		2746	3561	4495	3590
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 * 10.254)$	kg	32	35	34	34
34	Fluencia	pul.	8.13	8.89	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3378	3971	5205	4185

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	51.52
C Filler	1	8.43

% Que Pasó el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	51.52	51.52	51.52	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.89	1.89	1.89	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.05	6.45	6.965	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1072	1143	1214.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1075.2	1150.1	1221.3	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	627.3	672.3	704.8	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	447.93	477.8	516.5	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.393	2.392	2.350	2.379
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.487	2.487	2.487	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3/2) + (7/8) + (4/2) + (9/10))$	gr/cc.	2.429	2.429	2.429	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.78	3.82	5.50	4.37
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.618	2.618	2.618	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.691	2.691	2.691	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.06	1.06	1.06	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	85.43	85.39	83.90	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	10.79	10.78	10.60	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	14.57	14.61	16.10	15.09
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	4.63	4.63	4.63	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	74.05	73.84	65.83	71.24
30	Estabilidad sin corrección (tabla de calibración del anillo)	kg	3137.00	3192.00	3696.00	
31	Factor de estabilidad		1.25	1.14	1.00	
32	Estabilidad corregida 31-32	kg	3921	3639	3696	3752
33	Lectura del flexímetro (0.01") (33/10254)	pul.	33	34	33	33
34	Fluencia	m.m.	8.38	8.64	8.38	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4578	4214	4409	4434



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneira Obillas
Tec. Laboratorio USAT



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	51.52
C Filler	1	8.43

% Que Pasa al Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	51.52	51.52	51.52	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.89	1.89	1.89	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	0.00	0.00	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.57	6.76	6.62	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1180	1241	1177.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1188.5	1247.7	1183.3	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	699.1	726.27	690.6	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	489.4	521.43	492.7	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.411	2.380	2.389	2.393
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.480	2.480	2.480	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7+8)) + (4 \cdot 2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.429	2.429	2.429	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.78	4.04	3.68	3.50
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.618	2.618	2.618	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc.	2.682	2.682	2.682	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.93	0.93	0.93	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	%	86.07	84.96	85.28	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	11.15	11.01	11.05	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	13.93	15.04	14.72	14.57
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	4.75	4.75	4.75	
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	80.04	73.17	75.03	76.08
30	Estabilidad en CBR (tabla de calibración del anillo)	kg	4007.00	4096.00	3985.00	
31	Factor de estabilidad	kg	1.09	1.00	1.09	
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg	4368	4096	4344	4269
33	Lectura del flexímetro / 0.01 (35 / 0.254)	pul.	34	32	35	34
34	Fluencia	m.m.	8.64	8.13	8.89	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	5037	5039	4886	4994

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2502	2717	2631	2651	2697
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1931	2124	2059	2105	2161
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3421.0	3614.0	3579.0	3585.0	3661.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	571	593	572	546	536
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.477	2.471	2.504	2.487	2.480



Henry Rivadeneira Obitas
Henry Rivadeneira Obitas
Tec. Laboratorio USAT



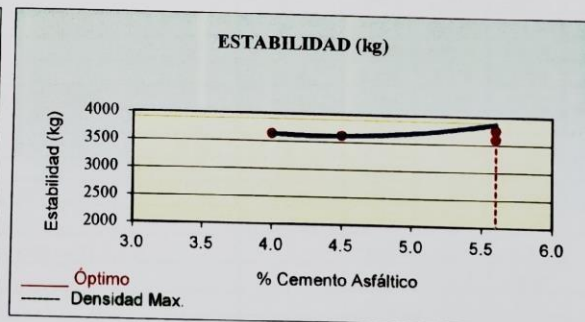
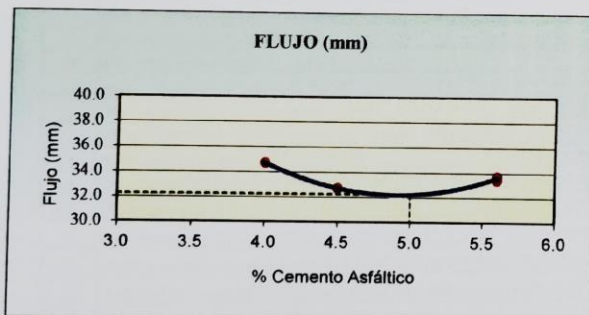
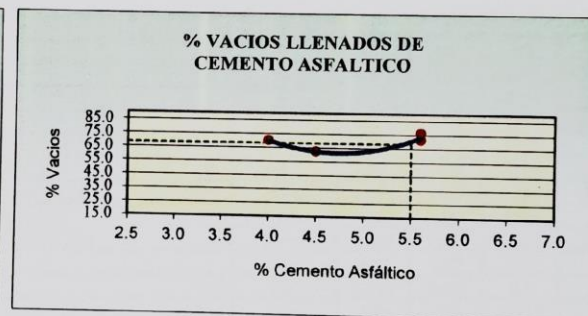
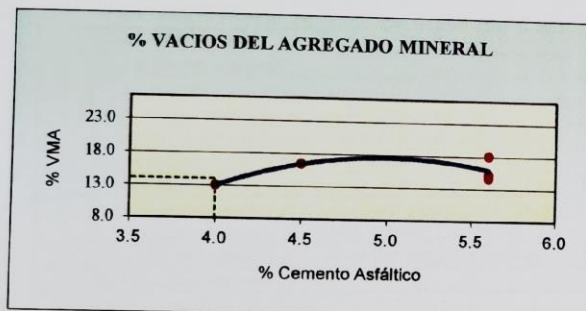
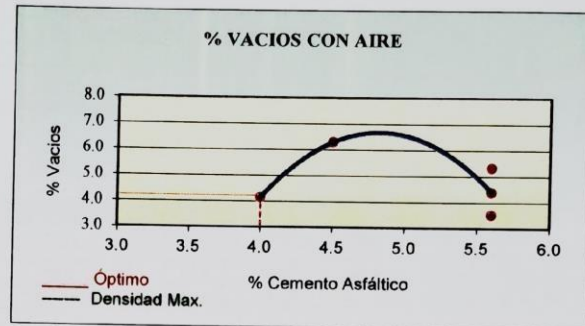
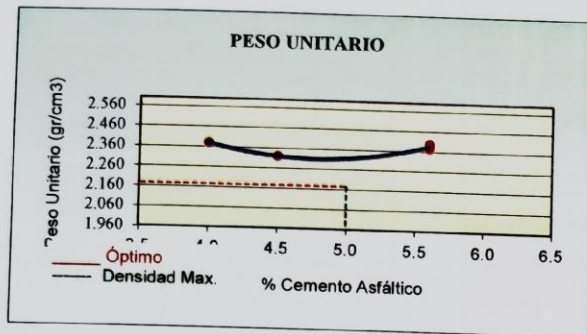
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita Mogrovejo



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".
TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.6
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.172
Vacios (%)	4.20
Vacios del Agregado mineral (%)	14.00
Vacios Llenados de C.A (%)	68.00
Flujo (mm)	8.18
Estabilidad (Kg)	3900
Relación Polvo Asfalto	1.02

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1425	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.42	40.73
Arena	56.58	49.23
Filler	1	10.05

% Que Pasa al Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8


#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.73	40.73	40.73	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	49.23	49.23	49.23	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	5.09	5.09	5.09	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.715	6.675	6.8	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1182	1201	1211.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1086.8	1203.1	1215.4	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	602.1	696.32	712.49	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	484.7	506.78	502.91	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.439	2.370	2.408	2.406
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.582	2.582	2.582	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7+8)) + (4 \cdot 2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.54	8.21	6.73	6.82
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.709	2.709	2.709	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.755	2.755	2.755	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc.	2.729	2.729	2.729	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.27	0.27	0.27	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	%	85.55	83.13	84.47	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	8.91	8.66	8.80	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	14.45	16.87	15.53	15.62
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	3.75	3.75	3.75	
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	61.69	51.35	56.66	56.57
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1706.00	2405.00	2602.00	
31	Factor de estabilidad		1.09	1.04	0.81	
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg	1706	2405	2602	2238
33	Lectura del flexímetro $(32 - 31) \cdot 100 / (35 - 0.254)$	pul.	32	32	34	32
34	Fluencia	m.m.	7.37	8.13	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2316	2959	3013	2763

LA DIRECTORA GENERAL DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Ulatas Ruiz Erick Bryan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1417.5
Peso de C.A	67.5 4.5%
Peso del Cemento	15
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.51
B Arena	56.58	51.17
C Filler	1	8.32

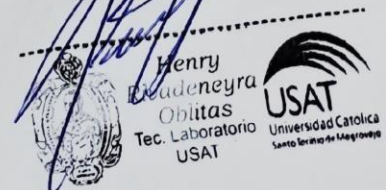
Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz									
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

		#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.51	40.51	40.51	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	51.17	51.17	51.17	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.87	2.87	2.87	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.98	7.1	7.03	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1225	1261	1233.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1229.9	1269.2	1239.2	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	721.8	726.29	724.3	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	508.15	542.91	515.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.411	2.323	2.394	2.376
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.531	2.531	2.531	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 * 2 / (7 + 8)) + (4 * 2 / (9 + 10)))$	gr/cc.	2.491	2.491	2.491	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17 / 18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.74	8.22	5.39	6.12
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.645	2.645	2.645	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.690	2.690	2.690	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.692	2.692	2.692	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.68	0.68	0.68	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	86.17	83.02	85.59	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	9.09	8.75	9.03	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	13.83	16.98	14.41	15.07
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	3.88	3.88	3.88	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	65.69	51.56	62.61	59.96
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3400.00	3480.00	2903.00	
31	Factor de estabilidad		1.04	0.93	1.00	
32	Estabilidad corregida $311 * 32$	kg	3536	3236	2903	3225
33	Lectura del flexómetro $0.00 / (35 / 0.254)$	pul.	34	33	35	34
34	Fluencia	m.m.	8.64	8.35	8.89	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4084	3867	3265	3740



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry
Eradneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1410	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

	Materia	% Mezcla	% Diseño
A	Grava Triturada	42.42	40.05
B	Arena	56.58	46.61
C	Filler	1	13.34

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.61	46.61	46.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	6.80	6.80	6.80	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	7.835	6.7	6.42	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1359	1202	1143.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1369.2	1248.1	1207.9	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	844.8	763.17	714.8	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	524.37	484.93	493.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.592	2.479	2.318	2.463
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.535	2.535	2.535	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.546	2.546	2.546	
20	% de vacíos con aire $100 * (1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	-2.23	2.22	8.56	2.85
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.765	2.765	2.765	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.812	2.812	2.812	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.751	2.751	2.751	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-0.19	-0.19	-0.19	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	87.60	83.78	78.35	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$	%	14.63	13.99	13.09	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	12.40	16.22	21.65	16.75
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.76	5.76	5.76	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	118.01	96.29	60.45	88.25
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2930.00	2940.00	1770.00	
31	Factor de estabilidad		0.96	1.09	1.09	
32	Estabilidad corregida	kg	2813	3205	1929	2649
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	32	32	30	31
34	Fluencia	m.m.	813	813	7.62	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3464	3943	2532	3312



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Bladeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	47.75
C Filler	1	12.21

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.05	40.05	40.05	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.75	47.75	47.75	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	5.66	5.66	5.66	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.05	6.45	6.965	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1072	1143	1214.0	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1075.2	1150.1	1221.3	
15	Peso de la briquea en el agua 25 °C	gr.	657.3	692.3	724.8	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	417.93	457.8	496.5	
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.565	2.497	2.445	2.502
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.604	2.604	2.604	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.518	2.518	2.518	
20	% de vacíos con aire $100 * (1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.50	4.13	6.11	3.91
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.730	2.730	2.730	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.776	2.776	2.776	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.838	2.838	2.838	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.44	1.44	1.44	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4) * 17/21$	%	87.82	85.48	83.72	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25+20)$	%	10.67	10.39	10.17	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	12.18	14.52	16.28	14.33
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.34	4.34	4.34	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	87.66	71.58	62.49	73.91
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2081.00	3663.00	2998.00	
31	Factor de estabilidad		FALSO	1.19	1.04	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	0	4389	3118	2492
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.25)	pul.	35	32	36	34
34	Fluencia	m.m.	8.89	8.13	9.14	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	0	5365	3410	2924



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Obillos
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.05
B Arena	56.58	45.86
C Filler	1	14.10

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pase el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla			
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	5.6	5.6	5.6
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	40.05	40.05	40.05
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	45.86	45.86	45.86
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	7.55	7.55	7.55
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.504	2.504	2.504
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.565	2.565	2.565
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.583	2.583	2.583
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 2.596	2.596	2.596
12	Altura promedio de la briqueta	gr/cc. 1.47	0.00	0.00
13	Peso de la briqueta en el aire	cm. 6.57	6.76	6.62
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1180	1241	1177.0
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 699.1	746.27	690.6
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 489.4	501.43	492.7
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.411	2.475	2.389
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.561	2.561	2.561
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3/2) + (7/8) + (4/2) + (9/10))$	gr/cc. 2.565	2.565	2.565
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 5.85	3.36	6.72
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.789	2.789	2.789
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.837	2.837	2.837
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc. 2.784	2.784	2.784
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% -0.07	-0.07	-0.07
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	% 80.80	82.93	80.05
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	% 13.35	13.70	13.23
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 19.20	17.07	19.95
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	% 5.66	5.66	5.66
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 69.52	80.30	66.30
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2816.00	2918.00	2968.00
31	Factor de estabilidad	1.09	1.04	1.09
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg 3069	3035	3235
33	Lectura del flexómetro $(0.01 * 35) / (0.25 * 35)$	pul. 35	35	35
34	Fluencia	m.m. 8.89	8.89	8.89
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 3453	3414	3639



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2502	2717	2631	2651	2697
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1921	2124	2039	2075	2111
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3421.0	3624.0	3539.0	3575.0	3611.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	581	593	592	576	586
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.582	2.531	2.535	2.604	2.561

LABORATORIO DE CEMENTOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

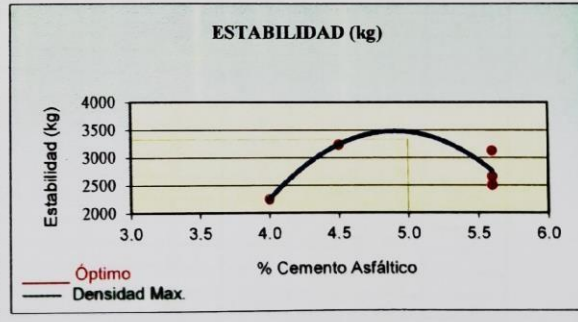
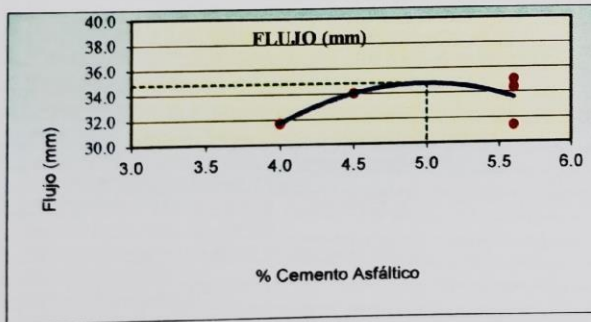
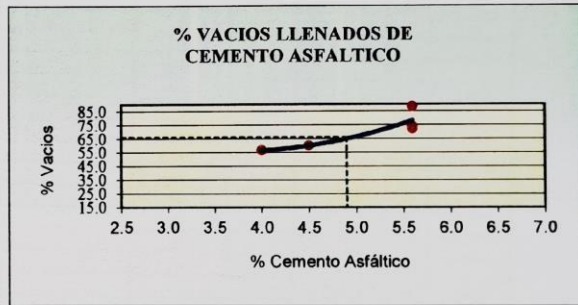
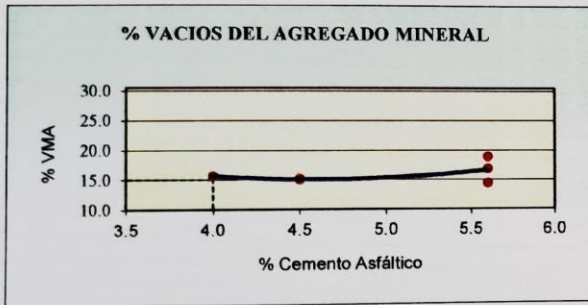
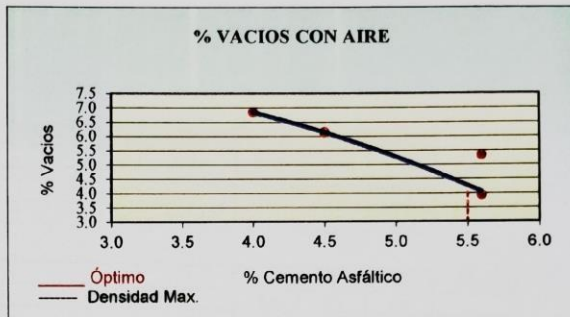
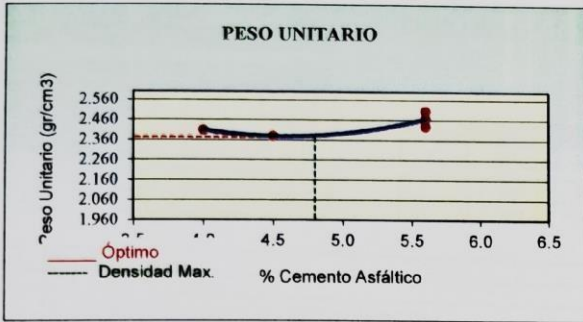
Henry Rivadomeyra Llatas
Tec. Laboratorio USAT



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".
TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan



RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	4.3
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.370
Vacios (%)	4.00
Vacios del Agregado mineral (%)	15.00
Vacios Llenados de C.A (%)	66.00
Flujo (mm)	8.84
Estabilidad (Kg)	3320
Relación Polvo Asfalto	0.97

Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	10%
CEMENTO ASFALTICO PLEN 60-70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.90%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	39.54
Filler	1	20.12

		% Que Pasa el Tambo							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200	
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	39.54	39.54	39.54	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	14.27	14.27	14.27	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.01	1.01	1.01	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.30	2.30	2.30	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	5.96	6.72	6.23	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1093.52	1150.28	1217.2	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1157.1	1121.28	1158.2	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	641.0	628.44	635.6	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	516.1	492.84	522.64	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.119	2.334	2.329	2.261
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.852	2.852	2.852	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.526	2.526	2.526	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	25.72	18.18	18.35	2.71
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.711	2.711	2.711	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.738	2.738	2.738	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	3.117	3.117	3.117	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.86	4.86	4.86	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3 + 4) * 17/21$	%	73.59	81.06	80.89	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (23 + 20)$	%	0.69	0.76	0.76	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	26.41	18.94	19.11	21.48
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	1.02	1.02	1.02	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	2.61	4.01	3.96	3.53
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3009	1860	2465	2445
31	Factor de estabilidad		1.00	1.09	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	3009	1860	2465	2445
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	34	38	37	36
34	Fluencia	m.m.	8.64	9.65	9.40	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3484	1927	2623	2678



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS

"Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA

Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	15%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70	

Peso de Muestra	1404
Peso de C.A	73.5
Peso del Cemento	22.5
Mezcla Asfáltica	1500

pesos	rap
piedra	467.53 51.948 519.48
arena	796.07 88.452 884.52
c.a	62.475
caucho	11.025
cemento	22.5
	1402.6 155.844
	2388.2 265.356
	187.425
	33.075
	67.5

Materia	% Mezcla	% Diferencia
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	43.34
Filler	1	16.31

Mezcla
Especificaciones AVD

% Que Pasa en el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

1	Numero de briquea								
2	C.A. en peso de la mezcla	#	1	2	3	Prom.			
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	4.9	4.9	4.9				
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	40.34	40.34	40.34				
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	43.34	43.34	43.34				
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	%	10.46	10.46	10.46				
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	1.023	1.023	1.023				
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.450	2.450	2.450				
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.300	2.300	2.300	2.300			
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.450	2.450	2.450				
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	2.300	2.300	2.300	2.300			
12	Altura promedio de la briquea	gr/cc	2.10	2.10	2.10				
13	Peso de la briquea en el aire	cm.	6.36	6.4	6.22				
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1132.89	1128.37	1217.9				
15	Peso de la briquea en el agua	gr.	1136.27	1135.26	1223.3				
16	Volumen de la briquea 14-15	25 °C	gr.	632.1	630.6	674.4			
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	c.c.	504.14	504.66	548.8				
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.247	2.236	2.219	2.234			
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc	2.735	2.735	2.735				
20	% de vacíos con aire $100 * (1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.429	2.429	2.429				
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	%	17.83	18.24	18.86	2.59			
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc	2.588	2.588	2.588				
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc	2.614	2.614	2.614				
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	gr/cc	2.963	2.963	2.963				
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4) * 17/21$	%	5.01	5.01	5.01				
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100-(25+20)$	%	81.77	81.36	80.74				
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	0.41	0.41	0.40				
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	18.23	18.64	19.26	18.71			
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	0.71	0.71	0.71				
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	%	2.23	2.17	2.09	2.17			
31	Factor de estabilidad	kg	2646	2710	2985				
32	Estabilidad corregida $31 * 32$		1.04	1.19	0.89				
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	kg	2752	3225	2657	2878			
34	Fluencia	pul.	40	36	35	37			
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	10.16	9.14	8.89				
		m.m.	2709	3527	2988	3075			



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4,9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	45.25
Filler	1	14.41

Mezcla	Especificaciones	IVB

		% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200	
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5		
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.25	45.25	45.25	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.56	8.56	8.56	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	5.6	6.25	5.98	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1131.26	1073.26	1020.2	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1139.85	1192.11	1100.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	693.2	688.97	653.6	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	446.7	503.14	446.4	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.532	2.133	2.285	2.317
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7 + 8)) + (4 \cdot 2 / (9 + 10)))$	gr/cc.	2.449	2.449	2.449	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	8.24	22.71	17.19	2.61
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.613	2.613	2.613	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.99	4.99	4.99	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) \cdot 17/21$	%	91.27	76.87	82.36	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	0.50	0.42	0.45	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	8.73	23.13	17.64	16.50
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3 + 4)$	%	0.63	0.63	0.63	
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	5.69	1.81	2.54	3.35
30	Lectura del aro	pul.	158	170	162	
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1663	3493	2890	
31	Factor de estabilidad		1.25	1.04	1.25	
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg	2079	3633	3613	3108
33	Lectura del flexímetro $(0.01") \cdot (35 / 0.254)$	pul.	36	38	42	39
34	Fluencia	m.m.	9.14	9.65	10.67	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2273	3764	3386	3141

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivas Obliatas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Deseño
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	45.25
Filler	1	14.41

		% Que Pasa el Tambo								
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	Mezcla	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
	Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

		#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.25	45.25	45.25	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.56	8.56	8.56	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.11	6.25	5.98	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1090.02	1091.5	1229.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1097.77	1096.7	1238.1	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	608.2	605.55	672.1	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	489.54	491.15	566.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.227	2.222	2.171	2.207
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.449	2.449	2.449	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	19.32	19.48	21.33	2.61
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.613	2.613	2.613	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.99	4.99	4.99	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	80.24	80.09	78.24	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	0.44	0.44	0.43	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.76	19.91	21.76	20.47
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	0.63	0.63	0.63	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	2.21	2.19	1.96	2.12
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2559	2462	2834	
31	Factor de estabilidad		1.09	1.09	0.86	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2789	2684	2437	2637
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	37	43	30	37
34	Fluencia	m.m.	9.40	10.92	7.62	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2968	2457	3198	2875



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT






DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Ulatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filler)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Agregado	% Direto
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	45.25
Filler	1	14.41

Módulo de Elasticidad (psi)								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

Mezcla	
Especificaciones IVB	

#	1	2	3	Prom.	
1	Número de briqueta				
2	C.A. en peso de la mezcla	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	45.25	45.25	45.25	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	8.56	8.56	8.56	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.300	2.300	2.300	2.375
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.300	2.300	2.300	2.375
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.44	6.41	6.42	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1140.76	1121.31	1230.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1144.85	1125.54	1230.6	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 632.2	626.19	632.2	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 512.7	499.35	598.5	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.225	2.246	2.055	2.175
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.760	2.760	2.760	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc. 2.449	2.449	2.449	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 19.38	18.64	25.52	2.61
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.613	2.613	2.613	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.556	2.556	2.556	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc. 2.994	2.994	2.994	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 4.99	4.99	4.99	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 80.18	80.92	74.07	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 0.44	0.44	0.40	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 19.82	19.08	25.93	21.61
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 0.63	0.63	0.63	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 2.20	2.31	1.55	2.02
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2855	2606	2896	
31	Factor de estabilidad	1.00	1.04	0.81	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg 2855	2710	2346	2637
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul. 37	38	35	37
34	Fluencia	m.m. 9.40	9.65	8.89	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 3038	2808	2639	2878



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

PORCENTAJE DE ASFALTO	10%	20.0%	30%	40.0%	50.0%
1.- PESO DEL FRASCO	729	729	729	729	729
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2587	2587	2587	2587	2587
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2061	2039	2044	2050	2044
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3561.2	3538.5	3543.5	3549.5	3544.3
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	526	549	544	538	543
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.852	2.735	2.760	2.791	2.764

LABORATORIO DE ENSAYOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T-245

TESIS

"Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"

TESISTA

Llantas Ruiz Erick Brayán

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	10%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.90%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Desech
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	39.73
C Filler	1	19.93

		% Que Pasa al Tambo						
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	39.73	39.73	39.73	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	14.07	14.07	14.07	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.01	1.01	1.01	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.30	2.30	2.30	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.43	6.06	6.23	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1151.66	1115.71	1152.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1157.1	1121.28	1158.2	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	641.0	628.44	635.6	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	516.1	492.84	522.64	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.231	2.264	2.204	2.233
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.852	2.852	2.852	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.521	2.521	2.521	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	21.77	20.64	22.72	2.70
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.704	2.704	2.704	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.732	2.732	2.732	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	3.117	3.117	3.117	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.94	4.94	4.94	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	77.69	78.82	76.74	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	0.54	0.55	0.53	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	22.31	21.18	23.26	22.25
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	0.94	0.94	0.94	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	2.42	2.59	2.30	2.44
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3348	3543	2218	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.09	0.96	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	3348	3543	2218	3036
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	38	34	38	37
34	Fluencia	m.m.	9.65	8.64	9.65	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3469	4103	3298	3290

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Obitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS

"Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavim

TESISTA

Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	15%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

	pesos	rap	
pedra	467.53	51.948	519.48
arena	796.07	88.452	884.52
c.a	62.475		
caucho	11.025	1402.6	155.844
total	22.5	2388.2	265.356
		187.425	
		33.075	
		67.5	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	43.15
C Filler	1	16.50

Mezcla	
Especificaciones IVB	

% Que Para el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

N°	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta	#	1	2	3	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	43.15	43.15	43.15	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	10.65	10.65	10.65	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.05	6.9	6.57	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1052.1	1237.71	1132.3	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1063.68	1245.1	1149.3	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	575.7	697.75	599.2	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	487.96	547.35	550.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.156	2.261	2.058	2.159
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.735	2.735	2.735	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 * 2 / (7 + 8)) + (4 * 2 / (9 + 10)))$	gr/cc.	2.433	2.433	2.433	
20	% de vacíos con aire $100 * ((1 - 17) / 18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	21.16	17.31	24.73	2.59
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.593	2.593	2.593	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.620	2.620	2.620	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.963	2.963	2.963	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.92	4.92	4.92	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	78.27	82.09	74.73	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	0.57	0.60	0.54	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.73	17.91	25.27	21.63
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	0.79	0.79	0.79	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	2.62	3.33	2.15	2.70
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2632	4893	3352	
31	Factor de estabilidad		1.09	1.19	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2869	5823	2983	3892
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	40	35	39	38
34	Fluencia	m.m.	10.16	8.89	9.51	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2824	6556	3012	4178



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT






DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS

"Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimen

TESISTA

Llantas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4,9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfaltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	45.06
C Filler	1	14.60

Mezcla	Especificaciones - IVB

1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla			
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	4.9	4.9	4.9
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	40.34	40.34	40.34
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	45.06	45.06	45.06
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	8.75	8.75	8.75
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	1.023	1.023	1.023
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.450	2.450	2.450
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.300	2.300	2.300
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.450	2.450	2.450
11	Peso específico aparente del filler	2.300	2.300	2.300
12	Altura promedio de la briqueta	2.10	2.10	2.10
13	Peso de la briqueta en el aire	6.91	6.98	6.39
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1248.69	1206.67	1073.8
15	Peso de la briqueta en el agua	1256.78	1220.91	1090.7
16	Volumen de la briqueta 14-15	698.8	660.5	586.6
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	557.95	560.41	504.1
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	2.238	2.153	2.130
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	2.760	2.760	2.760
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	2.454	2.454	2.454
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	18.91	21.98	22.81
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	2.618	2.618	2.618
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	2.561	2.561	2.561
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	2.994	2.994	2.994
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	4.90	4.90	4.90
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	80.47	77.42	76.60
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	0.62	0.59	0.59
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	19.53	22.58	23.40
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	0.71	0.71	0.71
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	3.17	2.63	2.51
31	Factor de estabilidad	4293	2751	1890
32	Estabilidad corregida 31*32	0.89	0.86	1.04
33	Lectura del flexmetro (0.01") (35 / 0.254)	3821	2366	1966
34	Fluencia	41	39	32
35	Relación Estabilidad / Fluencia	10.41	9.91	8.17
		3669	2388	2418



Henry Rivadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimen

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70	

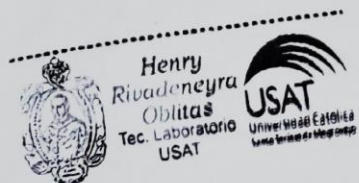
Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Dicho
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	45.25
Filler	1	14.41

% QUE Pasa en Tam.								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briquea					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.25	45.25	45.25	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.56	8.56	8.56	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12 Altura promedio de la briquea	cm.	6.11	7.13	6.42	
13 Peso de la briquea en el aire	gr.	1125.46	1294.47	1240.6	
14 Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1130.35	1303.36	1247.1	
15 Peso de la briquea en el agua 25 °C	gr.	636.7	730.68	700.1	
16 Volumen de la briquea 14-15	c.c.	493.61	572.68	547.0	
17 Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.280	2.260	2.268	2.269
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.449	2.449	2.449	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	17.38	18.10	17.82	2.61
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.613	2.613	2.613	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.99	4.99	4.99	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3 + 4) * 17 / 21$	%	82.17	81.46	81.73	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25 + 20)$	%	0.45	0.44	0.44	
27 % vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	17.83	18.54	18.27	18.21
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	0.63	0.63	0.63	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	2.51	2.39	2.44	2.44
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3505	4348	2634	
31 Factor de estabilidad		1.09	0.86	0.89	
32 Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	3820	3739	2344	3301
33 Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	38	35	39	37
34 Fluencia	m.m.	9.65	8.89	9.91	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3958	4206	2367	3510





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimen

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PI N. 60 70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	45.25
C Filler	1	14.41

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.25	45.25	45.25	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.56	8.56	8.56	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.11	7.13	6.42	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1125.46	1294.47	1240.6	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1130.35	1303.36	1247.1	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	636.7	730.68	700.1	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	493.61	572.68	547.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.280	2.260	2.268	2.269
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.449	2.449	2.449	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	17.38	18.10	17.82	2.61
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.613	2.613	2.613	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.99	4.99	4.99	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	82.17	81.46	81.73	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	0.45	0.44	0.44	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	17.83	18.54	18.27	18.21
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	0.63	0.63	0.63	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	2.51	2.39	2.44	2.44
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3505	4348	2634	
31	Factor de estabilidad		1.09	0.86	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	3820	3739	2344	3301
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	38	35	39	37
34	Fluencia	m.m.	9.65	8.89	9.91	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3958	4206	2367	3610



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavim

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PLN 69170	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Desecho
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	45.34
C Filler	1	14.31

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.34	45.34	45.34	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.46	8.46	8.46	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	7.01	7.36	6.99	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1250.27	1336.12	1225.6	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1248.3	1339.93	1229.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua 25 °C	gr.	651.0	651.19	632.3	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	597.33	688.74	596.8	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.093	1.940	2.054	2.029
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.447	2.447	2.447	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	24.16	29.71	25.59	2.61
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.610	2.610	2.610	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.553	2.553	2.553	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.994	2.994	2.994	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	5.03	5.03	5.03	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3 + 4) * 17/21$	%	75.51	69.99	74.09	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (25 + 20)$	%	0.33	0.30	0.32	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	24.49	30.01	25.91	26.80
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	0.59	0.59	0.59	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	1.33	1.01	1.24	1.19
30	Lectura del aro	pul.	158	170	162	
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3606	3318	2805	
31	Factor de estabilidad		0.81	0.90	0.81	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2921	2986	2272	2726
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	38	40	31	36
34	Fluencia	m.m.	9.65	10.16	7.87	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3026	2949	2886	2950



Henry Riuadneyra Obitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

PORCENTAJE DE ASFALTO	10%	20.0%	30%	40.0%	50.0%
1.- PESO DEL FRASCO	729	729	729	729	729
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2587	2587	2587	2587	2587
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2061	2039	2044	2050	2044
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3561.2	3538.5	3543.5	3549.5	3544.3
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	526	549	544	538	543
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.852	2.735	2.760	2.791	2.764



[Signature]
Henry
Rivadenteyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

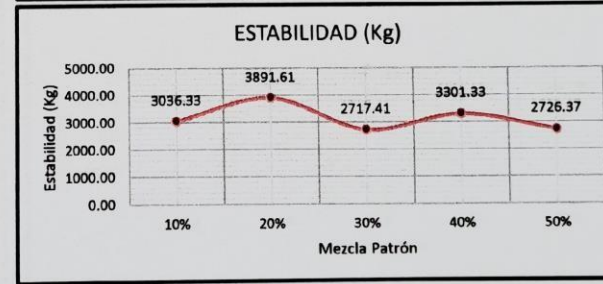
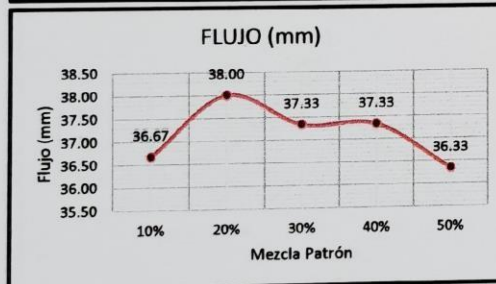
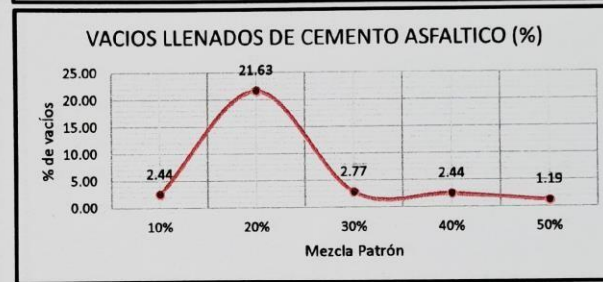
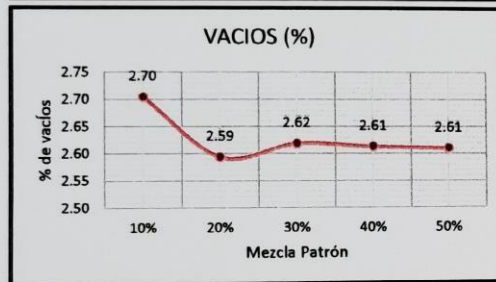


ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE RAC

DESCRIPCION "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

RESULTADOS								
Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
10%	2.23	2.70	22.25	2.44	36.67	3036.33	1.19	3289.76
20%	2.16	2.59	21.63	21.63	38.00	3891.61	1.19	4128.32
30%	2.17	2.62	21.84	2.77	37.33	2717.41	1.19	2825.17
40%	2.27	2.61	18.21	2.44	37.33	3301.33	1.19	3510.29
50%	2.03	2.61	26.80	1.19	36.33	2726.37	1.19	2950.28



LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIAS
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivas Meyra
Ojitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Toribio de Mogrovejo

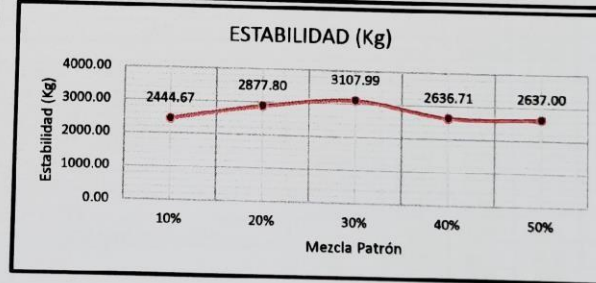
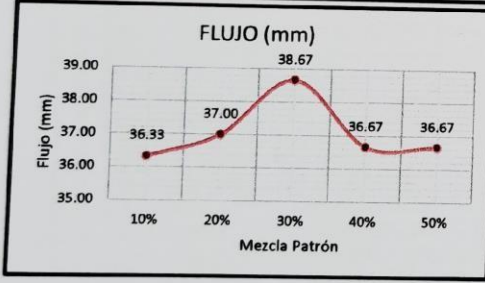
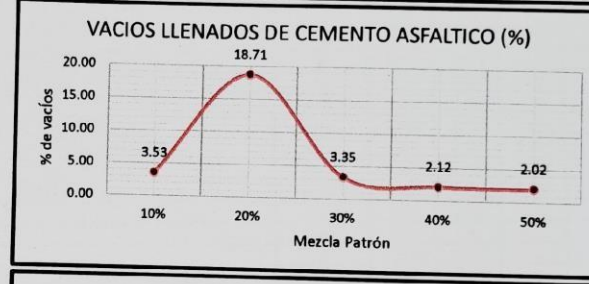
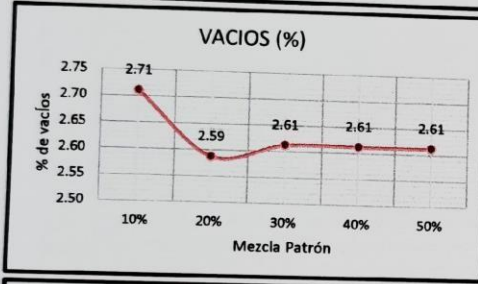
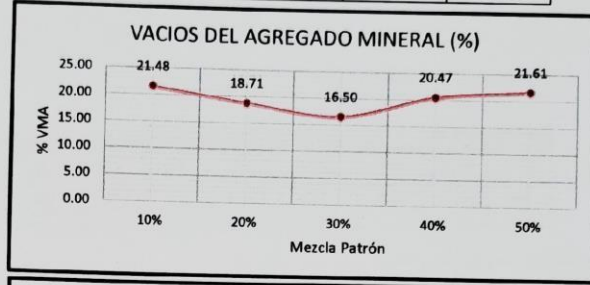
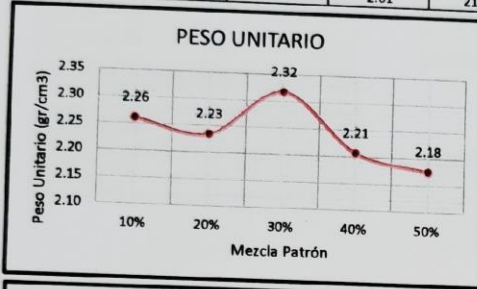


ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE RAC

DESCRIPCIÓN "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"

TESISTA : Llatas Rulz Erick Brayan

RESULTADOS								
Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
10%	2.26	2.71	21.48	3.53	36.33	2444.67	1.19	2678.07
20%	2.23	2.59	18.71	18.71	37.00	2877.80	1.19	3074.55
30%	2.32	2.61	16.50	3.35	38.67	3107.99	1.19	3141.11
40%	2.21	2.61	20.47	2.12	36.67	2636.71	1.19	2874.50
50%	2.18	2.61	21.61	2.02	36.67	2637.00	1.19	2828.16



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Obilias
Henry Rivadeneyra Obilias
Tee. Laboratorio USAI



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	10%
CEMENTO ASFALTICO PLN 60-70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.90%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Desecho
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	39.73
C Filler	1	19.93

% Orto Para el Tamia								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
	100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	39.73	39.73	39.73	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	14.07	14.07	14.07	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.01	1.01	1.01	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.30	2.30	2.30	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	5.99	5.86	6.23	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	953.06	913.88	1152.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	960.99	917.99	1158.2	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	499.5	525.85	635.6	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	461.5	392.14	522.64	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.065	2.330	2.204	2.200
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.568	2.568	2.568	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.521	2.521	2.521	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	19.60	9.27	14.18	2.70
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.704	2.704	2.704	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.732	2.732	2.732	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.762	2.762	2.762	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.79	0.79	0.79	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	71.90	81.14	76.74	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	8.51	9.60	9.08	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	28.10	18.86	23.26	23.41
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.27	4.27	4.27	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	30.26	50.88	39.03	40.06
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2200	2059	2218	
31	Factor de estabilidad		1.19	FALSO	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2200	2059	2218	2159
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	42	37	38	39
34	Fluencia	m.m.	10.67	9.49	9.65	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2062	2191	2298	2184



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavin

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	15%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70	

Peso de Muestra	1404
Peso de C.A	73.5 4.9%
Peso del Cemento	22.5
Mezcla Asfáltica	1500

	pesos rap		
pedra	467.53	51.948	519.48
arena	796.07	88.452	884.52
c.a	62.475		
caucho	11.025	1402.6	155.844
cement	22.5	2388.2	265.356
		187.425	
		33.075	
		67.5	
	4500		

Material	% Mezcla	% Deseño
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	43.15
C Filler	1	16.50

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

N°	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	43.15	43.15	43.15	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	10.65	10.65	10.65	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (-#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (-#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.300	2.300	2.300	2.300
9	Peso específico Bulk de la arena (-#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (-#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.300	2.300	2.300	2.300
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm	6.12	6.23	6.57	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr	1071.29	947.36	1132.3	
14	Peso de la briqueta saturado superficialmente seca	gr	1074.51	951.8	1149.3	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr	587.3	511.36	599.2	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	487.18	440.44	550.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.199	2.151	2.058	2.136
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.784	2.784	2.784	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2.6) + (3 \cdot 2) / (7 \cdot 8) + (4 \cdot 2) / (9 \cdot 10))$	gr/cc	2.433	2.433	2.433	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	21.03	22.75	26.07	2.59
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3 \cdot 7) + (4 \cdot 9) + (5 \cdot 11))$	gr/cc	2.593	2.593	2.593	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3 \cdot 8) + (4 \cdot 10) + (5 \cdot 11))$	gr/cc	2.620	2.620	2.620	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3 \cdot 7 - 8) + (4 \cdot 9 - 10))$	gr/cc	3.025	3.025	3.025	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	5.63	5.63	5.63	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) \cdot 17/21$	%	79.83	78.09	74.73	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	-0.86	-0.84	-0.80	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.17	21.91	25.27	22.45
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3 + 4)$	%	0.20	0.20	0.20	
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	-4.25	-3.83	-3.18	-3.75
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2067	1875	3352	
31	Factor de estabilidad		1.09	1.19	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg	2253	2231	2983	2489
33	Lectura del flexímetro $(0.01") \cdot (35 / 0.254)$	pul.	40	39	39	39
34	Fluencia	m.m.	10.16	9.91	9.91	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2218	2152	3012	2494

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Ruiguenya
Oñltas
Téc. Laboratorio
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA
DE VALPARAISO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavime

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PLN 60 70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	42.42	40.34
B Arena	56.58	45.06
C Filler	1	14.60

Mezcla	
Especificaciones IVB	

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	45.06	45.06	45.06	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.75	8.75	8.75	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.65	6.87	6.39	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1002.17	1016.43	1073.8	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1006.55	1021.3	1090.7	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	532.5	526.3	586.6	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	474.09	495	504.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.114	2.053	2.130	2.099
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.751	2.751	2.751	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.454	2.454	2.454	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	23.17	25.37	22.57	2.62
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.618	2.618	2.618	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.561	2.561	2.561	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.983	2.983	2.983	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.78	4.78	4.78	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	76.01	73.84	76.60	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	0.82	0.80	0.83	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	23.99	26.16	23.40	24.52
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	0.82	0.82	0.82	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	3.43	3.05	3.54	3.34
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2234	2325	1890	
31	Factor de estabilidad		1.14	1.09	1.04	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2547	2534	1966	2349
33	Lectura del flexmetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	40	40	37	37
34	Fluencia	m.m.	10.16	10.16	8.13	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2507	2494	2418	2473



Henry
Ervadeheyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Laboratorio de Ensayos



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavime

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1404
Peso de C.A	73.5 4.9%
Peso del Cemento	22.5
Mezcla Asfáltica	1500

Materia	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	45.25
Filler	1	14.41

1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.25	45.25	45.25	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.56	8.56	8.56	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.12	6.23	6.42	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1006.15	1123.6	1240.6	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1012.35	1130.1	1247.1	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	536.3	543.02	700.1	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	476.01	587.08	547.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.114	1.914	2.268	2.099
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.751	2.751	2.751	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 * 2 / (7 + 8)) + (4 * 2 / (9 + 10)))$	gr/cc.	2.449	2.449	2.449	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	23.17	30.44	17.56	2.61
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.613	2.613	2.613	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.983	2.983	2.983	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.87	4.87	4.87	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	76.17	68.97	81.73	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	0.65	0.59	0.70	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	23.83	31.03	18.27	24.37
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	0.73	0.73	0.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	2.74	1.90	3.83	2.83
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1641	1523	2634	
31	Factor de estabilidad		1.14	0.81	0.89	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1871	1234	2344	1816
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	97	39	39	38
34	Fluencia	m.m.	240	9.91	9.91	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	1991	1245	2367	1867

USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

PORCENTAJE DE CAUCHO	3%	5.0%	7%	10.0%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2380	2380	2380	2380
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1796	1841	1835	1820
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3296.0	3341.3	3334.8	3319.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	584	539	545	561
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.568	2.784	2.751	2.676

LABORATORIO DE CEMENTO, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIAS
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA
SANTA TERESITA MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA
SANTA TERESITA MOGROVEJO

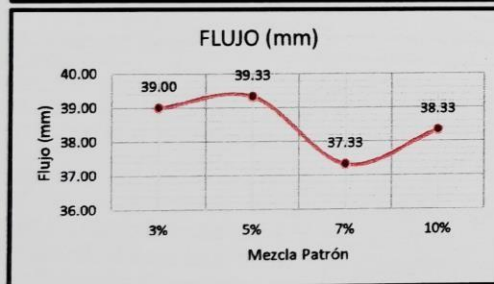
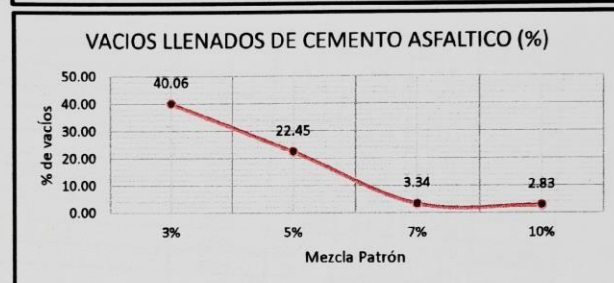
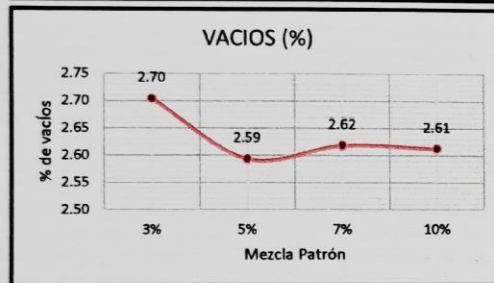
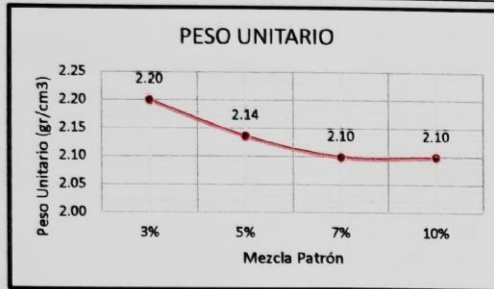


ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CAUCHO

DESCRIPCION "Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

RESULTADOS								
Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
3%	2.20	2.70	23.41	40.06	39.00	2159.00	1.19	2183.70
5%	2.14	2.59	22.45	22.45	39.33	2489.19	1.19	2493.85
7%	2.10	2.62	24.52	3.34	37.33	2348.87	1.19	2473.10
10%	2.10	2.61	24.37	2.83	38.33	1816.21	1.19	1867.47



LABORATORIO DE ENSAYOS, CONCRETO Y ENLACE DE CALZADAS
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Luzern Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS

"Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"

TESISTA

Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filler)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	10%
CEMENTO ASFALTICO PLN 60 70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.90%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	39.73
Filler	1	19.93

1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	39.73	39.73	39.73	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	14.07	14.07	14.07	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.01	1.01	1.01	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.30	2.30	2.30	2.300
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.23	6.13	6.23	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1062.46	1026.36	1152.1	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1069.63	1033.98	1158.2	
15 Peso de la briqueta en el agua	gr.	599.9	574.94	635.6	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	469.8	459.04	522.64	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.262	2.236	2.204	2.234
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.708	2.708	2.708	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7+8)) + (4 \cdot 2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.521	2.521	2.521	
20 % de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	16.47	17.42	18.59	2.70
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.704	2.704	2.704	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.732	2.732	2.732	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc.	2.935	2.935	2.935	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.93	2.93	2.93	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	%	78.74	77.84	76.74	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	4.79	4.74	4.67	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.26	22.16	23.26	22.23
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	2.55	2.55	2.55	
29 Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	22.53	21.38	20.08	21.33
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2446	2364	2218	
31 Factor de estabilidad		1.19	1.19	0.96	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	2446	2364	2218	2343
33 Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	39	35	38	37
34 Fluencia	m.m.	9.91	8.89	9.65	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2469	2659	2298	2475



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT






DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	37%
Arena Chancada 1/4"	63%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	15%

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

pesos rap	
pedra	467.53 51.948 519.48
arena	796.07 88.452 884.52
c.a	62.475
caucho	11.025
cement	22.5
1402.6 155.844	
2388.2 265.356	
187.425	
33.075	
67.5	

Mezcla			
Especificaciones IVB			
Material	% Mezcla	% Diseño	
Grava Triturada	42.42	40.34	
Arena	56.58	41.92	
Filler	1	17.74	

% Que Pasa de Tamiz									
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200	
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5		
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	41.92	41.92	41.92	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	11.89	11.89	11.89	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.300
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.12	6.23	6.57	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1062.46	1026.36	1132.3	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1069.63	1033.98	1149.3	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	599.9	574.94	599.2	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	469.78	459.04	550.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.262	2.236	2.058	2.185
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.784	2.784	2.784	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.466	2.466	2.466	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	18.78	19.70	26.07	2.63
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.632	2.632	2.632	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.659	2.659	2.659	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$	gr/cc.	3.025	3.025	3.025	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	5.04	5.04	5.04	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)*17/21$	%	80.89	79.97	73.62	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$	%	0.33	0.33	0.30	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.11	20.03	26.38	21.84
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	0.75	0.75	0.75	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	1.75	1.65	1.15	1.51
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2913	2931	3352	
31	Factor de estabilidad		1.19	1.19	0.89	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	3466	3498	2983	3313
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	42	35	39	39
34	Fluencia	m.m.	10.67	8.89	6.91	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3249	3923	7012	3395

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Obiitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Toribio de Mogrovejo



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS * Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado *

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayán

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Directo
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	42.39
Filler	1	17.26


Mezcla
Especificaciones IVB

% Qui. Para el Filler								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	42.39	42.39	42.39	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	11.41	11.41	11.41	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.65	5.97	6.39	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1112.33	1068.75	1073.8	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1137.77	1092	1090.7	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	692.4	628.77	616.6	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	445.35	463.23	474.1	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.498	2.307	2.265	2.357
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.751	2.751	2.751	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	
20 % de vacíos con aire $100 * ((1-17/18) / ((3/7) + (4/9) + (5/11)))$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	9.22	16.14	17.67	2.70
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.703	2.703	2.703	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.644	2.644	2.644	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.983	2.983	2.983	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	3.56	3.56	3.56	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)*17/21$	%	87.01	80.37	78.91	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$	%	3.77	3.48	3.42	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	12.99	19.63	21.09	17.90
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	1.95	1.95	1.95	
29 Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	29.03	17.75	16.21	21.00
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3050	2777	1890	
31 Factor de estabilidad		1.25	1.19	1.14	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	3813	3305	2155	3091
33 Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	39	39	32	37
34 Fluencia	m.m.	9.91	9.91	8.13	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3849	3336	2651	3279



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

Grava Chancada 3/4"	42%
Arena Chancada 1/4"	57%
Cemento (Filer)	2%
Pavimento asfáltico reciclado	20%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1404	
Peso de C.A	73.5	4.9%
Peso del Cemento	22.5	
Mezcla Asfáltica	1500	

Materia	% Mezcla	% Diseño
Grava Triturada	42.42	40.34
Arena	56.58	45.25
Filler	1	14.41

Mezcla	Indicaciones	MB

1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
100	80.0	67.3	57.6	46.7	22.3	7.6	4.5	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.9	4.9	4.9	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	40.34	40.34	40.34	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.25	45.25	45.25	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	8.56	8.56	8.56	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.450	2.450	2.450	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.300	2.300	2.300	2.375
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	2.10	2.10	2.10	
12 Altura promedio de la briquea	cm.	6.12	6.23	6.42	
13 Peso de la briquea en el aire	gr.	1121.3	1203.5	1240.6	
14 Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1126.4	1210.23	1247.1	
15 Peso de la briquea en el agua	gr.	623.5	644.2	700.1	
16 Volumen de la briquea 14-15	c.c.	502.9	566.03	547.0	
17 Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.230	2.126	2.268	2.208
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.751	2.751	2.751	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.449	2.449	2.449	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	18.96	22.72	17.56	2.61
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.613	2.613	2.613	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.983	2.983	2.983	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.87	4.87	4.87	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4)*17/21$	%	80.35	76.62	81.73	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100-(25+20)$	%	0.69	0.66	0.70	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.65	23.38	18.27	20.43
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	0.73	0.73	0.73	
29 Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	3.50	2.81	3.83	3.38
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2343	2892	2634	
31 Factor de estabilidad		1.04	0.86	0.89	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	2437	2487	2344	2423
33 Lectura del flexímetro (0.01") $(35/0.254)$	pul.	37	39	39	38
34 Fluencia	m.m.	9.40	9.91	9.91	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2593	2511	2367	2490



Henry Roadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : " Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado ".

TESISTA : Llatas Ruiz Erick Brayan

PORCENTAJE DE ASFALTO	3%	5%	7%	10%
1.- PESO DEL FRASCO	725	725	725	725
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2380	2380	2380	2380
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1826	1841	1835	1840
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3326.0	3341.3	3334.8	3339.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	554	539	545	541
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.708	2.784	2.751	2.775




Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



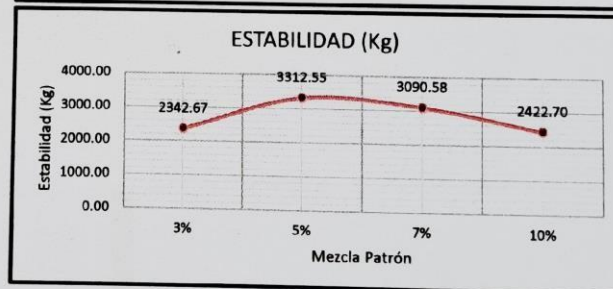
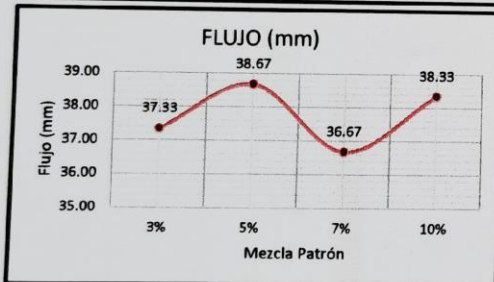
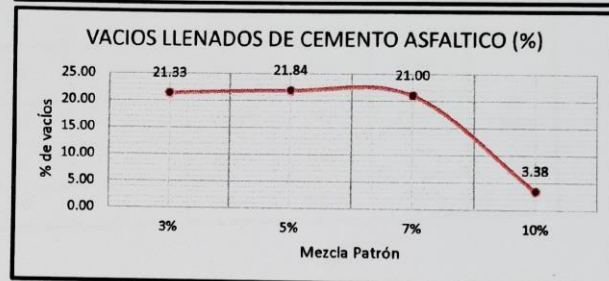
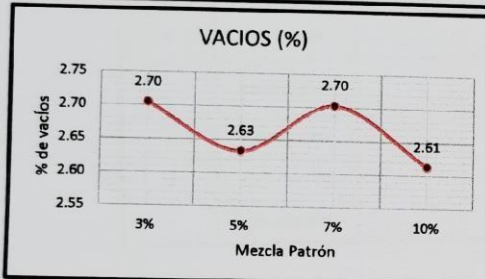
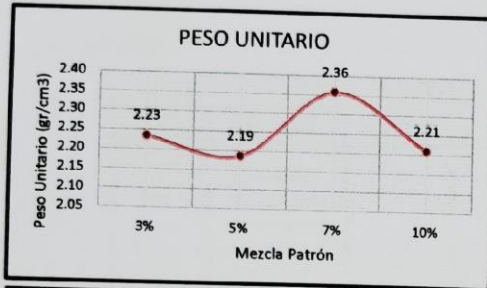
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CAUCHO

DESCRIPCION "Influencia de la adición del caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado".

TESISTA : Claudia Pamela Chávez Samarré

Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	RESULTADOS						
		Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
3%	2.23	2.70	22.23	21.33	37.33	2342.67	1.19	2475.45
5%	2.19	2.63	21.84	21.84	38.67	3312.55	1.19	3394.79
7%	2.36	2.70	17.90	21.00	36.67	3090.58	1.19	3278.50
10%	2.21	2.61	20.43	3.38	38.33	2422.70	1.19	2490.01



LABORATORIO DE ENSAYOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

[Signature]
Henry Rivadeneyra Obitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS
MTC E 515

TESIS	:"Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"
CANTERA	.Tres Tomas - Ferreñafe
	.Pátapo - La Victoria
TESISTA	.Llata Ruiz Erick Brayan

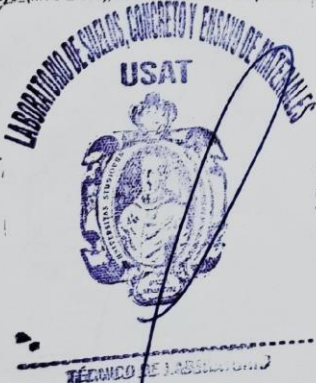
ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE FILLER	% DE FILLER	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	CONVENCIONAL	0%	300	24°C	1123.20	951.2	15.31%	13.99%
2	CONVENCIONAL		300	24°C	1134.90	1045.9	7.84%	
3	CONVENCIONAL		300	24°C	906.80	780.5	13.93%	
4	CONVENCIONAL		300	24°C	1025.50	832	18.87%	
1	CONVENCIONAL	5.0%	300	24°C	1004.20	914.4	8.94%	8.06%
2	CONVENCIONAL		300	24°C	1139.50	1013	11.10%	
3	CONVENCIONAL		300	24°C	1063.90	1010.7	5.00%	
4	CONVENCIONAL		300	24°C	1199.40	1112.9	7.21%	



NOTA:


El ensayo MTC E 515, no deberán ser superiores al 25%, al 25 °C

El ensayo (MTC E 515), tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión durante 24 horas a 60°C, no podrá exceder del 40%



[Firma manuscrita]

Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS
MTC E 515

TESSIS	"Influencia de la adición de caucho granulado a carpetas asfálticas recicladas para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas en pavimentos de tráfico ligero y pesado"
CANTERA	Tres Tomas - Ferreñafe Pátapo - La Victoria
TESISTA	Llata Ruiz Erick Brayán

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE FILLER	% DE FILLER	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	CONVENCIONAL	0%	300	24°C	974.70	665.3	31.74%	11.34%
2	CONVENCIONAL		300	24°C	1021.60	980.2	4.05%	
3	CONVENCIONAL		300	24°C	1070.00	1015.6	5.08%	
4	CONVENCIONAL		300	24°C	1135.80	1085	4.47%	
1	CONVENCIONAL	5.0%	300	24°C	1090.00	1009.4	7.39%	6.42%
2	CONVENCIONAL		300	24°C	960.70	940.5	2.10%	
3	CONVENCIONAL		300	24°C	1079.10	980.6	9.13%	
4	CONVENCIONAL		300	24°C	1085.40	1009	7.04%	



NOTA:

El ensayo MTC E 515, no deberán ser superiores al 25%, al 25 °C

El ensayo (MTC E 515), tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión durante 24 horas a 80°C, no podrá exceder del 40%




 Henry Ribaldenebra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)

MUESTRA PATRON PESADO

DATOS		MUESTRAS SUMERGIDAS				MUESTRAS SECAS					
Número de briqueta	#	1	2	3	4	Prom.	6	7	8	9	Prom.
D Diámetro	cm	10.2	10.2	10.2	10.2		10.2	10.2	10.2	10.2	
I Espesor	cm	5.95	5.31	6.38	6.53		5.8	5.21	6.66	6.72	
A Peso de la muestra Seca al Aire	gr	1102.3	1009.6	1125.6	1136.5	1093.3	1066.9	959.3	1210.5	1256.5	1123.3
B SSD de la Muestra	gr	1117.90	1114.90	1124.00	1130.00		1077.20	963.80	1212.00	1243.00	
C Peso de la Muestra en Agua	gr	715.00	745.00	715.00	716.00		690.00	610.00	772.00	785.00	
E Volumen (B - C)	cc	402.9	369.9	409.0	414.0		387.2	353.8	440.0	458.0	
F Peso específico Bulk de la briqueta (A/E)	gr/cc	2.733	2.729	2.752	2.745	2.7	2.755	2.711	2.751	2.743	2.7
G Peso específico teórico máximo (Rice)	gr/cc	2.787	2.787	2.787	2.787	2.8	2.787	2.787	2.787	2.787	2.8
H % de vacíos ((G - F)/G)*100	%	1.93	2.08	1.26	1.51	1.7	1.14	2.72	1.30	1.57	1.7
I Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc	7.78	7.68	5.16	6.25		4.42	9.63	5.70	7.20	

Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28° Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C		1	2	3	4
B' SSD de la Muestra	gr	1104.7	1011.8	1128.0	1145.8
C' Peso de la Muestra en Agua	gr	693.00	628.00	705.00	715.00
E' Volumen de la Muestra (B' - C')	cc	411.7	383.6	423.0	430.6
F' Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	3.4	2.0	2.4	9.1
- Saturación (100*(F'/I))	%	43.7	26.0	46.5	145.6
- Hinchamiento (E' - E)*100/E	%	2.18	3.70	3.42	4.01

NO SE ENCUENTA

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María		1	2	3	4
I* Espesor	cm	6.1	6.9	6.7	6.7
B* SSD de la Muestra	gr	1102.00	1010.00	1126.00	1150.00
C* Peso de la Muestra en Agua	gr	620.00	590.40	705.00	720.00
E* Volumen (B* - C*)	cc	482.0	419.6	421.0	430.0
F* Volumen de Agua de Absorción (B* - A)	cc	0.7	0.4	0.4	13.5
- Saturación (100*(F*/I))	%	9.0	5.2	7.7	215.9
- Hinchamiento (E* - E)*100/E	%	19.21	12.96	2.84	3.72


		1	2	3	4	Prom.	1	2	3	4	Prom.
- Carga Máxima Kg	kg	215	165	180	238		195	185	190	214	
- Carga Máxima N	N	2109.150	1618.650	1765.800	2315.160	1952.190	1812.950	1814.850	1863.900	2099.340	1922.8
- Fuerza Tensil KPA	kg/cm²	2.21	1.90	1.68	2.21	1.90	2.10	2.22	1.78	1.99	2.02

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSION (TRS) = 93.995%

NOTA:
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIAS
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Riusdoneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MEZCLA MODIFICADA AL 5% CON CONCHAS DE ABANICO TRITURADO	
PORCENTAJE DE ASFALTO	4.9%
1.- PESO DEL FRASCO	575
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2555
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1676
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4126.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2450
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	879
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.7873

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENLACE DE CARRETERAS
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

Universidad Católica
Santa Toribio de Mogrovejo



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)

MUESTRA PATRON LIGERO CAUCHO

DATOS		MUESTRAS SUMERGIDAS					MUESTRAS SECAS				
D	Número de briqueta	1	2	3	4	Prom.	6	7	8	9	Prom.
D	Diámetro	10.2	10.2	10.2	10.2		10.2	10.2	10.2	10.2	
t	Espesor	cm	6.35	5.47	6.38	6.53	6.38	6	6.66	6.72	
A	Peso de la muestra Seca al Aire	cm	1144.4	1073.4	1125.6	1136.5	1120.0	1158.4	1078.1	1210.5	1256.5
B	SSD de la Muestra	gr	615.00	645.00	695.00	706.00		740.00	690.00	762.00	782.00
C	Peso de la muestra en Agua	gr	552.1	440.7	428.0	424.0		427.1	395.7	450.0	461.0
E	Volumen (B-C)	cc	2.073	2.436	2.624	2.680	2.5	2.712	2.725	2.690	2.726
F	Peso específico Bulk de la briqueta (A/E)	gr/cc	2.879	2.879	2.879	2.879	2.9	2.879	2.879	2.879	2.9
G	Peso específico teórico máximo (Rice)	gr/cc	27.99	15.39	8.85	6.88	14.8	5.78	5.35	6.55	5.32
H	% de vacíos ((G-F)/G)*100	%	154.55	67.81	37.98	29.19		24.68	21.18	29.48	24.50
I	Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc									

Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28" Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C						
B'	SSD de la Muestra	gr	1149.8	1080.4	1128.0	1145.6
C'	Peso de la Muestra en Agua	gr	575.74	606.55	665.00	695.00
E'	Volumen de la Muestra (B' - C')	cc	574.1	473.9	463.0	450.6
J'	Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	5.4	7.0	2.4	9.1
-	Saturación ((100*J')/I)	%	3.5	10.3	6.3	31.2
-	Hinchamiento (E' - E)*100/E	%	3.98	7.52	7.93	6.27

NO SE EJECUTA

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María						
I"	Espesor	cm	6.1	6.9	6.7	6.7
B"	SSD de la Muestra	gr	1160.60	1079.20	1136.00	1140.00
C"	Peso de la Muestra en Agua	gr	584.03	610.17	685.00	680.00
E"	Volumen (B" - C")	cc	576.6	469.0	451.0	460.0
J"	Volumen de Agua de Absorción (B" - A)	cc	16.2	5.8	10.4	3.5
-	Saturación ((100*J'')/I)	%	10.5	8.6	27.4	12.0
-	Hinchamiento (E" - E)*100/E	%	4.26	5.98	4.75	7.99
-	Carga Máxima Kg	kg	320	305	320	360
-	Carga Máxima N	N	3139.200	2992.050	3139.200	3531.600
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	3.29	2.77	2.99	3.37


NO SE EJECUTA

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSION (TRS) = 105.443%

NOTA:
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MEZCLA MODIFICADA AL 5% CON CONCHAS DE ABANICO TRITURADO	
PORCENTAJE DE ASFALTO	4.9%
1.- PESO DEL FRASCO	575
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2555
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1756
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4056.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2300
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	799
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.8786

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT




Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)

MUESTRA PATRON PESADO

DATOS		MUESTRAS SUMERGIDAS				MUESTRAS SECAS					
- Número de briqueta		1	2	3	4	Prom.	6	7	8	9	Prom.
D Diámetro	cm	10.2	10.2	10.2	10.2		10.2	10.2	10.2	10.2	
t Espesor	cm	5.55	5.7	6.38	6.53		5.4	5.5	6.66	6.72	
A Peso de la muestra Seca al Aire	gr	1064.4	1059.5	1125.6	1136.5	1096.5	1016.3	1056.3	1210.5	1256.5	1134.9
B SSD de la Muestra	gr	1071.10	1070.90	1124.00	1130.00		1027.60	1067.40	1212.00	1249.00	
C Peso de la Muestra en Agua	gr	680.00	680.00	710.00	692.00		620.00	680.00	768.00	780.00	
E Volumen (B - C)	cc	391.1	390.9	414.0	438.0		407.5	387.4	444.0	463.0	
F Peso específico Bulk de la briqueta (A/E)	gr/cc	2.722	2.710	2.719	2.595	2.7	2.493	2.727	2.726	2.714	2.7
G Peso específico teórico máximo (Nice)	gr/cc	2.787	2.787	2.787	2.787	2.8	2.787	2.787	2.787	2.787	2.8
H % de vacíos ((G - F)/G)*100	%	2.36	2.76	2.45	6.91	3.6	10.54	2.17	2.19	2.63	4.4
I Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc	9.22	10.78	10.16	30.25		42.98	8.43	9.70	12.20	

Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28" Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25		1	2	3	4		
B' SSD de la Muestra	gr	1069.1	1066.9	1128.0	1145.6		NO SE EJECUTA
C' Peso de la Muestra en Agua	gr	667.10	667.62	705.00	698.00		
E' Volumen de la Muestra (B' - C')	cc	402.0	399.3	423.0	447.6		
J' Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	4.7	7.4	2.4	9.1		
- Saturación (100*J'/I)	%	51.0	68.7	23.6	30.1		
- Hinchamiento (E' - E)*100/E	%	2.75	2.14	2.17	2.19		

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María		1	2	3	4		
t' Espesor	cm	6.1	6.9	6.7	6.7		NO SE EJECUTA
B'' SSD de la Muestra	gr	1065.10	1064.20	1128.00	1145.00		
C'' Peso de la Muestra en Agua	gr	648.48	661.30	705.00	690.00		
E'' Volumen (B'' - C'')	cc	416.7	402.9	423.0	455.0		
J'' Volumen de Agua de Absorción (B'' - A)	cc	0.7	4.7	2.4	8.5		
- Saturación (100*J''/I)	%	7.6	43.6	23.6	28.1		
- Hinchamiento (E'' - E)*100/E	%	6.36	3.01	2.13	3.80		

		1	2	3	4	Prom.	1	2	3	4	Prom.
- Carga Máxima Kg	kg	182	215	385	336		170	175	210	260	
- Carga Máxima N	N	1785.420	2109.150	3776.850	3296.160	2741.895	1667.700	1716.750	2060.100	2550.600	1998.8
- Fuerza Tensible KPA	kg/cm2	1.87	1.95	3.60	3.14	2.64	1.96	1.99	1.97	2.41	2.08

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) = 126.774%

NOTA:
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.




Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041**

MEZCLA MODIFICADA AL 5% CON CONCHAS DE ABANICO TRITURADO	
PORCENTAJE DE ASFALTO	4.9%
1.- PESO DEL FRASCO	575
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2555
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1676
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4126.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2450
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	879
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.7873

LABORATORIO DE SUELO, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIAS
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)

MUESTRA PATRON PESADO CAUCHO

DATOS		MUESTRAS SUMERGIDAS				MUESTRAS SECAS						
-	Número de briqueta	#	1	2	3	4	Prom.	6	7	8	9	Prom.
D	Diámetro	cm	10.2	10.2	10.2	10.2		10.2	10.2	10.2	10.2	
t	Espesor	cm	5.27	5.45	6.38	6.53		5.8	5.71	6.66	6.72	
A	Peso de la muestra Seca al Aire	gr	978.0	1027.1	1125.8	1196.5	1065.6	1085.6	1068.5	1210.5	1256.5	1155.5
B	SSD de la Muestra	gr	977.60	1091.80	1124.00	1196.00		1090.90	1075.60	1212.00	1243.00	
C	Peso de la Muestra en Agua	gr	615.00	645.00	695.00	706.00		690.00	680.00	772.00	782.00	
E	Volumen (B - C)	cc	362.6	386.8	429.0	424.0		400.3	395.6	440.0	461.0	
F	Peso específico Bulk de la briqueta (A/E)	gr/cc	2.683	2.655	2.624	2.680	2.7	2.712	2.703	2.751	2.726	2.7
G	Peso específico tétrico máximo (Rice)	gr/cc	2.806	2.806	2.806	2.806	2.8	2.806	2.806	2.806	2.806	2.8
H	% de vacíos ((G - F)/G)*100	%	4.36	5.35	6.48	4.46	5.2	3.34	3.64	1.94	2.85	2.9
I	Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc	15.79	20.71	27.80	18.92		13.36	14.40	8.54	13.14	

Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28" Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C		1	2	3	4		
B'	SSD de la Muestra	gr	977.1	1029.7	1128.0	1145.6	NO SE EXECUTA
C'	Peso de la Muestra en Agua	gr	609.00	616.38	685.00	705.00	
E'	Volumen de la Muestra (B' - C')	cc	373.3	413.3	443.0	440.6	
J'	Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	4.1	2.6	2.4	9.1	
-	Saturación (100*J'/J)	%	26.0	12.6	8.6	48.1	
-	Hinchamiento (E' - E)*100/E	%	2.95	6.86	3.26	3.92	

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María		1	2	3	4		
I*	Espesor	cm	6.1	6.9	6.7	6.7	NO SE EXECUTA
B''	SSD de la Muestra	gr	975.80	1030.70	1136.00	1140.00	
C''	Peso de la Muestra en Agua	gr	604.03	629.24	705.00	706.00	
E''	Volumen (B'' - C'')	cc	371.8	401.5	431.0	440.0	
J''	Volumen de Agua de Absorción (B'' - A)	cc	2.8	3.6	10.4	3.5	
-	Saturación (100*J''/J)	%	17.7	17.4	37.4	18.5	
-	Hinchamiento (E'' - E)*100/E	%	2.46	3.55	0.45	3.63	

		1	2	3	4	Prom.	1	2	3	4	Prom.
-	Carga Máxima Kg	kg	320	330	320	360	377	383	260	290	
-	Carga Máxima N	N	3139.200	3237.300	3139.200	3531.600	3261.825	3698.370	3757.230	2590.600	2844.900
-	Fuerza Tensible KPA	kg/cm ²	3.29	3.00	2.99	3.37	3.16	4.06	4.19	2.44	2.69

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) = 94.541%

NOTA:
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.



Henry Rvadeneyra Oblitas
Henry Rvadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

MEZCLA MODIFICADA AL 5% CON CONCHAS DE ABANICO TRITURADO	
PORCENTAJE DE ASFALTO	4.9%
1.- PESO DEL FRASCO	575
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2555
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1696
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4106.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2410
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	859
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.8056

LABORATORIO DE ENSAYOS, GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo