



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una
mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORA:

Flores Barrios, Elvira Milagritos (ORCID: 0000-0002-4907-9608)

ASESOR:

Mg. Cerna Rondón, Luis Aníbal (ORCID: 0000-0001-7643-7848)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis padres Francisco Flores y Santos Barrios, gracias a su apoyo incondicional que me dan, sus consejos, por el esfuerzo que hacen para que pueda tener una carrera profesional. A mis hermanas por su apoyo que me dan. A mis abuelitos por sus consejos, cariño y fuerzas para así poder seguir adelante.

A mi hija, mi pequeño y mi esposo los cuales me incentivan a superarme y ser mejor persona y profesional.

A dios por guiarme por el buen camino y ayudarme para poder lograr mis metas y superar los obstáculos presentados en mi vida académica.

AGRADECIMIENTO

A dios por darme la fortaleza y la salud que me brinda cada día para culminar una de mis metas.

A todos mis familiares por el apoyo moral y económico los cuales se convierten en un pilar primordial en el transcurso de la carrera y mi vida.

A mis docentes de la escuela de ingeniería civil los cuales me formaron académicamente y colaboraron con el desarrollo de esta tesis.

A la universidad cesar vallejo por la oportunidad brindada para poder hacer realidad una de mis grandes metas ser ingeniera civil.

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	15
2.1. Diseño de Investigación.....	15
2.2. Operacionalización de las variables.....	17
2.3. Población y muestra.....	18
2.3.1. Población.....	18
2.3.2. Muestra.....	18
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	18
2.5. Métodos de análisis de datos.....	19
2.6. Aspectos éticos.....	19
III. RESULTADOS.....	20
3.1. Características de investigación.....	20
3.2. Recolección y Evaluación de componentes.....	20
3.3. Ensayos realizados a los agregados.....	20
3.4. Contenido óptimo de asfalto diseño teórico.....	28
3.5. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional.....	29
3.6. Diseño Marshall mezcla asfáltica modificada con residuos plásticos reciclados.....	41
3.7. Comparación estándar de las mezclas asfálticas.....	49
IV. DISCUSIÓN.....	53
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS.....	60

RESUMEN

Esta presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, el asfalto es uno de los materiales más antiguos usada para una mezcla asfáltica la que está compuesta por agregados minerales, aglomerados mediante un ligante asfáltico el cual se modifica y se agregó polímeros tipo 1, este mejora el comportamiento en altas y bajas temperaturas, es utilizada en carpetas delgadas y carpetas con elevados índices de tránsito, también en la elaboración de emulsiones que son utilizadas en tratamientos superficiales y dentro de este se encuentran los envases de aguas , gaseosas y botellas de todo tamaño, se realizaron ensayos de laboratorio a los agregados traídos de la cantera San Martín, provincia de Ascope, la Libertad; el tipo de investigación utilizada tiene un enfoque cuantitativo de nivel descriptivo con una finalidad tecnológica y temporalidad transversal, la población usada en esta investigación es de tipo experimental y elaborando muestras de acorde al diseño de laboratorio, en tal sentido la investigación no presenta una población específica y la muestra serian la elaboración de 18 briquetas con porcentajes de 5%, 5.5% y 6% de residuos plásticos en el volumen de las muestras, utilizando las normas dadas por el ministerio de transportes y comunicaciones, para el nivel internacional la norma AASHTO así como también el método Marshall para la determinación de estabilidad y flujo de las muestras, los cuales los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, como resultados se obtuvo una dosificación de 48% de agregado grueso, 50% de agregado fino y cemento asfáltico PEN 60/70 2%; se agregara los porcentajes de 5%, 5.5% y 6% que sustituiría en porcentaje al agregado fino lo cual se concluye con al agregarle residuos plásticos reciclados mejora su estabilidad y su flujo.

Palabras clave: mezcla asfáltica modificada, residuos plásticos reciclados, diseño Marshall, influencia.

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the influence of recycled plastic waste as modifiers of a hot asphalt mix, asphalt is one of the oldest materials used for an asphalt mixture that is composed of mineral aggregates, agglomerated by an asphalt binder which is modified and added type 1 polymers, this improves the behavior in high and low temperatures, is used in thin folders and folders with high transit rates, also in the preparation of emulsions that are used in surface treatments and within this There are containers of water, soft drinks and bottles of all sizes, laboratory tests were carried out on the aggregates brought from the San Martin quarry, Ascope province, La Libertad; the type of research used has a quantitative approach of a descriptive level with a technological purpose and transverse temporality, the population used in this research is experimental and elaborating samples according to the laboratory design, in this sense the research does not present a specific population and the sample would be the elaboration of 18 briquettes with percentages of 5%, 5.5% and 6% of plastic waste in the volume of the samples, using the norms given by the ministry of transport and communications, for the international standard the AASHTO norm. as well as the Marshall method for the determination of stability and flow of the samples, which the tests were carried out in the laboratory of the Cesar Vallejo University, as results were obtained a dosage of 48% of coarse aggregate, 50% of fine aggregate and Asphalt cement PEN 60/70 2%; will be added the percentages of 5%, 5.5% and 6% that would replace as a percentage The fine aggregate which is concluded by adding recycled plastic waste improves its stability and flow.

Keywords: modified asphalt mix, recycled plastic waste, Marshall design, influence.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación nos muestra la influencia de los residuos plásticos como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, pues es vital obtener nuevos diseños de mezclas que generen mayor resistencia a las deformaciones y mayor tiempo de vida útil, así se podrá contribuir con la reducción de costos de fabricación como de mantenimiento, es por ello que esta investigación tiene como fin diseñar una mezcla asfáltica en caliente respetando las normas vigentes, y al conocer el contenido óptimo del ligante modificar el diseño agregando cinco diferentes niveles (cantidad) de residuos plástico-reciclados, y seguidamente elaborar cuatro muestras por cada nivel, para que finalmente se sometan al ensayo Marshall y así determinar los índices de estabilidad y flujo que tiene la mezcla asfáltica modificada así realizar la comparación técnica y económica con una mezcla asfáltica en caliente convencional, teniendo la certeza que dicha modificación de la mezcla asfáltica en caliente con residuos plásticos reciclados presentara mejoras en los resultados del análisis ante la mezcla convencional.

Se analizó las propiedades y variaciones económicas entre un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y una mezcla asfáltica modificada en caliente utilizando residuos plásticos reciclados, mediante un cuadro comparativo que muestra la estabilidad y flujo de la mezcla.

Todos los países sin excepción ejecutan proyectos de inversión pública o privada en vías de comunicación, logrando desarrollar un Diseño de Pavimentos con una Mezcla Asfáltica que se adapte de acuerdo con la necesidad y condiciones geográficas de las comunidades, donde estos buscan reducir Costos de fabricación y minimizar el impacto ambiental.

Cuando hablamos de vías de comunicación, hablamos de pavimentos, y en consecuencia de Mezclas Asfálticas, en esta última podemos observar diversidad de Investigaciones realizadas por estudiantes de la especialidad u otras promovidas por las mismas Casas de Estudios Superiores a nivel internacional, como la colección de Libros de Investigación de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, donde una de sus publicaciones llamada Uso de Desechos Plásticos en mezclas asfálticas (2008), nos muestra el minucioso estudio realizado a los materiales que intervienen en la elaboración de pavimentos, como también

el mejoramiento de estos mediante el uso de desechos biodegradables como son el plástico y el caucho, logrando someter las mezclas asfálticas en caliente a ensayos de ahuellamiento, fatiga y cambios en el módulo dinámico, respetando las normas de la Asociación francesa de Normalización (Afnor) como también la norma Invías de Colombia, siendo en consecuencia la metodología para la caracterización de los materiales Análoga. Este Libro nos brinda información importante sobre la respuesta mecánica de la mezcla ante los materiales modificadores sometida a las cargas vehiculares.

En la revistas científicas Kuxulab', donde plasma las investigaciones periódicas cuatrimestrales (cada cuatro meses) de la "Universidad Juárez Autónoma de Tabasco", en una de sus más recientes publicaciones para el periodo Mayo-Agosto del 2017, nos muestra el tema Mezclas Asfálticas Una Alternativa para el tratamiento de Residuos, donde se hace referencia a la cultura social hacia los residuos en los continentes, como es caso de Europa donde se llevan a cabo prácticas de optimización y aprovechamiento (Ojeda, Lozano, Quintero, Whitty & Smith, 2008), a diferencia de América Latina donde se deja rezagado el "producción, reciclaje y tratamiento, como la habilidad final sanitaria y adecuada según la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental" (AIDIS, 2005), además dentro de la información mostrada en la revista, nos dice que Una Mezcla Asfáltica en frío que contiene 1, 2 y 3% de partículas de cauchos de neumáticos (1-3mm de diámetro), demuestra mejoras en sus propiedades de resistencia a la deformación de manera considerable al añadir 3% de caucho, también se menciona que el polipropileno mejora la resistencia a la fluidez, en cambio el Polietileno contribuye a la reducción de destrucción por fatiga (Vausudevan, Chandra, Sudarakannan & Velkennedy, 2012), logrando disminuir en un 10% la demanda de betún asfáltico y reducir los costos de elaboración de pavimentos (Kuxulab', 2017). Además, como conclusión la revista Kuxulab' escribe que los resultados para las Mezclas asfálticas sustentables muestran resultados satisfactorios en las pruebas de resistencia y durabilidad, y que existen otros residuos fuera de los mencionados que pueden dar los mismos o mejores resultados.

En España Podemos observar proyectos realizados por la unión de entidades

Públicas y Privadas como lo es Polymix; el cual está elaborado, ejecutado e inspeccionado por el consorcio formado por la Universidad de Catabria, Acciona Infraestructuras, VIAM y AIMPLAS (Instituto tecnológico del plástico), bajo el financiado del programa Life desde el año 2013 hasta el presente. Según la información que se muestra en el portal web oficial de AIMPLAS, se ha desarrollado un Diseño de Mezcla Asfáltica Modificada con Residuos Plásticos empleando la vía seca; logrando así implementar una planta para el proceso de mezclado entre los agregados, los residuos plásticos y la emulsión asfáltica. Llegando a utilizar el diseño en la pavimentación de un tramo de prueba de la Obra Acondicionamiento de Acceso a Alcalá de Henares en la comunidad de Madrid – España y entre otros más, así mismo de los ensayos de laboratorio se pudo verificar el aumento de la vida útil del pavimento gracias a un mejor comportamiento de sus características y propiedades como son la elasticidad y fatiga, con y sin la presencia de agua, logrando así disminuir las operaciones de mantenimiento. Aun en la actualidad el mismo equipo de trabajo sigue implementando mejoras para Polymix y desarrollando nuevos proyectos que contribuyan con el medio ambiente, buscando añadir otras opciones como es el caucho u otros insumos (Workshop Polymix, 2014).

El actual Ministro de Transporte y comunicaciones del Perú (MTC) Edmer Trujillo (2018) dio a conocer en una entrevista al diario El Peruano, que nuestro país hasta el 2021 tendrá la Red Vial Nacional pavimentada al 91.3%, estas cifras son alentadoras para nuestro país, pues está en vía de desarrollo, además, como parte del proceso el diseño de mezclas para los pavimentos juegan un papel fundamental, pues deben estar diseñados bajo las condiciones físicas y geográficas de las zonas donde se ejecutaran los proyectos, estos nos lleva a deducir que debemos aprovechar los recursos de cada Región.

En nuestro país se encuentran casas de estudio superiores prestigiosas a nivel de américa latina, las cuales no son ajenas a la investigación para el fortalecimiento de este tema, dentro de la búsqueda de antecedentes para la presente investigación no se encontró material Literal abundante que comparta a los residuos plásticos reciclados como principal agente modificante de una mezcla asfáltica, dentro de las pocas y la que más se ajustó a nuestra investigación fue la tesis “Comparación

técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017”, donde Silvestre nos muestra el análisis comparativo de una mezcla asfáltica tradicional y otra modificada con plástico reciclado, aplicando el método Marshall para la producción del diseño de mezcla convencional y siguiendo la normatividad vigente por la MTC, obteniendo el contenido óptimo de ligante, seguidamente modificar dicho diseño con cinco diferentes volúmenes de plástico, finalmente Silvestre elaboro sus muestras y las sometido al ensayo Marshall, obteniendo así los gráficos de flujo y estabilidad, que le sirvieron para determinar el índice de rigidez de la mezcla modificada, llegando así a obtener el mejor resultado de la mezcla modificada y realizarle una comparación técnica y económica ante una mezcla convencional.

La Libertad es una de las regiones más grandes de nuestro país, la tercera más poblada del Perú con 1'778,080 habitantes (Inei, 2017). La Gerencia General de la Libertad (2017) dio a conocer en una entrevista al portal web oficial del Gobierno Regional que el departamento de La Libertad cuenta con un 22% de sus carreteras asfaltadas y además que al finalizar el 2018 este debe aumentar a un 46% o 48%, cifras que demuestran que falta pavimentar gran parte de la red vial de la región, siendo importante precisar que todas las vías necesitaran un diseño que se adapte a la variada geografía de la región, en tal sentido el diseño de mezclas asfálticas a emplear necesita nuevas alternativas.

Aunque existan investigaciones en nuestra región sobre mezclas asfálticas en caliente, aún no se han desarrollado investigaciones que tengan a los residuos plásticos reciclados como principales agentes de modificación en una mezcla asfáltica, lo cual nos motiva para realizar una investigación que servirá como fuente para próximas investigaciones que buscarán fortalecer el tema desarrollado. La región necesita nuevos diseños que generen mejores resultados y que además disminuyan los costos de fabricación y a largo plazo disminuyan los costos de mantenimiento a consecuencia de un mayor tiempo de vida útil.

Nuestra región se encuentra geográficamente entre la costa y la sierra de nuestro país, generando así una diversidad de condiciones a las que las mezclas asfálticas serán sometidas, de esta manera el aprovechamiento de los recursos de las zonas

como son para nuestro caso los residuos plásticos reciclados debido a la alta demanda de consumidores que existe en nuestra región (por ser la tercera ciudad más poblada del país), pueden contribuir con los objetivos planteados para esta y otras investigaciones.

Cerdas (2014), en Costa Rica realizó una investigación para “La Unidad de Materiales y Pavimentos del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)”, denominada Caracterización de pavimento asfáltico reciclado en el laboratorio, donde nos muestra la factibilidad del re-uso de una mezcla asfáltica como parte de un nuevo diseño de mezcla. A consecuencia que la mezcla asfáltica reciclada no se usó porque sus proporciones se vieron alteradas, o se haya dejado endurecer, entre otros factores; la definió como Material de pavimento recuperado y procesado el cual contiene cemento asfáltico y agregados pétreos. Como parte de su Metodología de diseño empleó SUPERPAVE, realizando una comparación entre la mezcla tradicional y la modificada con mezcla asfáltica reciclada, presentando así aspectos económicos, energéticos y técnicos en dicho análisis; concluyendo de tal forma las propiedades mecánicas de la mezcla no serán afectadas, presentando el ahorro de materiales para su elaboración y por ende reducción de costos de fabricación en el nuevo diseño de mezcla.

Mejía & Sierra (2017), en su tesis titulada “Estado del arte de mezclas asfálticas modificadas en los últimos 10 años: Caso Universidades de Bogotá”; tuvo un objetivo: “identificar las investigaciones realizadas de variaciones de asfalto en las universidades de Bogotá, durante los 10 últimos años”. En dicha indagación se examinaron materiales parecidos para determinar las mejoras de cada aditivo, así también posibles suministros del pavimento. Ensayos realizados son resistencia disminución de los agregados de tamaños menos a 37.5 mm, resistencia a la disminución de los agregados gruesos de tamaño mayor de 19 mm por abrasión e impacto, ensayo de durabilidad de los materiales asfálticos, ensayo de determinación de la viscosidad del asfalto empleado en viscosímetro rotacional. El resultado obtenido de la correlación cemento asfáltico % vs. E/F(Kg/mm). El resultado de estabilidad/flujo es de 1,169.01.

Villegas et al (2018), en Costa Rica realizó una investigación para “La Unidad de

Materiales y Pavimentos del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)”, denominada “Diseño de mezcla asfáltica con materiales de desecho”, donde nos muestra la evaluación de las propiedades de los modificadores mediante análisis físico-químico, y el desempeño de los modificadores en la mezcla mediante ensayos de deformación y fatiga (DSR), para el proceso de homogeneización de los residuos seleccionados para el estudio como bolsas de polietileno, polipropileno y parachoques de vehículos empleó el método de Microscopía de fuerza Atómica (AFM), Villegas concluye que se pudo determinar cuantitativamente el aporte positivo al comportamiento de la mezcla asfáltica como la resistencia a la deformación y deterioro por humedad, además nos dice que el aporte ante la fatiga no fue significativo y los modificantes no afectaron de manera negativa el diseño de la mezcla.

Romero et al (2014) en su tesis “Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con letra pak, alambre de neumáticos fuera de uso y limadura metálica reciclados con logante asfáltico ac-20”, realizada en la “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”, Romero brinda una opción al uso de materiales reciclados para ser modificantes de las mezclas asfálticas como los que son motivo del título del artículo, además nos especifica su composición, dosificación, ventajas y desventajas frente a otros polímeros ya existentes, Romero et al aplica el método Marshall y nos brinda un análisis respetando la norma ASTM para los ensayos de determinación de los agregados como también para establecer las características físico-mecánicas, concluyendo que los materiales como el tetra pak y las limaduras metálicas no son recomendables para el uso en pavimentos de tránsito pesado, ya que las mezclas modificadas por tales polímeros cuentan con una reducción de porcentajes de vacíos de aire, y por ende disminución de su estabilidad, es decir se volvieron más frágiles, finalmente nos dice que los resultados más favorables fueron para los alambres de neumáticos, siendo sus propiedades superiores ante una mezcla asfáltica convencional.

Silvestre (2017), en su tesis titulada “comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y modificadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima2017”. El cual tuvo como objetivo “evaluar las diferencias técnicas y económicas de un asfalto modificado con el plástico reciclado ante uno

convencional”, Silvestre aplico la Norma MAC de PROVIAS para determinar la granulometría, durabilidad, abrasión, absorción, índice de plasticidad para los agregados, además utilizo el método Marshall para el diseño de Mezcla, logrando concluir que la mezcla modificada presenta mejoras en su rigidez y resistencia ante deformaciones permanentes, como también en el precio por M3 de la mezcla de asfalto, esta es más económica que la convencional.

Dávalos (2017), en su Tesis “Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: poliestireno expandido”, ha tenido como finalidad optimizar sus propiedades de las mezclas asfálticas al incorporar perlas de Poliestireno Propagado Reciclado, aumentando la durabilidad que puede tener los pavimentos asfálticos proporcionando la iniciativa de reciclar que no son biodegradables como el Poliestireno Expandido Reciclado, usando el método Marshall.

Mezclas asfálticas en caliente

Este es el tipo más común la cual es definido como una mezcla de asfalto caliente: es la mezcla de un aglutinante de hidrocarburo, agregados, incluso un polvo mineral y aditivos. La producción implica calentar el aglutinante y agregados, también polvo de relleno mineral, la cual tiene que estar a una temperatura que tiene que hacer mucho mayor que la temperatura ambiente.

Agregados minerales finos

Esta tendrá que cumplir con los requisitos que están en la tabla N° 410-3.

Cuadro 2 Exigencias que deben de tener los Agregados Finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 209	Según tabla 410-5	
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	Según tabla 410-6	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.

Fuente: Manual de Carreteras EG - 2013

Esta tendrá que cumplir con los requisitos que están en la tabla N° 410-3.

Cuadro 2 Exigencias que deben de tener los Agregados Finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 209	Según tabla 410-5	
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	Según tabla 410-6	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.

Fuente: Manual de Carreteras EG - 2013

Cuadro 3 Obligaciones para las Caras que tienen Fracturas.

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	65/40	50/30
> 3 – 30	85/50	60/40
> 30	100/80	90/70

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

Nota: la notación 85/80 nos muestra al 85% del agregado grueso tiene cuanto menos una cara fracturada y que el 80% posee dos caras fracturadas.

Cuadro 4 Requerimiento del total de Arena.

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Porcentaje de Equivalente Arena (mínimo)
≤ 3	45
> 3 – 30	50
> 30	55

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

Cuadro 5 Angularidad que debe de tener el Agregado Fino.

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	30 mín.	30mín.
> 3 – 30	40 mín.	40 mín.
> 30	40 mín.	40 mín.

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013. Gradación

Los adheridos pedregosos tienen que ser gradados para así poder producir mezclas asfálticas en caliente podrán ser establecido por el contratista y posteriormente admitirlo el supervisor.

Los agregados tienen que tener los requisitos de calidad establecidos en el punto (a) y (b), el material para realizar la mezcla estará libre de arcilla, o máximo tendrá que ser el 1% de partículas inconsistentes como ensayo MTC E 212.

Mezcla Asfáltica Normal (MAC).

El material deberá tener los siguientes usos granulométricos.

Cuadro 6 Usos granulométricos.

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80-100	100	-
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	-
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N° 10)	29-45	38-52	43-61
425 mm (N° 40)	14-25	17-28	16-29
180 mm (N° 80)	8-17	8-17	9-19
75 mm (N° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013.

Ensayos para mezcla asfáltica

Cuadro 7 Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo
1. Agregado	Granulometría	MTC E 204
	Plasticidad	MTC E 110
	Partículas Fracturadas	MTC E 210
	Equivalente arena	MTC E 114
	Angularidad del agregado fino	MTC 222
	Perdida en sulfato de sodio	MTC E 209
	Contenido de Asfalto	MTC E 502
2. Mezcla Asfáltica	Granulometría	
	Ensayo Marshall	MTC E 504
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510
	Espesor	MTC E 507
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

Características y comportamiento de las mezclas de asfalto:

Es un prototipo de mezclas de pavimentación hechas en laboratorio y probadas para hacer viable la estructura del pavimento. Está dirigido a tres características

Densidad de la mezcla

La mezcla es compactada y expresada en kg/m³ y es obtenida al multiplicar la gravedad total de la mezcla por la densidad del agua, siendo convertido en la densidad patrón y la cual se usa para determinar la densidad que tiene el pavimento terminado.

Vacíos de aire o simplemente vacío

Son espacios que contienen aire entre los agregados de la mezcla, que puedan permitir algunas compactaciones adicionales por bajo tráfico, el porcentaje permitido es 3% y 5%.

Vacíos en el agregado mineral (VMA)

Espacios entre partículas agradas a una mezcla compactada de pavimento que contiene espacios llenos de asfalto. Los valores mínimos de VMA son recomendados para el tamaño de los agregados, cuando es más gruesa el asfalto sobre más partículas y es más durable más mezcla.

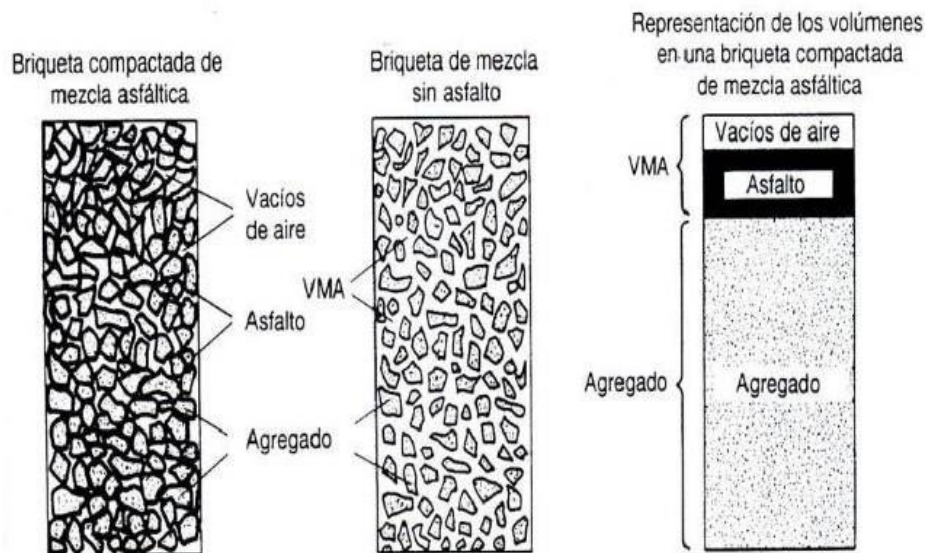


Figura 1 Probeta de mezcla compactada que muestra la cantidad de vacíos.

Tamaño Máximo en mm		VMA mínimo, por ciento		
Porcentaje		Vacíos de Diseño, por ciento		
mm	pulg.	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.3	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 4	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2	13.0	14.0	15.0
19.0	3/4	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0
50	2.0	9.5	10.5	11.5
63	2.5	9.0	10.0	11.0

Figura 2 Contenido de vacíos en el agregado mineral.

Contenido de asfalto

Es una mezcla significativa y se determina en laboratorio y se inspecciona con exactitud en una obra.

El contenido óptimo es de acuerdo a como es los materiales como granulometría y capacidad de absorción. Las mezclas de mayor espesor necesitan menos asfalto ya que tienen menor área superficial total.

Por otra parte, cuando se tiene mayor relleno mineral que es agregado que pasa la malla N° 200 puede absorber gran parte el contenido de asfalto el cual el resultado es una mezcla inestable y seca, es todo lo contrario cuando se tiene menor relleno mineral la mezcla es húmeda.

El contenido de filtración que tiene usado es significativo así saber el contenido

exacto de un asfalto. El añadir suficiente asfalto a una mezcla, permite una buena absorción.

El contenido total del asfalto es el total que se agrega a una mezcla y el contenido efectivo asfáltico es la cantidad de asfalto que no ha sido impregnado por el agregado; se consigue al sustraer lo que se ha absorbido de asfalto del contenido total.

Propiedades de análisis de una mezcla de asfalto:

Estabilidad

El pavimento puede resistir bajo cargas periódicas. La estabilidad dependerá de la cohesión y de la fricción interna.

Flujo

Su medida es en centésima de la pulgada y simboliza la deformación de la briqueta.

Diseño de la mezcla de asfalto

The Hubbard-Field (1920), “Este método de diseño de mezclas asfálticas fue uno de los iniciales métodos que se utilizó para evaluar el contenido de vacíos de las mezclas y aglomerados minerales”. El cual usó la estabilidad como un experimento para así medir la deformación. Funciona bien se puede valorar pequeños agregados o mezclas de tamaños de partículas finas, pero no es adecuado para mezclas con mediciones de tamaño de partículas que involucran grandes agregados.

Método Marshall (1930), “Método de diseño de mezcla asfáltica, es el segundo desarrollado”. Era apropiado para poder usarlos en las carreteras después de la Primera Guerra Mundial. Fundamentalmente, usa la estabilidad y el porcentaje de vacío como evidencia. Excepto que cambian las especificaciones, este método aun no en modificado a partir la década de 1940.

Diseño Marshall:

Este diseño es perfeccionado por “Bruce Marshall”, un ingeniero de bitumenes en la carretera estatal de Mississippi.

La investigación inicio en 1943 en conjunto con el cuerpo del Ejército de los EE. UU. Con el fin de poder desarrollar un método más simple el cual se evaluó y confrontó unos métodos para diseñar y disponer mezclas de asfalto.

El equipo de ingenieros realizar el método de Marshall para diseñar y controlar la

mezcla bituminosa en campo esto mayormente tiene el uso de equipos portátiles el cual desarrollo los criterios de diseño mixto después de mejorar el procedimiento Marshall Test y agregar detalles adicionales.

El “Método Marshall” solamente es empleada en mezclas asfálticas en caliente y se utilice cemento de asfalto, que tengan agregados con viscosidad de un tamaño de 25 mm aproximadamente.

Con este procedimiento se realizan probetas de espesor de 64mm por un diámetro de 103mm, el cual se prepara una serie de muestras el cual se realiza con el mismo agregado pero diferente tipo de asfalto el cual se utiliza diferentes instrucciones para compactar y calentar la mezcla de asfalto hay dos de los datos más significativos: la densidad de poros y la prueba del flujo de estabilidad de la muestra comprimida.

Asfalto Modificado

Es el resultado de la incorporación que se le hace a un asfalto que puede ser un polímero o también caucho reciclado que son resistentes al cambio de temperatura y al tiempo, que se agrega para poder cambiar y mejorar las propiedades geológicas y físicas para poder reducir la susceptibilidad a la temperatura y humedad, como puede ser la oxidación.

Cabe resaltar que el material modificante se usa directamente al material asfáltico, posteriormente a que se mezcle con el material pétreo.

Reciclaje de plásticos

Es un proceso en el cual es la recolección y la recuperación de desechos de plástico con el fin de reutilizarlos como materia prima para así poder fabricar nuevos y diferentes productos de tal manera poder contribuir con la mejora del medio ambiente.

Aplicación de los plásticos reciclados en las mezclas asfálticas

El plástico reciclado, se puede agregar en las mezclas asfálticas mediante dos métodos diferentes los cuales pueden ser Proceso por Vía Húmeda y Proceso por vía seca.

En el proceso por vía Húmeda, el plástico reciclado funcional modificando el cemento de asfalto y el plástico se utiliza como una fracción de agregado.

Polímero tipo I

Este tipo mejora el comportamiento en altas y bajas temperaturas, es utilizada en

carpetas delgadas y carpetas con elevados índices de tránsito y vehículos pesados en climas cálidos y fríos, también en la elaboración de emulsiones que son utilizadas en tratamientos superficiales.

Formulación del Problema

¿En qué medida Influye los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo?

Justificación

La actual investigación se está realizando con el fin de contribuir con el conocimiento existente sobre la influencia del uso de plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, donde los resultados formaran parte de las nuevas propuestas para la línea de investigación de diseño de infraestructura vial, ya que se demostraría la resistencia ante deformaciones de una mezcla asfáltica modificada.

Esta Investigación da a conocer la influencia del plástico reciclado al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente después obtener los resultados positivos de los análisis de diseño de Mezcla según las normas AASHTO, MTC y 410.A PROVIAS y también después de haberla sometida al ensayo Marshall, así tendríamos la comparación de resistencia ante deformaciones y los costos de fabricación ante una mezcla asfáltica convencional.

Esta investigación, se desarrolla a consecuencia de que es necesario mejorar la resistencia las deformaciones de las mezclas asfálticas en caliente y porque es necesario reducir los costos de fabricación, ya sea para implementarlos en nuevos proyectos de pavimentación o en mantenimiento de carreteras.

Hipótesis

Al añadir residuos plásticos reciclados a la mezcla asfáltica en caliente, esta presenta mejoras en sus índices de estabilidad y flujo, generando reducción de costos de fabricación en comparación a una mezcla asfáltica en caliente convencional.

Objetivo General

Evaluar la influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo.

Objetivos Específicos

Diseñar una mezcla asfáltica en caliente aplicando las normas AASHTO, MTC, 410.A PROVIAS y el método Marshall.

Determinar 3 diseños de mezclas asfálticas modificadas en caliente, añadiendo en su proporción de volumen contenido de residuos plásticos reciclados.

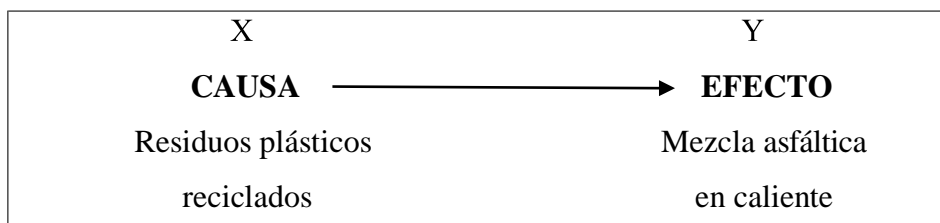
Elaborar 27 muestras y someterlas al ensayo Marshall, para determinar la influencia de los residuos plástico-reciclados en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada en caliente.

Analizar las variaciones físicas entre un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y una mezcla asfáltica en caliente modificada con residuos plásticos reciclados, empleando un cuadro comparativo que muestra los índices de estabilidad y flujo.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

Para la actual investigación utilizaremos el diseño experimental ya que se manipulará la variable dependiente para analizar su efecto sobre la variable independiente mediante situaciones controladas, tal como se muestra en el siguiente esquema:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3 diseño de investigación

Según Sampieri (2006), sostiene una investigación experimental realiza la manipulación de las variables a fin de analizar sus efectos; en la presente investigación someteremos a las muestras fabricadas al ensayo Marshall después de modificar el diseño de mezcla asfáltica en caliente con residuos plásticos

reciclados, de esta manera obtener los resultados y conocer los índices de estabilidad y flujo que nos permitirá conocer la cual es la resistencia de la mezcla asfáltica modificada y finalmente comparar los costos de fabricación ante una mezcla convencional.

2.2. Operacionalización de las variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente Residuos plásticos reciclados	Polímeros ligeros y resistentes a la degradación, desechados al cumplir su uso principal, empleados para elaborar nuevos productos (Silvestre, 2017)	Se elaborará un diseño de mezcla asfáltica con la normatividad vigente, donde se determinará el óptimo contenido del ligante hidrocarbonado, y en función de ello se definirá el porcentaje de residuos plásticos reciclados que modificará en cinco niveles la proporción en volumen de la mezcla asfáltica en caliente, y que servirá para la elaboración de cuatro briquetas por nivel.	-	SI INFLUYE	NOMINAL
				NO INFLUYE	NOMINAL
Variable Dependiente Mezcla asfáltica en caliente	Combinación de un ligante hidrocarbonado y agregados minerales pétreos, empleado en capas de rodadura o capas inferiores de pavimentos. Sus propiedades son afectadas directamente por los agregados empleados en su elaboración, además, para su fabricación implican calentar el aglomerado y para su puesta en obra necesitan una temperatura mayor a la del ambiente (Yepes, 2014)	Se aplicará el ensayo Marshall a las muestras para determinar la resistencia a la deformación plástica dinámica mediante la medida del flujo y la estabilidad de una Mezcla Asfáltica en caliente convencional y una Mezcla asfáltica modificada con residuos plásticos reciclados.	Flujo	mm	RAZÓN
			Estabilidad	Kg	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La actual Investigación es del tipo experimental y la manera de cumplir con nuestro objetivo es elaborando muestras de acorde a nuestro diseño de laboratorio, en tal sentido nuestra investigación no presenta una población específica, siendo el lugar donde se elaborarán las muestras los laboratorios de la Universidad Cesar Vallejo.

2.3.2. Muestra

El total de muestras fue determinado por la apreciación y asesoramiento de especialistas del rubro, siendo estas veintisiete muestras, distribuidas de la siguiente manera: se elaborarán seis briquetas por cada nivel establecido por contenido de residuos plásticos, siendo tres el número de niveles, tal y como se muestra en el cuadro 8:

Cuadro 8 Cantidad de Muestras

N° De Nivel	a) CONTENIDO DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN EL VOLÚMEN DE LA MUESTRA (agregado fino)	b) N° DE MUESTRAS Con diseño base	c) N° DE MUESTRAS Con diseño Modificado afectados por (a)
1	y5%	2	6
2	y5.5%	2	6
3	y6%	2	6

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

Para el realizar esta investigación aplicaremos las técnicas: Como principal técnica la recaudación de datos emplearemos la observación, es preciso mencionar el procedimientos para obtener los resultados que determinaran la influencia de los residuos plásticos reciclados en una mezcla asfáltica en caliente están normados en nuestro país por el MTC y en el nivel internacional por la norma AASHTO, además dichos ensayos se ejecutaran en los laboratorios de la Universidad Cesar Vallejo filial Trujillo, donde la información recolectada y los equipos de medición estarán asesoradas,

verificados y validados por el ingeniero encargado del laboratorio.

2.5. Métodos de análisis de datos

Para verificar estos resultados que muestran la influencia de los residuos plásticos en una mezcla asfáltica en caliente y analizar las diferencias entre la mezcla tradicional y la mezcla modificada, emplearemos gráficos de barras y un cuadro comparativo.

2.6. Aspectos éticos

En esta averiguación mantendrá los principios éticos en cada paso de su elaboración y desarrollo, citando a los autores con los respectivos logros que formaron parte de la información consultada , además con respecto al formato de redacción se ha mantenido el formato solicitado por la Universidad Cesar Vallejo filial Trujillo, manteniendo la originalidad y estilo de los autores, descartando la copia de algún modelo externo, así mismo se mantendrá los resultados tal como son obtenidos de los ensayos laboratorio, sean o no sean favorables para los fines esperados, pues estamos convencidos que en una investigación nunca se pierde, al contrario siempre se obtiene más conocimiento.

III. RESULTADOS

3.1. Características de investigación

Para la realización del diseño de la m. a. en caliente es usado “Método Marshall”, los agregados finos y gruesos fueron adquiridos de la cantera San Martín, (Chicama, Ascope, La Libertad).

3.2. Recolección y Evaluación de componentes

La deliberación de la piedra chancada y de los agregados fue facilitada por la EG- 2013 MTC en la cual especifica que los agregados deben tener una naturaleza tal que al momento de usarlo en la base esta no se dañe fácilmente con el trabajo del tránsito también del agua. Por lo que la EG-2013 MTC nos recomienda que el agregado grueso debe de estar limpio de limos.

3.3. Ensayos realizados a los agregados

3.3.1. Análisis granulométrico

Dicho ensayo fue realizado en concordancia a lo señalado por el MTC E 204, el que tiene por objetivo el trazado de la curva granulométrica, el tamizado y peso de los porcentajes de material que pasan en cada malla los cuales se usaran para ver si el material cumple con la repartición del tamaño de partículas, el agregado fino tendrá alrededor de 300 gr.

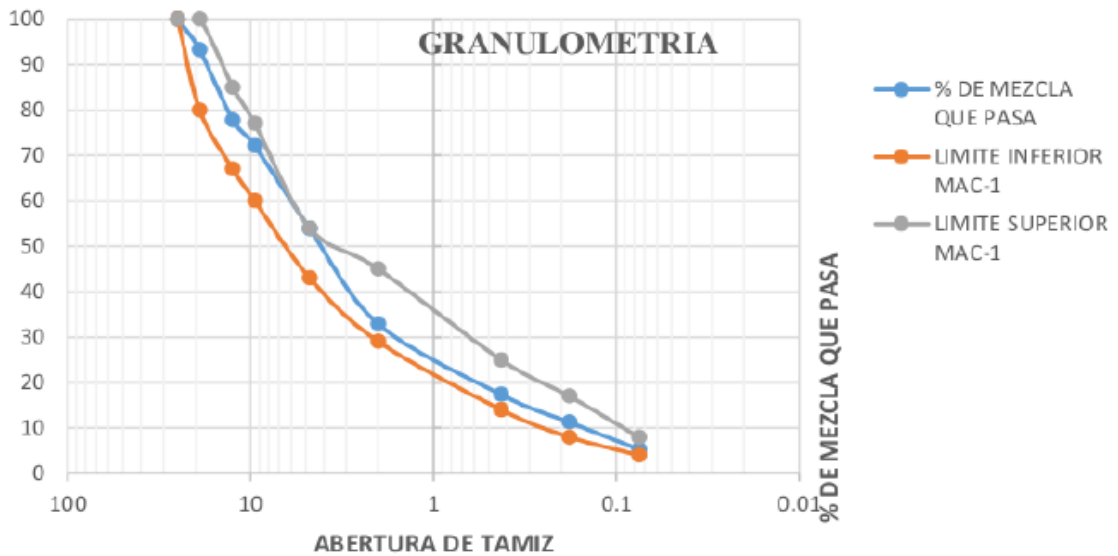
Cuadro 11 Porcentajes que pasan de los agregados finos y gruesos.

TAMIZ N°	ABERTURA mm	AG. GRUESO % QUE PASA	AG. FINO % QUE PASA	MEZCLA % PASA	ESPECIFICACIONES GRADACIÓN MAC - 1	
(1")	25	100.00	100.00	100.00	100	100
(3/4")	19	79.26	100.00	93.22	80	100
(1/2")	12.5	49.58	100.00	77.78	67	85
(3/8")	9.5	38.68	100.00	72.11	60	77
(N°4)	4.75	3.64	100.00	53.89	43	54
(N°10)	2	0.00	63.24	32.88	29	45
(N°40)	0.425	0.00	33.40	17.37	14	25
(N°80)	0.18	0.00	21.71	11.29	8	17
0.00	0.075		10.25	5.33	84	

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

En el cuadro 11, nos da a conocer el análisis granulométrico del agregado grueso y agregado fino, elaborado con el material el cual consecutivamente se diseñará la mezcla; además el porcentaje de la mezcla proveniente de la unión de ambos agregados el cual se verá que cumpla con la Gradación de Mezcla Asfáltica MAC -1.

Figura 4 Curva granulométrica del agregado fino y grueso con relación a los límites del MAC-1.



Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

En concordancia con la figura 4, los agregados que se utilizaron en la m. a. están dentro de los límites que se encuentran especificado por el MTC EG-2013 y el MAC-1.

3.3.2. Peso específico y absorción agregado grueso

Se procedió a realizar un cuarteo y se seca por un tiempo no mayor a tres horas a $105 \pm 5^\circ \text{C}$. se sumergió en agua por 24 horas, así se estableció el peso saturado y después se secó en el horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ por un tiempo de 3 horas para obtener el peso seco final. En este ensayo se utilizó el MTC E 206.

Cuadro 12 Resultado de ensayo de peso específico y absorción agregado grueso.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	ENSAYO 01	ENSAYO 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2020.10	2026.00
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2045.50	2051.00
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1270.40	1275.60
peso específico de masa (Pem)	2.61	2.61
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.64	2.65
Peso específico aparente (Pea)	2.69	2.70
Absorción (%)	1.26	1.23
PESO ESPECIFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.61	
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.64	
PESO ESPECIFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.70	
ABSORCION PROMEDIO (%)	1.25	

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

En el cuadro 12 contiene los datos logrados en laboratorio se obtuvo una absorción de 1.25 % en el agregado grueso.

3.3.3. Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio)

De acuerdo a los ensayos elaborados se lograron los resultados siguiendo

los parámetros correspondientes según MTC E 209.

Cuadro 13 Resultados Durabilidad al sulfato de sodio realizados al agregado grueso.

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN SOLUCIÓN DE SO ₄ Mg						
FRACCIÓN		1	2	3	4	5
T. de mallas		Gradación Original %	Peso de la Fracción antes del ensayo (gr)	Peso Retenido desp. Del Ensayo	Pérdida Total (%)	% de Pérdidas corregidas
Pasa	Ret.					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	48.92	450.3	448.9	0.31	0.89
3/4"	1/2"	37.78	347.8	335.2	3.62	0.78
1/2"	3/8"	9.48	87.3	83.6	4.24	0.26
3/8"	Nº4	3.81	35.1	34.2	2.56	0.05
TOTALES		100.00	920.50	901.90		1.98

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

El ensayo se realizó en concordancia con la MTC E 209 y se consiguió un porcentaje de durabilidad de 1.98% del agregado grueso; para el agregado fino se logró un 2.37% según cuadro 17. El MTC EG-2013 donde establece los valores máximos de deterioro de los agregados con relación de la a.s.n.m.

3.3.4. Porcentaje de caras fracturadas agregado grueso

Se realizó en concordancia con la MTC E 210, seleccionado muestra del agregado, según tamaño máximo nominal. Los materiales, equipos utilizados fueron seleccionados según aprendices.

Cuadro 14 Resultado Caras fracturadas

Tamices		Peso total retenido en mallas (A)	Peso de Material (B)	% de caras fracturadas (C=B/A*100)	Escala original % (D)	% de caras fracturadas (E= C*D)
Pasa	Retiene		1 a más	1 más		1
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	398.7	382.8	96.01	28.1	26.98
3/4"	1/2"	812.5	803.2	98.86	44.4	43.89
1/2"	3/8"	288.87	281.7	97.52	27.5	26.82
TOTAL		1500.07	1467.70	292.39	100	97.69
% de caras fracturadas de 1 a más:						97.69

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

Cuadro 15 Resultado Caras fracturadas.

Tamices		Peso total retenido en mallas (A)	Peso de material (B)	% de caras fracturadas (C=B/A*100)	Escala original % (D)	% de caras fracturadas (E= C*D)
Pasa	Retiene		1 más	2 más		2
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	398.7	361.2	90.59	28.1	25.46
3/4"	1/2"	812.5	792.6	97.55	44.4	43.31
1/2"	3/8"	288.87	253.5	87.76	27.5	24.13
TOTAL		1500.07	1407.3	275.90	100	92.90
% de caras fracturadas de 2 a más:						92.90

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

En los cuadros 14 Y 15 se simboliza las consecuencias del ensayo de caras fracturadas, se evaluó para una cara fracturada a más y 2 caras fracturadas a más, adquiriendo el resultado 97.69% y 92.90% respectivamente.

3.3.5. Sales solubles totales agregado grueso y fino

El presente ensayo consistió en colocar el agregado una solución de cloruro de sodio, con el fin de conocer la total de sales que presenta el agregado. El monto de la muestra ha sido seleccionado en concordancia con el cuadro, así como materiales, insumos e equipos y procedimientos para el ensayo.

Cuadro 16 Resultado ensayo sales solubles.

AGREGADO GRUESO	M-1
a. peso de muestra seca	500
b. líquidos sobrenadantes matraz aforado	500
c. volumen alícuota	80
d. alícuota cristalizada	0.08
% de sales solubles	0.10

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

Cuadro 17 Resultado ensayo sales solubles.

AGREGADO FINO	M-2
a. peso de muestra seca	100
b. líquidos sobrenadantes matraz aforado	500
c. volumen alícuota	80
d. alícuota cristalizada	0.02
% de sales solubles	0.13

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

De acuerdo a los cuadros 16 y 17 están los resultados del ensayo, dando un 0.10% para el agregado grueso y un 0.13% para el agregado fino; cotejando valores se considera que el material utilizado si es apropiado.

3.3.6. Partículas chatas y alargadas

De acuerdo al manual del MTC, todo agregado poseera un máximo de 10% de partículas chatas y alargadas. El tamaño de la muestra se ha realizado de acuerdo al cuadro, donde se ha considerado el tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", los materiales, proceso y el equipo es de acuerdo al manual MTC E 223.

Todo ensayo efectuara un parámetro dados por la DG-2013, porque se establece el total de partículas chatas y alargadas, si hubiera demasiada mezcla no consiga el compacto esperado.

Cuadro 18 Máximo porcentaje de partículas alargadas y chatas.

TAMIZ	GRADACIÓN ORIGINAL	PORCENTAJE RETENIDO	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	% PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	% DE CHATAS Y ALARGADAS
	D	A	B	$C = B/A * 100$	$E = C * D / 100$
1" - 3/4"	25.70	852.30	14.30	1.68	0.43
3/4" - 1/2"	45.60	1230.50	24.50	1.99	0.91
1/2" - 3/8"	28.70	745.70	11.80	1.58	0.45
TOTAL	100	2828.50			1.79

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

Según el cuadro 18, muestra el porcentaje de partículas chalas alargadas de 1.79%, lo que es óptimo el material porque facilitara la unión y el

compactado.

3.3.7. Índice de plasticidad (malla N° 40 y 200)

Se realizó el ensayo a los agregados que sobrepasan la malla 40 y 200, de acuerdo al MTC E 111. La muestra estuvo en función del límite plástico (LP), se tomó 20gr de la muestra lo que ha pasado el tamiz 40; se mezcla con agua destilada hasta que se forme una esfera, tomando la cantidad de 1,5 a 2,0 gr.

Cuadro 19 Resultado índice de plasticidad.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2
Ensayos	3	4	3		
N° de golpes	3	4	3		
Código de tara	MF-1	MF-2	MF-3	MF-A	MF-B
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	20.51	21.32	20.56	15.34	15.75
Peso de tara + suelo seco (gr)	20.51	21.32	20.56	15.34	15.75
Peso de agua (gr)	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (gr)	10.85	10.83	10.72	10.98	10.64
Peso de suelo seco (gr)	9.66	10.49	9.84	4.36	5.11
Contenido de humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP
IP = LL - LP					
IP: índice plástico del material (%)	LL: Límite líquido del material obtenido (%)			LP: Límite plástico del material obtenido (%)	
	LL:	NP	LP:	NP	
		IP:	NP		

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

Según el cuadro 32, el material utilizado en el ensayo no muestra el límite líquido y de plástico, cumplimiento con lo dado en el cuadro 31, de acuerdo al EG-2013.

3.3.8. Equivalente de arena

El ensayo se realizó con una muestra de 1500 gr, el cual pasa el tamiz N°4 de acuerdo al manual MTC E 114, donde se respetó las situaciones de los equipos y cantidades de los materiales con el fin de obtener mejores resultados. El ensayo cumplió con lo dictado por el DG-2013, para material arcilloso, agregados finos y polvo en suelos granulares.

Cuadro 20 Resultado equivalente de arena.

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3
Inicio del periodo de humedecimiento	M	09:30:00	09:43:00	09:56:00
Fin del periodo humedecimiento (M+ 10)	1	09:40:00	09:53:00	10:06:00
Inicio del periodo de sedimentación	N	10:20:00	10:32:00	10:45:00
Fin del periodo sedimentación (N + 20)	2	10:30:00	10:42:00	10:55:00
Altura de arcilla (cm)	X	12.6	12.1	12.7
Altura de arena (cm)	Y	11.5	11.1	11.9
Equivalente de arena (Y/X)*100	5	91	92	94
Promedio de equivalente de arena %	6	92.24	=	92

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo
se muestra el porcentaje obtenido del equivalente de la muestra tomada para el ensayo, se tuvo un 92%, lo cual cumple con lo requerido.

3.3.9. Gravedad específica y absorción del agregado fino

El material usado el agregado fino se consiguió de cuartearlo y secarlo en el horno de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. la muestra de 1kg, se puso en un frasco 500 gr y se llenó con agua hasta 500 cm³, se eliminó los vacíos con baño maría, luego reposo hasta llegar a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, posteriormente se pesó.

Cuadro 21 Resultado Absorción y gravedad específica.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE A° F°	ENSAYO 01	ENSAYO 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	492.98	493.50
B= Peso de la fiola, aforada llena de agua (g)	641.70	641.80
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	952.70	951.40
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
peso específico de masa (Pem)	2.61	2.59
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.65	2.63
Peso específico aparente (Pea)	2.71	2.68
Absorción (%)	1.42	1.32
PESO ESPECIFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.60	
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.64	
PESO ESPECIFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.70	
ABSORCION PROMEDIO (%)	1.37	

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo
Se obtuvieron resultado de acuerdo al MRC E 205 que está en el cuadro 36, donde la absorción fue de 1.37% y el agregado fino se pudo utilizar sin inconvenientes, siendo que el 0.5% de absorción es lo máximo para

altitudes menores o mayores a 3000 msnm.

3.3.10. Angularidad del agregado fino

Para esto se utilizo es la misma que se usó para la producción de la mezcla de asfalto, donde se usó los tamices 8 y 200, los procedimientos y equipos están de acuerdo al MTC E 222.

Cuadro 22 Resultado de ensayo de angularidad.

ANGULARIDAD DE AGREGADO FINO METODO C					
DATOS		UND	M1	M2	M3
V	Volumen del cilindro	cm ³	102.73	102.73	102.73
Geb	Gravedad específica bruta	(gr/cm ³)	2.58	2.58	2.58
W	Peso de la muestra que llena el cilindro	gr	140.7	140.57	140.38
A°	$(V-(W/Geb))/V*100$	%	46.91	46.96	47.04

Fuente: laboratorio de la Universidad César Vallejo

3.4. Contenido óptimo de asfalto diseño teórico

Utilizando el presente método se obtendrá los porcentajes óptimos del asfalto, con relación a la granulometría y absorción del asfalto.

$$\%CA = 0.032a + 0.045b + kc + K$$

Donde:

CA= % optimo teórico de cemento asfáltico

a = % retenido en la malla 2.36 mm (N° 10)

b = % que pasa 2.36 mm (N° 10) y retenido en la malla 0.074 mm (N° 200)

c = % que pasa la malla 0.074 mm (N° 200)

k = 0.20 si el valor de “c” esta entre 15 y 11%

0.18 si el valor de “c” esta entre 10 y 6%

0.15 si el valor de “c” es menor al 5%

K = puede variar de 0.0 a 2.0 según el tipo de material pétreo y su absorción y se sugiere el 0.7.

$$\% CA = 0.032 a + 0.045 b + kc + K$$

$$\% CA = 0.032 (40.40) + 0.045 (44.34) + 0.15 (5.33) + 0.7$$

$$\% CA = 4.79 = 5.00\%$$

3.5. Diseño Marshall mezcla asfáltica tradicional

3.5.1. Elaboración de muestras

Se hicieron 9 muestras de diferente dosificación de cemento de asfalto, donde se aumentó de 0.5% del peso total. Se hicieron 3 muestras para cada dosificación de acuerdo al MTC E 504. Las muestras tuvieron un peso de 1,200 gr por lo que se solicitó material aproximadamente de 1,200 gr y 1 galón de cemento asfáltico. El agregado fue secado a una temperatura de $105 \pm 5^\circ \text{C}$, se separó el tamizado: 3/4" a 3/8", 3/8" a N° 4, N° 4 a N° 8 y también las que pasa la N° 8. El cemento asfáltico será calentado para causar una viscosidad de 170 ± 20 centistokes, la compactación será calentada para tener una viscosidad de 280 ± 20 centistokes. Ha sido pesado de manera separada en recipientes, de acuerdo a la graduación necesaria para elaborar muestras de una altura de 63.5 ± 1.25 mm, el agregado fue calentado a 14°C según el MTC. Fue mezclado en seco los agregados y realizando una grieta por el centro, donde se adhiere la totalidad del cemento asfáltico, luego se mezcla con una espátula y se llega a lograr una mezcla semejante.

$$\text{peso correcto (Kg) sel agregado} = \frac{63.5 \times \text{peso unitario del agregado (kg)}}{\text{altura obtenida de la probeta (mm)}}$$

La muestra a compactar, el martillo y el molde serán calentados por un tiempo de 15 min en baño de agua, a la temperatura de $121 \pm 28^\circ \text{C}$, se pondrá el collar, base y molde compactador.

El molde ha sido rellenado con espátula, con 15 veces de chuseo y 10 veces en el centro, luego la compactación será por 75 golpes en un periodo de tiempo menor a 90 segundo; luego se saca el collar y la base, se invierte la muestra, se ensambla el molde y se da la misma cantidad de golpes en la cara anterior, después se saca la muestra y se enfría a temperatura ambiente.

3.5.2. Determinación del peso específico aparente y el peso unitario (densidad Bulk)

La prueba de ensayo "Bulk" se ejecutó a la muestra fría a temperatura

ambiente, para ello esta establece en la MTC E 506 que, si la muestra absorbe más del 2% del agua y la MTC E 514 sin la parafina, siempre que el porcentaje de absorción sea menos al 2%.

3.5.3. Muestras cubiertas sin parafina

PROCEDIMIENTO

Determinar la gravedad específica aparente:

$$\% \text{ agua absorbida} = \frac{B - A}{B - C} \times 100$$

Dónde:

A = Peso de la muestra seco en aire, gr.

B = Peso de la muestra saturado superficialmente seco en aire, gr.

C = Peso de la muestra en el agua, gr.

Establecer el peso antes del recubrimiento, pero primeramente deberá ser secado en corriente de aire caliente para obtener un peso constante. El cual será registrado como peso A.

3.5.4. Muestras saturadas con superficie seca (sin recubriendo de parafina) muestras que contienen humedad

Se realizó el emplastamiento de la muestra con agua de 25° C por 4 ± 1 min, luego se sumergió en agua y se registró como peso C; si la temperatura del baño fuese otra en más de 2° C, seria sumergido en un tiempo de entre 10 a 15 min, debido a que la temperatura del agua utilizada es distinta de 25 ± 1° C, se deberá proceder a modificar el peso específico utilizado en la formula siguientes:

$$\text{corrección} = AT \times KS \times (B - C)$$

El peso en aire, de la muestra saturada con la superficie seca, es secada con una franela húmeda en la superficie de muestra y se pesa, al peso obtenido se llama B. posterior la muestra es secada en horno por un tiempo aproximado de entre 15 a 24 horas, con una temperatura de 110 ± 5° C, se saca y deja templar, se pesa al aire y se registra como peso A.

3.5.5. Muestras secas

Con el peso al aire de la muestra se ha conseguido encontrar a temperatura ambiente por 1 horas, siendo el peso considerado como A. se baña la muestra con agua a 25° C por 4 ± 1 min, y se pesa en el agua sumergido y se registra como C; si la temperatura es más de 2° C será sumergido durante 10 a 15 minutos y la temperatura desigual a 25 ± 1 ° C y se corregirá el peso usando la siguiente formula:

$$\text{corrección} = AT \times KS \times (B - C)$$

El peso en aire de la muestra saturada con superficie seca: es secada con una tela aguosa la superficie de la muestra y pesamos en el aire, el cual lo registramos como B.

Cálculo del peso específico aparente (peso específico Bulk de la muestra).

$$\text{peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

Dónde:

A = Peso de la muestra seco en aire, gr

B = peso en el aire de la muestra saturado con superficie seca, gr

C= Peso de la muestra sumergido en agua, gr.

El peso unitario de la muestra es calculado con la siguiente formula:

$$\text{peso unitario} = \text{peso específico aparente} \times 997 \text{ Kg/m}^3 (0.997 \text{ gr/cm}^3)$$

3.5.6. Muestras sin recubrimiento de parafina y con dimensiones uniformes

$$\text{peso específico aparente} = \frac{A}{0.785(d)^2(a)}$$

Dónde

A = Peso de la muestra en aire, gr.

d = Diámetro de la biqueta, cm.

a = altura de la biqueta, cm, $0.785 = \pi/4$

3.5.7. Peso específico teórico máximo (RICE)

A la muestra de mezcla de asfalto de 2000 gr se puso en un recipiente de cristal lleno de agua destilada; se revolvió para que desaparezcan las burbujas, por un tiempo 20 ± 5 minutos y se obtuvo la gravedad específica teórica.

$$\text{peso específico} = \frac{A}{(A + D - E)}$$

Dónde:

A = peso de muestra seca en el aire, gr

D = peso de envase + agua a 25° C, gr

E = peso del envase + agua + muestra a 25° C, gr.

3.5.8. Cálculo de porcentaje de vacíos de aire

Para el procesamiento de datos es necesario la densidad Bulk y el peso determinado máximo teórico, así obtener el porcentaje se consigue de dos formas.

$$\text{porcentaje de vacíos de aire} = 100 \times \left(1 - \frac{Gmb}{Gmm}\right)$$

$$\text{porcentaje de vacíos de aire} = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}$$

Dónde:

Gmb = Peso específico Bulk

Gmm = Peso específico teórico máximo.

3.5.9. Porcentaje de vacíos de agregados

$$Vam = 100 - \%Vagr$$

Dónde:

% Vagr = % volumen de adheridos.

Volumen efectivo del asfalto

$$Vea = \frac{Va}{Vam} \times 100$$

3.5.10. Ensayo de estabilidad y flujo

La muestra se colocó en agua por 30 a 40 minutos; se limpió las barras, molde y guías, se lubricó las barras lo que permitirá a la ligadura fluir sin inconvenientes. La temperatura del molde estará entre 21.2 y 38.8° C; se retira la muestra de agua y se coloca centrado la porción inferior de la ligadura, se coloca el medidor de flujo y se ajusta; se aplica la carga sobre la muestra, la deformación es constante de 50.80 mm por minuto, esperamos que se origine la falla y se anota el valor máximo de carga.

3.5.11. Materiales y dosificación para la fabricación de mezcla asfáltica

Cuadro 23 Dosificación para mezcla convencional.

INSUMOS	PORCENTAJES %
Agregado fino	50.00
Agregado grueso	48.00
Cemento asfáltico	2.00

Fuente: elaboración propia

Cuadro 24 Nomenclaturas de los cuadros de diseño de mezclas

PEZO DE MEZCLA TOTAL	P. M. T
PEZO DE MEZCLA	P.M
AGREGADO GRUESO	A. G
AGREGADO FINO	A. F
PESO ESPECIFICO	P. E
SATURADA SUPERFICIALMENTE	S .S
PORCENTAJE DE VACIOS	P. V
ESTABILIDAD	E.
PESO DE LA BRIQUETA	P. B
AGREGADO TOTAL	A. T

Cuadro 25 Diseño de mezcla convencional con 5.0 % de C.A.

IT	BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN P. M. T	%	5.00			
2	% A.G EN P. M	%	48.00			
3	% A. F EN P. M	%	52.00			
4	P. E DEL C.A. - APARENTE	gr/cm3	1.01			
5	P. E DEL A. G BULK SECO	gr/cm3	2.610			
6	P. E DEL A. F BULK SECO	gr/cm3	2.600			
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm3	6.81	6.65	6.50	
8	P. B AL AIRE	gr	1179.6	1171.5	1161.7	
9	P. B S. S SECO EN AIRE	gr	1191.1	1180.2	1168.7	
10	P.B S. S EN AGUA	gr	677.8	667.8	656.8	
11	VOL. DE BRIQ. S.S SECA (9-10)	cm3	513.3	512.4	511.9	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 8)	gr	11.5	8.7	7.0	
13	P. E BULK BRIQUETA (8 /11)	gr/cm3	2.298	2.286	2.269	2.284
14	P. E MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm3	2.400	2.400	2.400	
15	ABSORCION ((9-8)/(9-10))*100	%	2.240	1.698	1.367	
16	P. V = (14-13/14*100)	%	4.25	4.750	5.458	4.8
17	P. E BULK DEL A. T	gr/cm3		2.605		
18	V.M.A = 100 - (2+3)*13/17	%	11.8	12.2	12.9	12.3
19	P. V LLENADOS CON C.A. = ((18-16)/18)*100	%	63.9	61.2	57.7	60.9
20	P. E. E DEL A. T (2+3)/(100/14-1/4)	gr/cm3	2.724			
21	C.A. A. A.T = (100*4*(20-17)/(20*17))	%	1.69			
22	PORCENTAJE DE C. A EFECTIVO	%	5.00			
23	FLUJO	m.m.	3.00	3.20	3.40	3.20
24	E. SIN CORREGIR	Kg	1330	1340	1338	
25	FACTOR DE E.		1.01	1.01	1.01	
26	E. CORREGIDA	Kg	1341	1355	1355	1350
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg/cm	4469	4234	3986	4230

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 24 nos muestra el ensayo Marshall con 5.0 % de Cemento Asfáltico.

Cuadro 26 Diseño de mezcla convencional con 5.5 % de C.A.

IT	BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN P. M. T	%	5.50			
2	% A. G EN P. M	%	48.00			
3	% A. F EN P. M	%	52.00			
4	P. E DEL C.A. - APARENTE	gr/cm3	1.01			
5	P. E DEL A. G BULK SECO	gr/cm3	2.610			
6	P. E DEL A. F BULK SECO	gr/cm3	2.600			
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm3	6.24	6.31	6.4	
8	P. B AL AIRE	gr	1192.2	1201.3	1201.5	
9	P. B. S. S SECO EN AIRE	gr	1196.5	1204.3	1205.0	
10	P. B. S. S SECO EN AGUA	gr	689.0	692.2	690.8	
11	VOL. DE BRIQ. S. S SECA (9-10)	cm3	507.5	512.1	514.2	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 8)	gr	4.3	3.0	3.5	
13	P. E BULK BRIQUETA (8 /11)	gr/cm3	2.349	2.346	2.337	3.33
14	P. E MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm3	2.430	2.440	2.440	
15	ABSORCION ((9-8)/(9-10))*100	%	0.847	0.586	0.681	
16	P. V = (14-13/14*100)	%	3.33	3.457	3.827	1276
17	P. E BULK DEL A. T	gr/cm3		2.605		3852
18	V.M.A = 100 - (2+3)*13/17	%	9.8	9.9	10.3	
19	P. V LLENADOS CON C.A. = (18-16)/18*100	%	66.1	65.2	62.8	
20	P. E. E DEL A. T (2+3)/(100/14-1/4)	gr/cm3	2.814			
21	C.A. A. A. T =(100*4*(20-17)/(20*17))	%	2.88			
22	PORCENTAJE DE C. A EFECTIVO	%	5.50			
23	FLUJO	m.m.	3.00	3.40	3.60	3
24	E. SIN CORREGIR	Kg	1253	1258	1260	
25	FACTOR DE E.		1.03	1.01	1.00	
26	E. CORREGIDA	Kg	1288	1273	1266	1276
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg/cm	4294	3745	3517	3852

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 25 nos muestra el ensayo Marshall con 5.5 % de Cemento Asfáltico.

Cuadro 27 Diseño de mezcla convencional con 6 % de C.A.

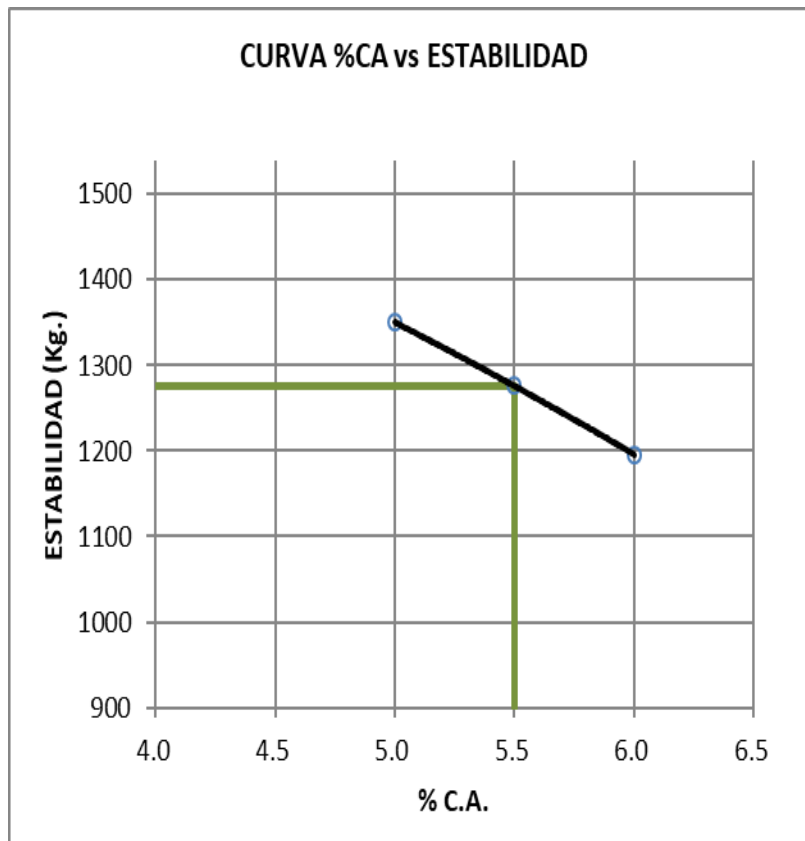
IT	BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN P. M. T	%	6.00			
2	% A. G EN P. M	%	48.00			
3	% A. F EN P. M	%	52.00			
4	P. E DEL C.A. - APARENTE	gr/cm3	1.01			
5	P.E DEL A. G BULK SECO	gr/cm3	2.610			
6	P. E DEL A. F BULK SECO	gr/cm3	2.600			
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm3	6.30	6.31	6.2	
8	P. B AL AIRE	gr	1195.0	1197.0	1201.6	
9	P. B. S. S SECO EN AIRE	gr	1199.4	1199.4	1205.7	
10	P. B. S. S SECO EN AGUA	gr	686.0	686.2	699.5	
11	VOL. DE BRIQ. S. S SECA (11 - 12)	cm3	513.4	513.2	506.2	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 10)	gr	4.4	2.4	4.1	
13	P. E BULK BRIQUETA (10 /13)	gr/cm3	2.328	2.332	2.374	2.345
14	P. E MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm3	2.420	2.420	2.400	
15	ABSORCIÓN ((9-8)/(9-10))*100	%	0.857	0.468	0.810	
16	P. V = (14-13/14*100)	%	3.80	3.636	1.901	3.1
17	P. E BULK DEL A. T	gr/cm3		2.605		
18	V.M.A = 100 - (2+3)*13/17	%	10.6	10.5	8.9	10.0
19	P. V LLENADOS CON C.A. = (18-16)/18*100	%	64.2	65.3	78.5	69.4
20	P. E. E DEL A. T (2+3)/(100/14-1/4)	gr/cm3	2.826			
21	C.A. A. A. T=(100*4*(20-17)/(20*17))	%	3.04			
22	PORCENTAJE DE C. A EFECTIVO	%	6.00			
23	FLUJO	m.m.	3.50	3.00	3.80	3.43
24	E. SIN CORREGIR	Kg	1172	1181	1178	
25	FACTOR DE E.		1.01	1.01	1.03	
26	E. CORREGIDA	Kg	1181	1191	1216	1196
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg/cm	3374	3970	3201	3515

Fuente: elaboración propia

El cuadro 26 nos muestra el ensayo Marshall con 6 % de Cemento Asfáltico.

Después de lograr los datos de los tres puntos, se efectuó las gráficas para

establecer su contenido óptimo de asfalto.

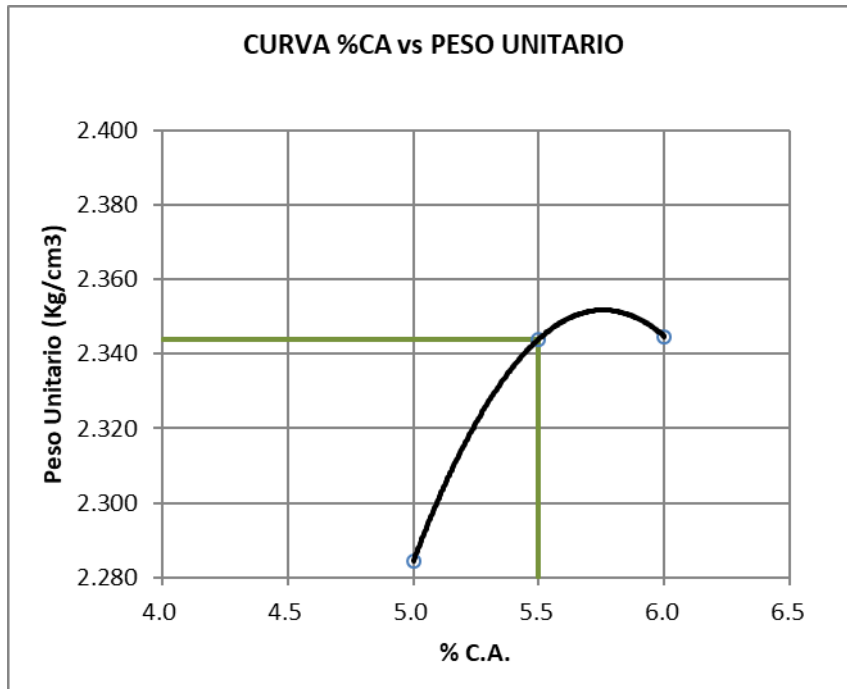


Fuente: elaboración propia

Figura 5 Estabilidad vs contenido de cemento asfáltico.

Cuadro 28 Estabilidad vs contenido de cemento asfáltico

% CA	5.0	5.5	6.0
ESTAB /C. C	1350	1276	1196



Fuente: elaboración propia

Figura 6 peso unitario vs contenido de cemento asfáltico.

Cuadro 29 peso unitario vs contenido de cemento asfáltico

% CA	5.0	5.5	6.0
PESO UNIT.	2.284	2.344	2.345

Fuente: elaboración propia

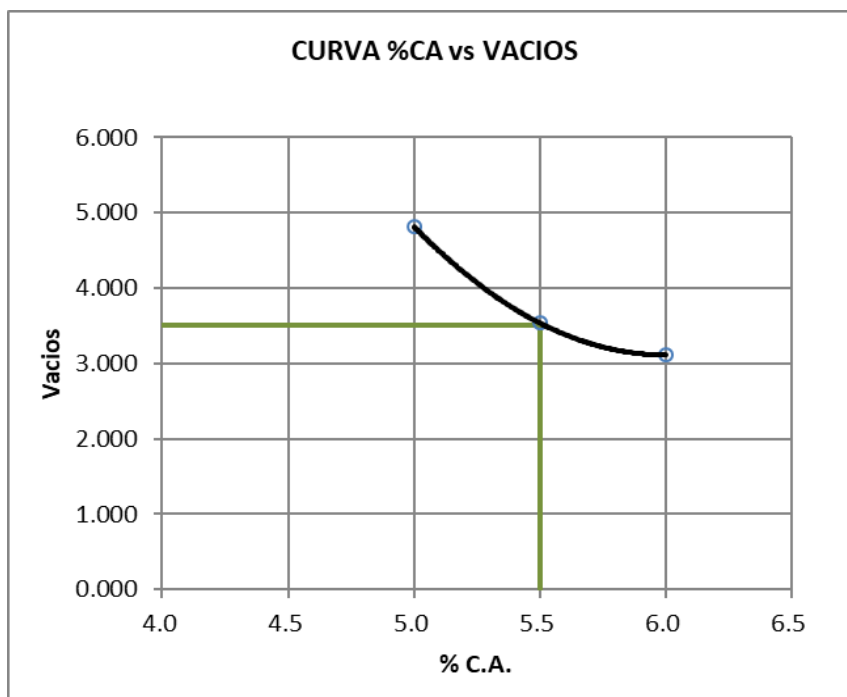


Figura 7 Porcentaje de vacíos vs contenido de cemento asfáltico.

Cuadro 30 Porcentaje de vacíos vs contenido de cemento asfáltico

% CA	5.0	5.5	6.0
VACÍOS	4.819	3.538	3.112

Fuente: elaboración propia

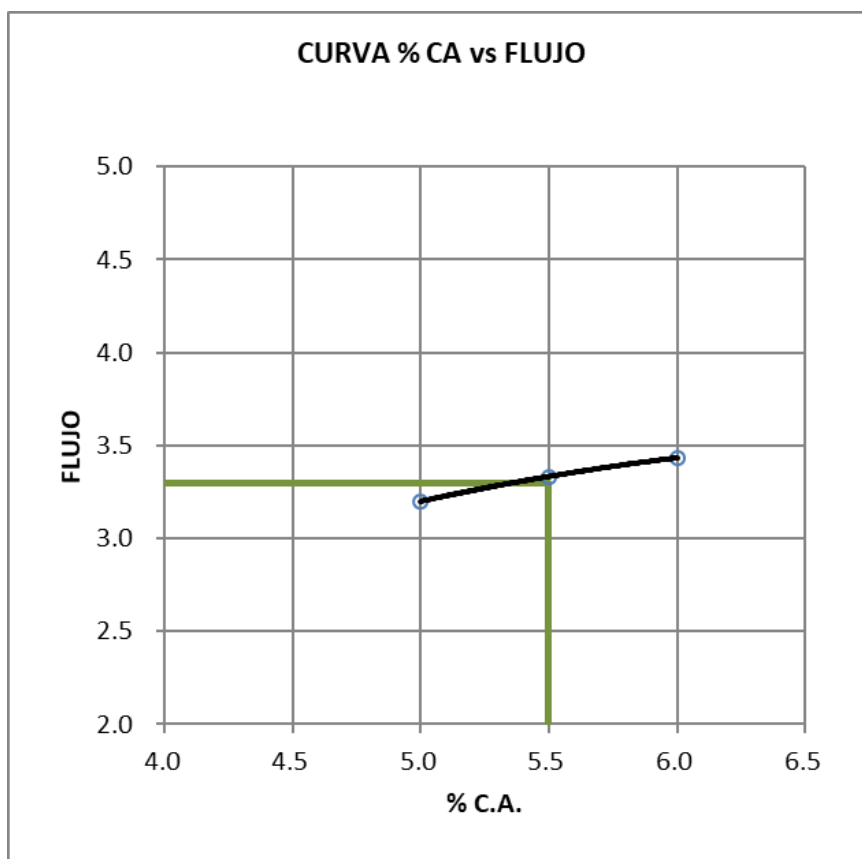


Figura 8 Flujo vs contenido de cemento asfáltico.

Cuadro 31 Flujo vs contenido de cemento asfáltico.

% CA	5.0	5.5	6.0
FLUJO	3.2	3.3	3.4

Fuente: elaboración propia

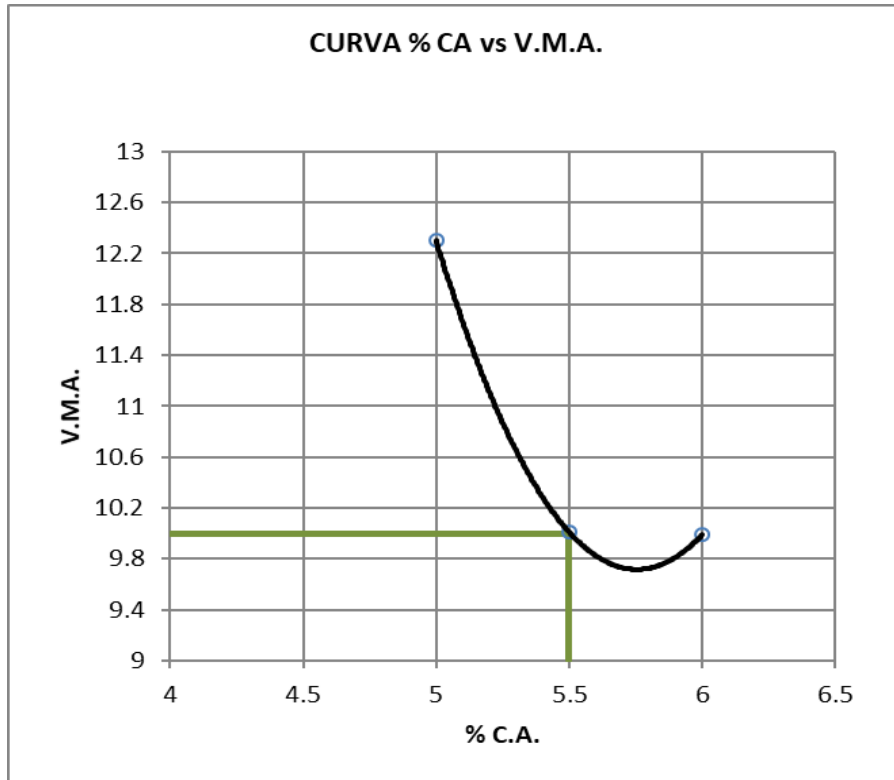


Figura 9 porcentaje de V.M.A. vs contenido de cemento asfáltico.

Cuadro 32 porcentaje de V.M.A. vs contenido de cemento asfáltico

% CA	5.0	5.5	6.0
VMA	12.3	10.0	10.0

Fuente: elaboración propia

Cuadro 33 Resultados del ensayo Marshall.

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	
OPTIMO CONTENIDO DE c.a. (%)	5.5
ESTABILIDAD (Kg.)	1276
PESO UNITARIO (Kg/m ³)	2.344
VACÍOS DE AIRE (%)	3.5
FLUJO (0.01")	3.3
V.M.A. (%)	10
ESTABILIDAD/FLUJO (Kg/cm)	1,522.31

Fuente: elaboración propia

3.6.Diseño Marshall mezcla asfáltica modificada con residuos plásticos reciclados.

En este ensayo se utilizó el óptimo del asfalto que fue determinado en el diseño de la mezcla convencional; la sistemática y el ensayo fue con “Marshall” y se realizó 3 muestras de cada porcentaje de los residuos de plástico reciclado, tienen de altura 63.5 mm y de diámetro 101.6mm.

Cuadro 34 Dosificación para mezcla modificada

INSUMOS	PORCENTAJES %
Agregado fino	46.5
Agregado grueso	48
Cemento asfáltico PEN 60/70	5.5
plásticos reciclados	(5%, 5.5% y 6%)

Fuente: elaboración propia

Cuadro 35 Diseño de mezcla asfáltica modificada con 5 % de plástico reciclado.

IT	BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN P. M. T	%	5.50			
2	% A. G EN P. M	%	48.000			
3	% A. F EN P. M	%	46.500			
4	P. E DEL C.A. - APARENTE	Gr./c.c.	1.01			
5	P. E DEL A. G BULK SECO	Gr./c.c.	2.610			
6	P. E DEL A. F BULK SECO	Gr./c.c.	2.600			
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	Cm	6.50	6.60	6.5	
8	P. B AL AIRE	Grs.	1191.4	1189.7	1192.8	
9	P. E. S. S SECO EN AIRE	Grs.	1193.7	1192.6	1195.6	
10	P. B. S. S SECO EN AGUA	Grs.	676.9	678.8	679.3	
11	VOL. DE BRIQ. S. S SECA (9 - 10)	c.c.	516.8	513.8	516.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 8)	Grs.	2.3	2.9	2.8	
13	P. E BULK BRIQUETA (8 /11)	Gr./c.c.	2.305	2.315	2.310	2.310
14	P. E MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	Gr./c.c.	2.326	2.326	2.326	
15	ABSORCION	%	0.445	0.564	0.542	
16	P. V = (14-13/14*100)	%	0.900	0.473	0.688	0.7
17	P. E BULK DEL A. T	Gr./c.c.		2.605		
18	V.M.A = 100 - (2+3)*13/17		13.3	12.9	13.1	13.1
19	P. V LLENADOS C.A. = (18-16)/18*100	%	93.2	96.3	94.7	94.8
20	P. E. E. A. T (2+3)/(100/14-1/4)	Gr./c.c.	2.610			
21	C.A. A. A. T =(100*4*(20-17)/(20*17))	%	0.08			
22	PORCENTAJE DE C. A EFECTIVO	%	5.50			
23	FLUJO	m.m.	2.00	2.10	2.50	2.20
24	E. SIN CORREGIR	Kg.	1295	1287	1292	
25	FACTOR DE E.		1.00	1.01	1.00	
26	E. CORREGIDA	Kg.	1290	1295	1289	1291
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg./cm.	6450	6167	5157	5925

Fuente: elaboración propia

Cuadro 36 Diseño de mezcla asfáltica modificada con 5.5 % de plástico reciclado.

IT	BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN P. M. T	%	5.50			
2	% DE A. G EN P. M	%	48.000			
3	% A. F EN P. M	%	46.500			
4	P. E DEL C.A. - APARENTE	Gr./c.c.	1.010			
5	P. E DEL A. G BULK SECO	Gr./c.c.	2.610			
6	P. E DEL A. F BULK SECO	Gr./c.c.	2.600			
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	Cm	6.48	6.5	6.50	
8	P. B AL AIRE	Grs.	1192.1	1197.3	1199.6	
9	P. B. S. S SECO EN AIRE	Grs.	195.1	1199.1	1202.5	
10	P. B. S. S SECO EN AGUA	Grs.	669.9	679.8	689.2	
11	VOL. DE BRIQ. S. S SECA (9 - 10)	c.c.	525.2	519.3	513.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 8)	Grs.	3.0	1.8	2.9	
13	P. E BULK BRIQUETA (8 /11)	Gr./c.c.	2.270	2.306	2.337	2.304
14	P. E MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	Gr./c.c.	2.326	2.326	2.326	
15	ABSORCION	%	0.571	0.347	0.565	
16	P. V = (14-13/14*100)	%	2.410	0.860	-0.473	0.9
17	P. E BULK DEL A. T	Gr./c.c.		2.605		
18	V.M.A = 100 -(2+3)*13/17		14.6	13.2	12.1	13.3
19	P. V LLENADOS CON C.A. = (18-16)/18*100	%	83.5	93.5	103.9	93.6
20	P. E EFECTIVO DEL A. T (2+3)/(100/14-1/4)	Gr./c.c.	2.610			
21	C.A. A. A. T =(100*4*(20-17)/(20*17))	%	0.08			
22	PORCENTAJE DE C. A EFECTIVO	%	5.50			
23	FLUJO	m.m.	2.50	2.50	2.95	2.65
24	E. SIN CORREGIR	Kg.	1362	1359	1367	
25	FACTOR DE E.		0.97	0.99	1.01	
26	E. CORREGIDA	Kg.	1318	1342	1378	1346
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg./cm.	5272	5369	4671	5104

Fuente: elaboración propia

Cuadro 37 Diseño de mezcla asfáltica modificada con 6 % de plástico reciclado

IT	BRIQUETA S	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN P. M.T	%	5.50			
2	% A. G EN P. M	%	48.00 0			
3	% A. F EN P. M	%	46.50 0			
4	P. E DEL C.A. - APARENTE	Gr./c.c.	1.010			
5	P. E DEL A. G BULK SECO	Gr./c.c.	2.610			
6	P. E DEL A. F BULK SECO	Gr./c.c.	2.600			
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	Cm	6.50	6.40	6.60	
8	P. B AL AIRE	Grs.	1196.3	1171.6	1192.8	
9	P. B. S. S SECO EN AIRE	Grs.	1196.9	1173.7	1195.6	
10	P. B. S. S SECO EN AGUA	Grs.	677.6	661.9	692.2	
11	VOL. DE BRIQ. S. S SECA (9 - 10)	c.c.	519.3	511.8	503.4	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 8)	Grs.	0.6	2.1	2.8	
13	P. E BULK BRIQUETA (8 /11)	Gr./c.c.	2.304	2.289	2.369	2.321
14	P. E MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	Gr./c.c.	2.326	2.326	2.326	
15	ABSORCION	%	0.116	0.410	0.556	
16	P. V = (14-13/14*100)	%	0.950	1.591	-1.849	0.2
17	P. E BULK DEL A. T	Gr./c.c.		2.605		
18	V.M.A = 100 -(2+3)*13/17		13.3	13.9	10.9	12.7
19	P. V LLENADOS CON C.A. = (18-16)/18*100	%	92.9	88.5	117.0	99.5
20	P. E. E. A. T (2+3)/(100/14-1/4)	Gr./c.c.	2.610			
21	C.A. A. A. T =(100*4*(20-17)/(20*17))	%	0.08			
22	PORCENTAJE DE C. A EFECTIVO	%	5.50			
23	FLUJO	m.m.	2.68	2.10	2.18	2.32
24	E. SIN CORREGIR	Kg.	1193	1206	1198	
25	FACTOR DE E.		0.99	1.01	1.04	
26	E. CORREGIDA	Kg.	1178	1222	1249	1216
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg./cm.	4396	5819	5728	5314

Fuente: elaboración propia

Luego de obtener datos de los tres puntos, se efectuó las gráficas para determinar su contenido óptimo de plásticos reciclados.

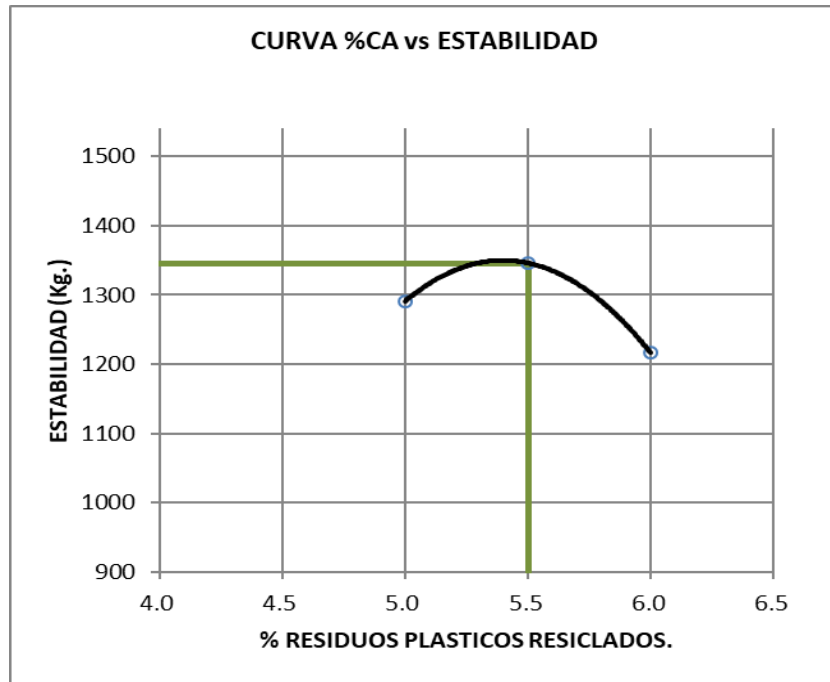


Figura 10 Estabilidad vs % de residuos plásticos reciclados.

Cuadro 38 Estabilidad vs % de residuos plásticos reciclados.

% PLÁSTICO RECICLADO	5.0	5.5	6.0
ESTAB C/C.	1291	1346	1216

Fuente: elaboración propia

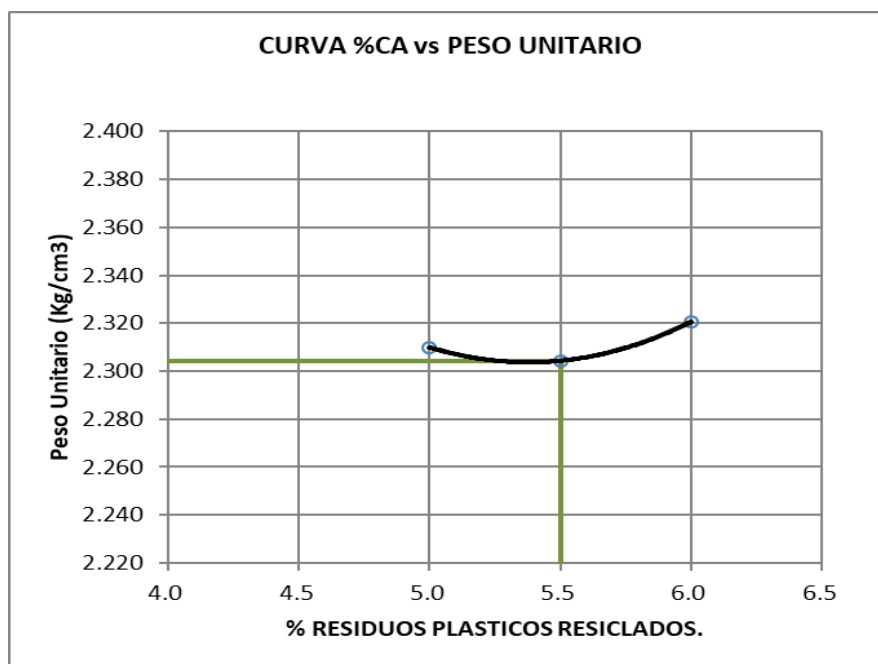


Figura 11 Peso unitario vs % de residuos plásticos reciclados

Cuadro 39 Peso unitario vs % de residuos plásticos reciclados

% PLÁSTICO RECICLADO	5.0	5.5	6.0
PESO UNIT.	2.310	2.304	2.321

Fuente: elaboración propia

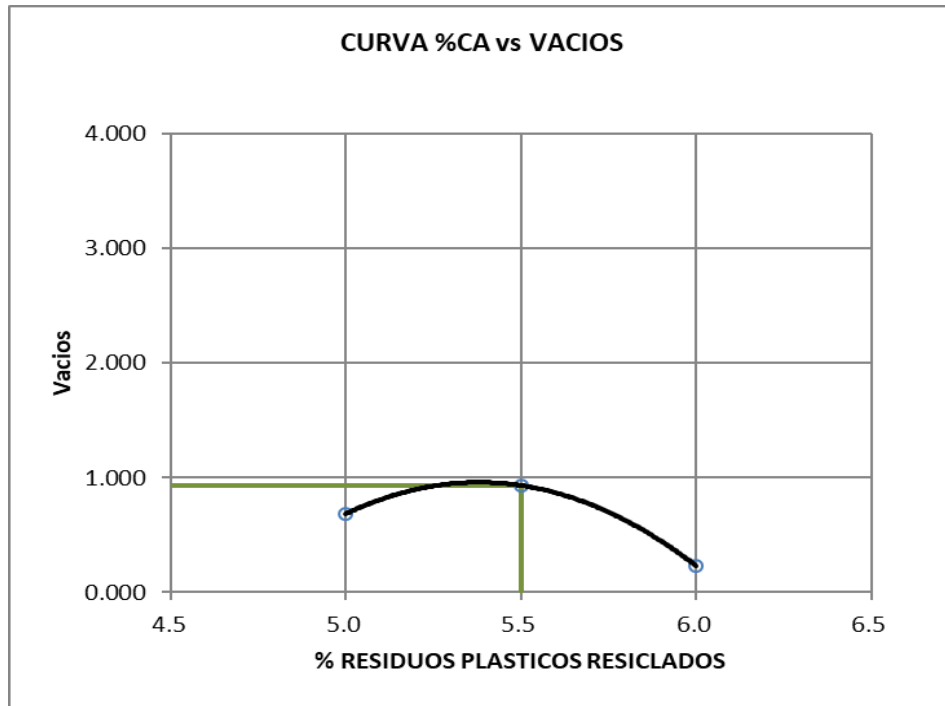


Figura 12 Porcentaje de vacíos vs % de residuos plásticos reciclados

Cuadro 40 Porcentaje de vacíos vs % de residuos plásticos reciclados

% PLÁSTICO RECICLADO	5.0	5.5	6.0
VACÍOS	0.687	0.932	0.231

Fuente: elaboración propia

Figura 13 Porcentaje V.M.A. vs % de residuos plásticos reciclados.

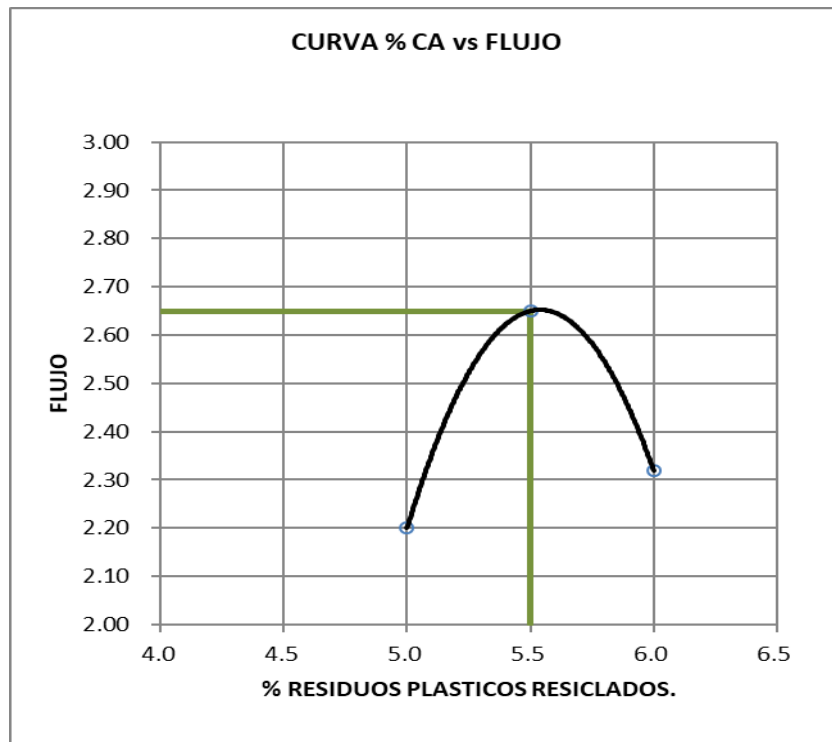
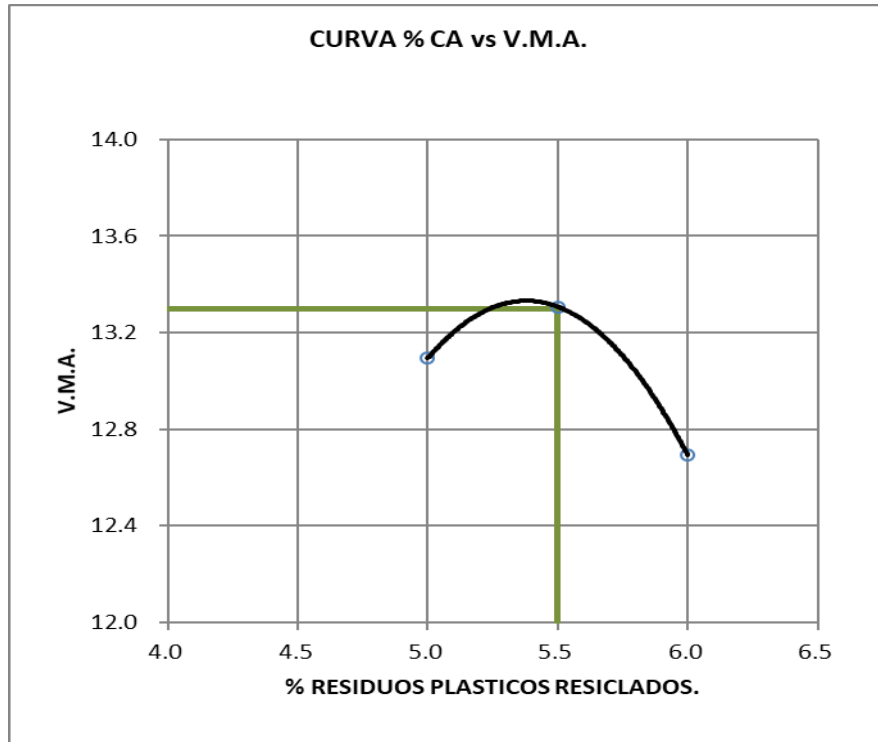


Figura 14 Flujo vs % de residuos plásticos reciclados

Cuadro 41 Flujo vs % de residuos plásticos reciclados

% PLÁSTICO RECICLADO	5.0	5.5	6.0
FLUJO	2.20	2.65	2.32



Fuente: elaboración propia

Figura 15 Porcentaje V.M.A. vs % de residuos plásticos reciclados.

Cuadro 42 Porcentaje V.M.A. vs % de residuos plásticos reciclados

% PLÁSTICO RECICLADO	5.0	5.5	6.0
VMA	13.1	13.3	12.7

Fuente: elaboración propia

Cuadro 43 Resultado ensayo Marshall de mezcla modificada

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	
ÓPTIMO CONTENIDO DE c.a. (%)	5.5
ESTABILIDAD (Kg.)	1346.0
PESO UNITARIO (Kg/m ³)	2.304
VACÍOS DE AIRE (%)	0.93
ÓPTIMO CONTENIDO DE RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLADOS (%)	5.5
FLUJO (0.01")	2.65
V.M.A. (%)	13.3
ESTABILIDAD/FLUJO (Kg/cm)	1,999.70

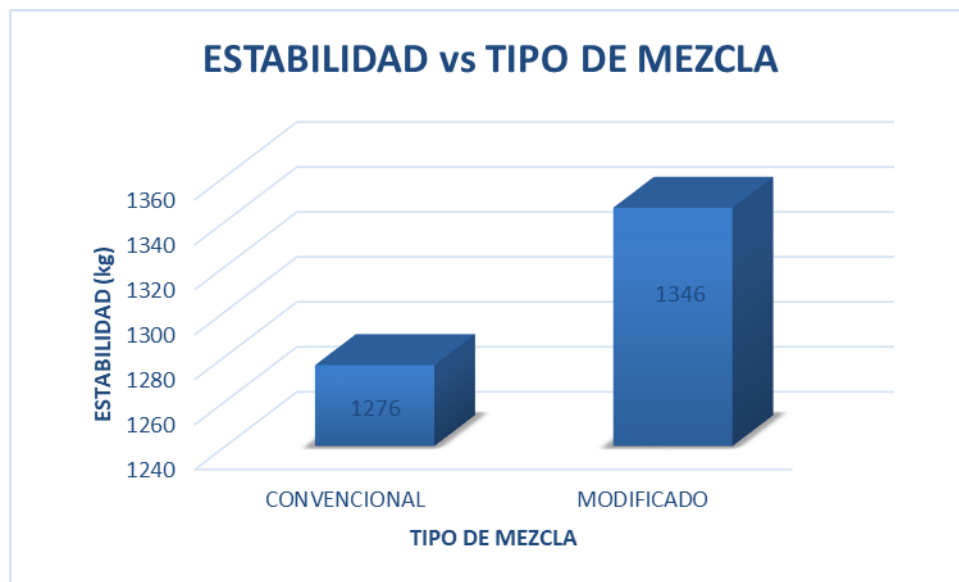
Fuente: elaboración propia

Cuadro 44 Cotejo de resultados entre mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica modificada.

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA		
MARSHALL	CONVENCIONAL	MODIFICADO
Óptimo Contenido de C.A (%)	5.5	5.5
Estabilidad (kg)	1276	1346
Peso Unitario (kg/m ³)	2.344	2.304
Vacíos de Aire (%)	3.500	0.932
Óptimo Contenido De Plástico reciclado (%)		5.500
Flujo (mm)	3.300	2.650
V.M.A. (%)	10.000	13.300
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1522.310	1999.703

Fuente: elaboración propia

3.7. Comparación estándar de las mezclas asfálticas.

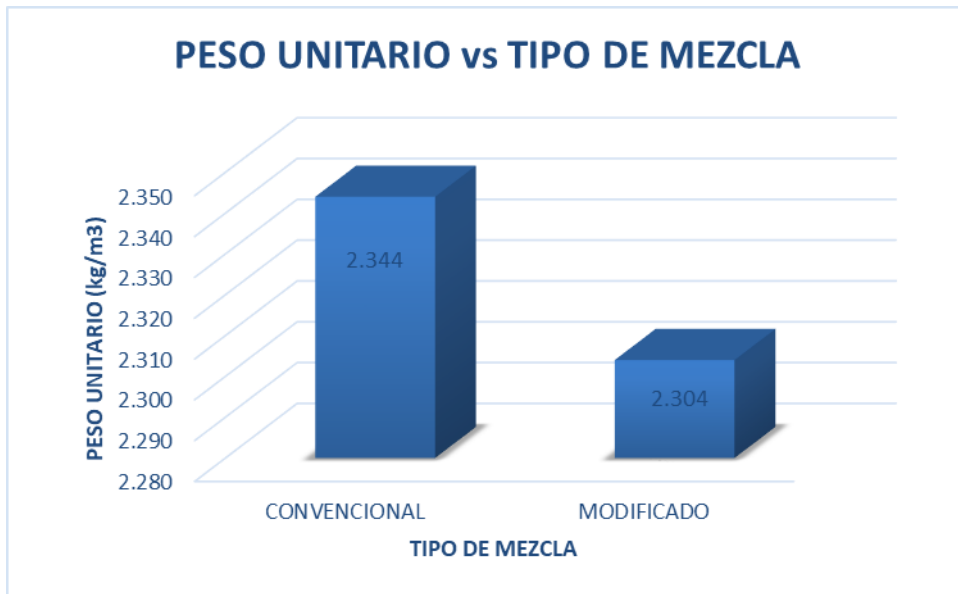


Fuente: elaboración propia

Figura 16 Estabilidad (kg) vs Tipo mezcla

Interpretación:

La figura 16 nos muestra la m. a m. con los residuos plásticos reusados el cual incrementa la estabilidad, teniendo una resistencia de 70 kg. Con un 5.49% en cotejo de la mezcla clásica.

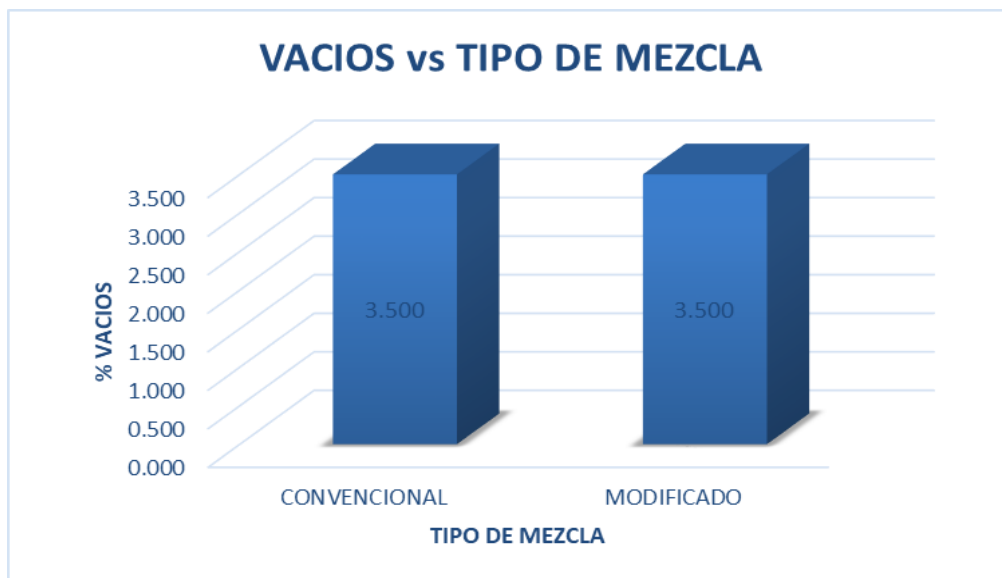


Fuente: elaboración propia

Figura 17 Peso unitario (kg/m³) vs tipo de mezcla.

Interpretación:

La mezcla asfáltica modificada con residuos plásticos reciclados se observa que el peso unitario ha disminuido en un 0.04 % con respecto a la mezcla convencional, es poca la distinción de resultados, no se tiene consecuencia la elaboración de una durabilidad mejor.



Fuente: elaboración propia

Figura 18 % Vacíos vs Tipo mezcla.

Interpretación:

Se aprecia que las mezclas poseen el mismo porcentaje de vacíos, El porcentaje optimo se encuentra entre 3 y 5%, teniendo 3.5%, si obtuviera 3% de vacíos tendría una baja filtración la mezcla ya que al circular carga repetida haría que el asfalto sea comprimido hasta la superficie de rodadura por lo que generarían deterioro y que ingrese el agua.

Fuente: elaboración propia

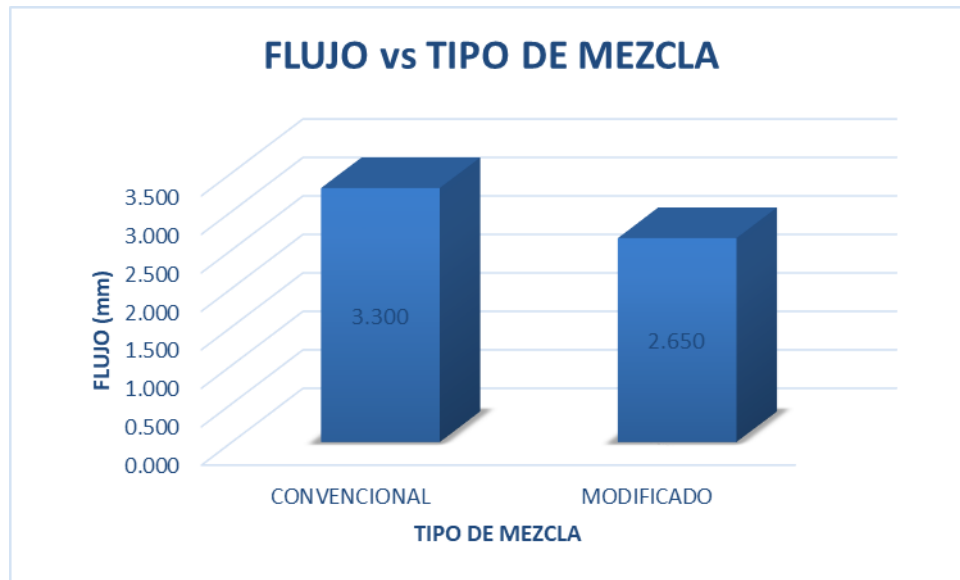
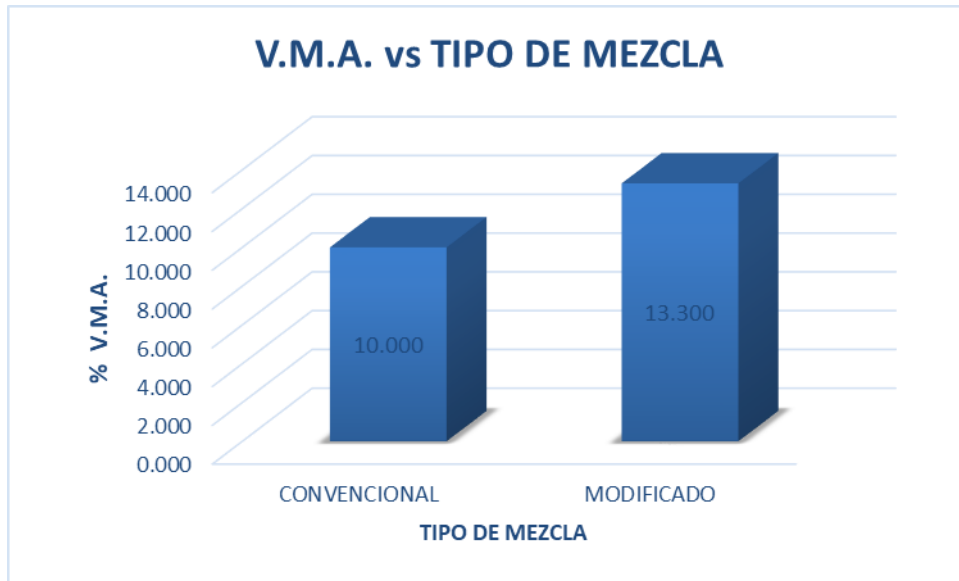


Figura 19 Flujo (mm) vs Tipo mezcla.

Interpretación:

Se aprecia a la mezcla asfáltica modificada con residuos plásticos reciclados muestra una disminución en el flujo de 0.64 mm en cotejo con la mezcla convencional, representa que provee propiedades elásticas a la mezcla, por lo que favorece con la rigidez, logrando una mezcla con propiedades significativas así resistir deformaciones.



Fuente: elaboración propia

Figura 20 % V.M.A vs Tipo de mezcla.

Interpretación:

Se observa que tiene discrepancia entre ambas mezclas; la mezcla tradicional tiene un V.M.A. de 10% y la mezcla modificada tiene un valor de 13.3%, teniendo un crecimiento de 3.3%; entendiéndose que el residuo plástico reciclado contribuye a mayores vicios en el agregado; teniendo en cuenta que si es bajo en vacío se tendrá dificultades de durabilidad.

IV. DISCUSIÓN

Acorde a los resultados conseguidos en la presente indagación, admitimos la suposición trazada, establecida que el residuo sólido plástico reciclado en diferentes porcentajes acrecienta la estabilidad y conserva adentro de las medidas citados el flujo de una mezcla en caliente.

Mejía & Sierra (2017), en su tesis titulada “Estado del arte de mezclas asfálticas modificadas en los últimos 10 años: Caso universidad de Bogotá”, esta indagación se analizó propósitos con materiales similares y así establecer las mejoras de cada aditivo, así como los suministros de estructura de pavimento. Los ensayos fueron: aguante a la degradación de adheridos menos a 37.5 mm usando la maquina los ángeles; resistencia de degradación de materiales gruesos mayor a 19 mm por impacto de la maquina ángeles y flujo fraccionadas por medio de Cántabro. La consecuencia de la correlación cemento asfáltico % Vs. E/F fue la mezcla con añadidura de 0,2% polipropileno sometido por el método “Marshall”, con una estabilidad de 1,169.01 kg/mm; por otro lado, la mezcla con 5% PEBD su correspondencia estabilidad/flujo es 452.72% kg/mm; en ambos casos con modificaciones del porcentaje cemento asfáltico de 5%, concluyéndose que si amplía el cemento asfáltico reduce la estabilidad/flujo.

Mezcla asfáltica en caliente con 5.5% de c. a óptimo tiene estabilidad de 1276 kg y su fuljo es 3.30 mm, al modificarse con 5.5% de residuos plásticos reciclados en relación al agregado fino, tuvo una estabilidad de 1346 kg y su flujo fue de 2.65mm. Comparando con la indagación de Mejía & Sierra (2017), estableció un comprendido óptimo de CA de 5% con la estabilidad 452.72kg, siendo modificado con 0.2% de fibra de polipropileno y obtuvo la mayor estabilidad de 1169.01 kg.

Silvestre (2017), con tesis titulada “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017” el cual tuvo un objetivo evaluar las diferencias técnicas y económicas de un asfalto modificado con plásticos reciclados ante uno convencional, silvestre

aplico la Norma MAC de PROVIAS para determinar la granulometría, durabilidad, abrasión, absorción, índice de plasticidad para los agregados, además utilizo el método Marshall para el diseño de Mezcla, logrando concluir que la mezcla modificada presenta mejoras en su rigidez y resistencia ante deformaciones permanentes, como también en la parte económica el costo por m³ de m. a. m. es más barata ante la mezcla asfáltica convencional.

Este diseño de mezcla y los ensayos realizados por el método Marshall nos indica que tiene una mejor estabilidad, optimo porcentaje de vacíos y buen flujo lo cual es favorable para trabajar con esta mezcla asfáltica modificada, de tal manera que es más económica ya que disminuye el porcentaje de agregado fino lo que reemplaza los residuos plásticos reciclados utilizados para la elaboración de esta mezcla como lo afirma Silvestre (2017).

Dávalos (2017), en su Tesis “Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: poliestireno expandido” tiene como finalidad optimar las propiedades mecánicas de las m. a por la incorporación de perlas de Poliestireno Propagado Reciclado, elevando la durabilidad que puede tener los pavimentos asfálticos proporcionando la iniciativa de reciclar materiales que no son biodegradables como es Poliestireno Expandido Reciclado. Utilizando en la elaboración de las probetas de mezclas asfálticas se realizaron usando el método de Marshall.

Esta investigación nos da a conocer que al agregar algún componente biodegradable mejora sus propiedades y nos ayuda a la contribución del reciclaje de materiales, lo cual se obtienen resultados positivos usando el método Marshall para realizar los ensayos a las muestras realizadas en laboratorio y en este caso se agregó diferentes porcentajes de residuos plásticos reciclados para corroborar si mejoraban sus propiedades.

V. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el diseñar una m. a en caliente da a saber el óptimo porcentaje de cemento asfáltico el cual se realizó aplicando las normas AASHTO, MTC, 410.A PROVIAS y el método Marshall, el cual se obtuvieron resultados favorables para poder trabajar con una mezcla asfáltica modificada con residuos plásticos reciclados.

Se realizó 3 diseños de m. a modificadas en caliente, añadiendo diferentes porcentajes como son el 5%, 5.5% y 6% que sustituyo al agregado fino en la m. a en caliente modificada.

Se evaluó a las 37 muestras las cuales se sometieron al ensayo Marshall, para determinar sí tenían una mejora en sus propiedades mecánicas, las cuales nos dio como resultado el porcentaje insuperable de restos plásticos reciclados es 5.5% que obtuvo la estabilidad de 1346 kg. y un flujo de 2.65mm, un peso unitario de 2.304 kg/cm³, vacío de aire 3.5% y un V.M.A 13.3%.

Al diseñar una m. a en caliente convencional tiene la estabilidad 1276 kg y flujo de 3.3 mm. A comparación de una m. a en caliente modificada con residuos plásticos reciclados, nos dio como resultado una estabilidad 1346 kg y un flujo 2.65 mm.

VI. RECOMENDACIONES

Los agregados que se realizaron los ensayos en laboratorio deben de ser los mismos a utilizar en el diseño de mezcla por lo que si se colocan otros agregados alteraría el diseño, los cuales deben de cumplir con las especificaciones del MAC los cuales se encuentran en la DG-2013.

Es recomendable utilizar la mezcla asfáltica modificada añadiendo residuos plásticos reciclados en climas cálidos para poder tener un mejor funcionamiento de la carpeta asfáltica.

Se recomienda que al momento de preparar las muestras a ensayar se sea bien cuidadoso en la dosificación porque se puede perder un poco de material al trasladarlo a la maquina compactadora.

De acuerdo con el estudio se recomienda tener cuidado al momento de preparar las muestras, todo debe de tener una temperatura mayo a la temperatura ambiente y mucho más con el asfalta, que debe de superar los 160°C para poder tener una óptima mezcla y poder compactar mejor.

REFERENCIAS

ABUSAFSA, A., y YUCCEL, H. (2002). Removal of Cs from aqueous solutions using different cationic forms of a natural zeolite: clinoptilolite. ELSEVIER, 2002. 103 - 116pp.

AIREY, G. D, RAHIMZADEH, B., COLLOP, A. C. (2004). Linear Rheological Behavior of Bituminous Paving Materials, J Materials In Civil Engineering.

ALONSO, A., TEJEDA, E., MORENO, F., RUBIO, M. C., y MEDEL, E. (2013). Estudio de Laboratorio Sobre Utilización de Zeolita Natural versus Zeolita Sintética en la Fabricación de Mezclas Semicalientes. Cuba.

Association, Asphalt Institute Manufactures. (2010). Manual Básico de Emulsiones Asfálticas. Printed in the USA: Library of Card Number.

CEDEÑO, Freddy y ESPÍN, Romero (2014), Patricio. Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con tetra pak, alambre de neumáticos fuera de uso y limadura metálica reciclados con ligante asfáltico AC-20. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, 2014. 223pp.

CRESPÍN MOLINA, R., SANTA CRUZ, Jovel, I. E., y TORRES LINARES, P. A. (2012). Aplicación del Método Marshall y Granulometría Superpave en el Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente con asfalto Clasificación Grado de Desempeño. Universidad del Salvador: Tesis.

EG-2013. (junio 2013). Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción. Lima: MTC.

González, S. P. (2013). Polietileno de alta y baja densidad. Chile.

Guerrero Álvarez Andrés, G. H. (2013). Producción de emulsiones asfálticas para mezclas en frío con SBS lineal de diferente microestructura. Altamira - México.

Huaman Guerrero, N. (2004). Pavimentos Flexibles. Lima: UNI.

Ibañez, W. (2010). Costos y Tiempos en Carreteras. Lima: MACRO.

KOGEL, J., BARKER, J., TRIVEL, N., y KRUKOWSKI, S. (2006). Industrial Minerals and Rocks: Commodities, Markets, and Uses (Vol. 7ma Edición). USA: Society for Mining.

LESME BRUN, J. G. (2015). Estudio del Comportamiento de Mezcla Asfálticas Tibias (Mezcla Templadas) empleando Emulsiones Súper - Estabilizadas. Chile: Tesis.

LIZCANO, A. S. (Julio - diciembre 2007). Caracterización física de un asfalto modificado con poliestireno y llanta triturada. Revista Épsilon.

MEJIA, Cristian y SIERRA (2017), Cristian. Estado del arte de mezclas asfálticas modificadas en los últimos 10 años: caso de estudio universidades de Bogotá D.C. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Piloto De Colombia, Facultad De Ingeniería Civil, 2017. 61pp.

Ministerio de transporte y comunicaciones. (2018). Manual de ensayo de materiales. Dirección general de caminos y ferrocarriles. Lima, Perú: MTC

Ministerio de transporte y comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles MTC.

Minaya Gonzáles, S., & Ordóñez Huamán, A. (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Lima: ICG.

Moll Martínez, R., Alonso Aenlle, A., & González Lobera, M. (noviembre del 2016). Mezclas asfálticas de bajo impacto ambiental para la rehabilitación de las carreteras en Cuba. RCI, 14-23.

MTC. (mayo - 2016). Manual de Ensayo de Materiales.

MTC E 111 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 72 pp.

MTC E 114 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 91 pp.

MTC E 210 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 337 pp.

MTC E 219 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 378 pp.

MTC E 222 (Perú). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC, 2016. 389 pp.

10-2014-MTC/14, R. N. (2014). Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos. Lima: MTC.

SILVESTRE, Deyvis (2017). Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería, Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2017. 118pp.

ANEXOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ACRECIÓNES ORIGINADAS EN FENÓMENO 2204

TEMA: Influencia de las variaciones plásticas medidas como coeficientes de acm en la estabilidad en tránsito, Trabajo 2018

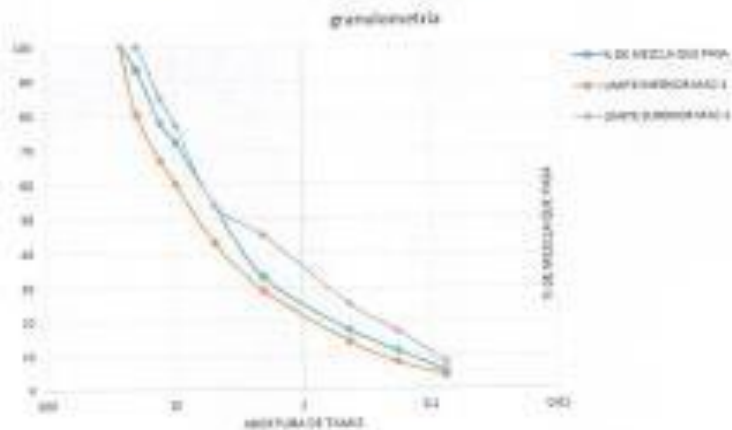
AUTOR: FLORES BARRERO ELVIRA MELAGRIDO

RESPONSABLE: TESISTA

MAILLA	A.C. RETEN.	A.41 % RETIENE	A.40 % PASA	A. RETEN.	A.F. % RETIENE	A.G. % PASA	REQ. A.C.	REQ. A.F.	MAC-1	% MEDIDA
75 (Ø 0.75)	0.00	0	100.00	0.00	0.00	100.00	48.00	52.00	100	100.00
150 (Ø 1.50)	1340.30	20.74	79.26	0.00	0.00	100.00	41.22	58.78	80-100	98.32
300 (Ø 3.00)	1682.70	28.08	71.92	0.00	0.00	100.00	25.78	74.22	67.41	77.78
600 (Ø 6.00)	209.70	16.08	83.92	0.00	0.00	100.00	20.11	79.89	60.17	72.11
1.18 mm (Ø 1.18)	1822.52	28.03	71.97	0.00	0.00	100.00	1.89	98.11	43.54	55.89
2.00 mm (Ø 2.00)	20.00	1.64	98.36	0.00	98.36	1.64	64.24	35.76	29.43	32.88
4.75 mm (Ø 4.75)	0.00	0	100.00	294.45	29.45	70.55	0.00	100.00	11.32	13.32
75 mm (Ø 75)	0.00	0	100.00	138.80	13.88	86.12	0.00	100.00	8.17	11.29
75 mm (Ø 2000)	0.00	0	100.00	114.57	11.46	88.54	0.00	100.00	4.13	5.52
Fin	0.00	0	100.00	102.48	10.25	89.75	0.00	100.00		1.08
Total	5588.38	100.00	1000.00	100.00	100.00					

TAMEN ^o	ABERTUR A mm	AO GRUESO % (DE PASA)	AO FINO % QUE PASA	MEZCLA % PASA	ESPECIFICACION GRADACION MAC - 1
Ø 75	75	100.00	100.00	100.00	100
Ø 150	150	79.26	100.00	93.22	80
Ø 300	300	71.92	100.00	71.92	67
Ø 600	600	71.11	100.00	71.11	60
Ø 1.18	1.18	71.97	100.00	71.97	54
Ø 2.00	2.00	65.24	100.00	65.24	47
Ø 4.75	4.75	35.76	100.00	35.76	35
Ø 75 mm	75	13.88	100.00	13.88	8
Ø 2000	2000	11.46	100.00	11.46	4

Pl. estado	Acido (gr)	Ag. Grueso	Ag. Fino	Total
1	68	547.20	202.60	1200
2.5	68	548.12	209.68	1200
3	72	541.48	208.54	1200



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO MTC E206

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISISTA

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE A° G°	ENSAYO 01	ENSAYO 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2020.10	2026.00
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2045.50	2051.00
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1270.40	1275.60
peso específico de masa (P _{em})	2.61	2.61
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P _{eSSS})	2.64	2.65
Peso específico aparente (P _{ea})	2.69	2.70
absorción (%)	1.26	1.23
PESO ESPECIFICO DE MASA PROMEDIO (P _{em})	2.61	
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (P _{eSS})	2.64	
PESO ESPECIFICO APARENTE PROMEDIO (P _{ea})	2.70	
ABSORCION PROMEDIO (%)	1.25	

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE A° F°	ENSAYO 01	ENSAYO 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	492.98	493.50
B= Peso de la fiola, aforada llena de agua (g)	641.70	641.80
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	952.70	951.40
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
peso específico de masa (P _{em})	2.61	2.59
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P _{eSSS})	2.65	2.63
Peso específico aparente (P _{ea})	2.71	2.68
absorción (%)	1.42	1.32
PESO ESPECIFICO DE MASA PROMEDIO (P _{em})	2.60	
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (P _{eSS})	2.64	
PESO ESPECIFICO APARENTE PROMEDIO (P _{ea})	2.70	
ABSORCION PROMEDIO (%)	1.37	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 241074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO MTC E 215

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISISTA

AGREGADO GRUESO			
Descripción	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del tarro (g)	50.50	50.70	51.30
peso del tarro + suelo húmedo (g)	158.70	172.32	197.55
peso del tarro + suelo seco (g)	158.44	172.01	197.12
peso del suelo seco (g)	107.94	121.31	145.82
peso del agua (g)	0.26	0.31	0.43
% de humedad (%)	0.24	0.26	0.29
% de humedad promedio (%)	0.26		

AGREGADO FINO			
Descripción	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del tarro (g)	50.60	50.87	48.40
peso del tarro + suelo húmedo (g)	185.54	183.40	180.80
peso del tarro + suelo seco (g)	184.98	182.80	180.15
peso del suelo seco (g)	134.38	131.93	131.75
peso del agua (g)	0.56	0.60	0.65
% de humedad (%)	0.42	0.45	0.49
% de humedad promedio (%)	0.45		




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 241074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



DURABILIDAD AL SULFATO DESODIO Y MAGNESIO MTC E209

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN SOLUCIÓN DE SO ₄ Mg						
FRACCION		1	2	3	4	5
T. de mallas		Gradación Original %	Peso de la Fracción antes del ensayo (gr)	Peso Retenido desp. Del Ensayo	Pérdida Total (%)	% de Pérdidas corregidas
Pasa	Ret.					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	48.92	450.3	448.9	0.31	0.89
3/4"	1/2"	37.78	347.8	335.2	3.62	0.78
1/2"	3/8"	9.48	87.3	83.6	4.24	0.26
3/8"	Nº4	3.81	35.1	34.2	2.56	0.05
TOTALES		100.00	920.50	901.90		1.98

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO EN SOLUCIÓN DE SO ₄ Mg						
FRACCION		1	2	3	4	5
T. de MALLAS		Gradación Original %	Peso de la Fracción antes del ensayo (gr)	Peso Retenido desp. Del Ensayo	Pérdida Total (%)	% de Pérdidas corregidas
Pasa	Ret.					
3/8"	Nº 4	0.59			1.40	0.01
Nº 4	Nº 8	3.96	57.00	54.60	1.40	0.06
Nº 8	Nº 16	4.89	56.30	53.90	1.40	0.07
Nº 16	Nº 30	7.33	47.00	45.20	1.40	0.10
Nº 30	Nº 50	14.85	189.50	186.70	2.10	0.31
Nº 50	Nº 100	57.68	132.80	128.90	3.20	1.82
Nº 100		10.70	16.70	14.30		
TOTALES		100.00	499.30	483.60		2.37



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Manuel Gárdenas Saldaña
 CIP: 241074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



% DE CARAS FRACTURADAS DEL AGREGADO GRUESO MTC E 210

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE TESISISTA

Tamices		Peso total retenido en	Peso de Material	% de caras fracturadas	Escala original % (D)	% de caras fracturadas
Pasa	Retiene		1 a más	1 más		1
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	398.7	382.8	96.01	28.1	26.98
3/4"	1/2"	812.5	803.2	98.86	44.4	43.89
1/2"	3/8"	288.87	281.7	97.52	27.5	26.82
TOTAL		1500.07	1467.70	292.39	100	97.69
% de caras fracturadas de 1 a más:						97.69

Tamices		Peso total retenido en mallas (A)	Peso de material (B)	% de caras fracturadas (C=B/A*100)	Escala original % (D)	% de caras fracturadas (E= C*D)
Pasa	Retiene		1 más	2 más		2
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	398.7	361.2	90.59	28.1	25.46
3/4"	1/2"	812.5	792.6	97.55	44.4	43.31
1/2"	3/8"	288.87	253.5	87.76	27.5	24.13
TOTAL		1500.07	1407.3	275.90	100	92.90
% de caras fracturadas de 2 a más:						92.90



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

SALES SOLUBLES TOTALES DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO MTC E 219

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018.

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

AGREGADO GRUESO	M-1
a. peso de muestra seca	500
b. líquidos sobrenadantes matraz aforado	500
c. volumen alicuota	80
d. alicuota cristalizada	0.08
% de sales solubles	0.10

Material	Cantidad Mínima (Gr)	Aforo mínimo (ml)
Grava 50 – 20 mm	1000	500
Grava 20 – 5 mm	500	500
Arena 20 mm	100	500

MTC E 219

AGREGADO FINO	M-2
a. peso de muestra seca	100
b. líquidos sobrenadantes matraz aforado	500
c. volumen alicuota	80
d. alicuota cristalizada	0.02
% de sales solubles	0.13



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. *[Firma]*
 Ing. **Ignacio Emanuel Cárdenas Saldaña**
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Áridos

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS MTC E 223

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

TAMIZ	GRADACION ORIGINAL	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	% PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	% DE CHATAS Y ALARGADAS
	D	A	B	$C = B/A * 100$	$E = C * D / 100$
1" - 3/4"	25.70	852.30	14.30	1.68	0.43
3/4" - 1/2"	45.60	1230.50	24.50	1.99	0.91
1/2" - 3/8"	28.70	745.70	11.80	1.58	0.45
TOTAL	100	2828.50			1.79




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 OIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Metales



INDICE DE PLASTICIDAD (Malla N° 40 Y N° 200) MTC E 111

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTIC	
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2
Ensayos					
N° de golpes	3	4	3		
Código de tara	MF-1	MF-2	MF-3	MF-A	MF-B
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	20.51	21.32	20.56	15.34	15.75
Peso de tara + suelo seco (gr)	20.51	21.32	20.56	15.34	15.75
Peso de agua (gr)	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (gr)	10.85	10.83	10.72	10.98	10.64
Peso de suelo seco (gr)	9.66	10.49	9.84	4.36	5.11
Contenido de humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP
IP = LL - LP					
IP: índice plástico del material (%)	LL: Límite líquido del material obtenido (%)			LP: Límite plástico del material obtenido (%)	
	LL:	NP	LP:	NP	
		IP:	NP		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldana
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018
AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS
RESPONSABLE: TESISTA

MUESTRA		M - 1	M - 2	M - 3
Inicio del periodo de humedecimiento	M	09:30:00	09:43:00	09:56:00
Fin del periodo humedecimiento (M+ 10)	1	09:40:00	09:53:00	10:06:00
Inicio del periodo de sedimentación	N	10:20:00	10:32:00	10:45:00
Fin del periodo sedimentación (N + 20)	2	10:30:00	10:42:00	10:55:00
Altura de arcilla (cm)	X	12.6	12.1	12.7
Altura de arena (cm)	Y	11.5	11.1	11.9
Equivalente de arena (Y/X)*100	5	91	92	94
Promedio de equivalente de arena %	6	92.24	=	92




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Líquidos



ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO MTC E 222

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

ANGULARIDAD DE AGREGADO FINO METODO C					
DATOS		UND	M1	M2	M3
V	Volumen del cilindro	cm ³	102.73	102.73	102.73
Geb	Gravedad específica bruta	(gr/cm ³)	2.58	2.58	2.58
W	Peso de la muestra que llena el cilindro	gr	140.7	140.57	140.38
A°	$(V-(W/Geb))/V*100$	%	46.91	46.96	47.04



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

OBRA

DISEÑO MEZCLA ASFALTICA PARA TESIS

SOLICITA FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

CANTERA SAN MARTIN

FECHA 05/06/2019

MTC E 209

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN SOLUCIÓN DE SO ⁴ Mg						
FRACCION	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
T. de MALLAS Pasa Ret.	Gradación Original %	Peso de la Fracción (g)	Peso Retenido desp. del Ensayo	Perdida Total (%)	% de Pérdidas Corregidas	
1 1/2" 1"						
1" 3/4"	26.49	635	614	3.36	0.89	
3/4 1/2"	33.78	873	852	2.32	0.78	
1/2" 3/8"	24.72	639	632	1.04	0.26	
3/8" N° 4	15.01	393	391	0.32	0.05	
TOTALES	100.00	2540	2490		1.93	

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO EN SOLUCIÓN DE SO ⁴ Mg						
FRACCION	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
T. de MALLAS Pasa Ret.	Gradación Original %	Peso de la Fracción (g)	Peso Retenido desp. del Ensayo	Perdida Total (%)	% de Pérdidas Corregidas	
3/8" N° 4	0.59			1.4	0.01	
N° 4 N° 8	3.96			1.4	0.06	
N° 8 N° 16	4.89			1.4	0.07	
N° 16 N° 30	7.33	100	98.6	1.4	0.10	
N° 30 N° 50	14.85	100	97.9	2.1	0.31	
N° 50 N° 100	57.68	100	96.9	3.2	1.82	
N° 100	10.70					
TOTALES	100	300	293		2.36	

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 APOYO TECNOLÓGICO - LABORATORIO

 Ing. Carlos Camino Garces
 JEFE

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE TESISTA

IT	BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%		5.00		
2	% DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	%		48.00		
3	% AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA	%		52.00		
4	PESO ESPECIFICO DEL C.A. - APARENTE	gr/cm ³		1.01		
5	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO	gr/cm ³		2.610		
6	PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO	gr/cm ³		2.600		
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm ³	6.81	6.65	6.50	
8	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1179.6	1171.5	1161.7	
9	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1191.1	1180.2	1168.7	
10	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE EN AGUA	gr	677.8	667.8	656.8	
11	VOL. DE BRIO. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (9 - 8)	cm ³	513.5	512.4	511.9	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 8)	gr	11.5	8.7	7.0	
13	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (8 / 11)	gr/cm ³	2.298	2.286	2.260	2.284
14	PESO ESPECIFICO MAXIMO (GRICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.400	2.400	2.400	
15	ABSORCION ((9-4)/(9-10))*100	%	2.240	1.698	1.267	
16	PORCENTAJE DE VACIOS = ((14-13)/14)*100	%	4.25	4.750	5.458	4.8
17	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³		2.605		
18	V.M.A = 100 - ((2+3)/13)*100	%	11.8	12.2	12.9	12.3
19	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = ((18-16)/18)*100	%	63.9	61.2	57.7	60.9
20	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ((2+3)/(100/14-14))	gr/cm ³		2.724		
21	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100/4*((20-17)/(20*17))	%		1.60		
22	PORCENTAJE DE CEMENTO ASEALTICO EFECTIVO	%		5.00		
23	FLUJO	m.m.	3.00	3.20	3.40	3.20
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1320	1340	1338	
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.01	1.01	1.01	
26	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1341	1355	1355	1350
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg/cm	4469	4234	3986	4230



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emmanuel Cardenas Saldaña
 CIP: 291074
 jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE TESISTA

IT	BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%		5.50		
2	% DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	%		48.00		
3	% AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA	%		52.00		2.344
4	PESO ESPECIFICO DEL C.A. - APARENTE	gr/cm ³		1.01		
5	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO	gr/cm ³		2.610		
6	PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO	gr/cm ³		2.600		3.5
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm	6.24	6.31	6.4	
8	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1192.2	1201.3	1201.5	10.0
9	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1196.5	1204.3	1205.0	64.7
10	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA	gr	689.0	692.2	690.8	
11	VOL. DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (9 - 10)	cm ³	507.5	512.1	514.2	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9 - 8)	gr	4.3	3.0	3.5	
13	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (8/11)	gr/cm ³	2.349	2.346	2.337	3.33
14	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.430	2.440	2.440	
15	ABSORCION ((9-4)/(9-10))*100	%	0.847	0.586	0.681	
16	PORCENTAJE DE VACIOS = (14-13/14)*100	%	3.33	3.457	3.827	1276
17	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³		2.605		3852
18	V.M.A = 100 - (2+3)*13/17	%	9.8	9.9	10.3	
19	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = (18-16)/18*100	%	66.1	65.2	62.8	
20	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3)/(100/14-1/4)	gr/cm ³		2.814		
21	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*4*(20-17)/(20*17))	%		2.88		
22	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%		5.50		
23	FLUJO	m.m.	3.00	3.40	3.60	
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1253	1258	1260	
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.03	1.01	1.00	
26	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1288	1273	1266	
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg/cm	4294	3745	3517	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Brian Emmanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Tujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

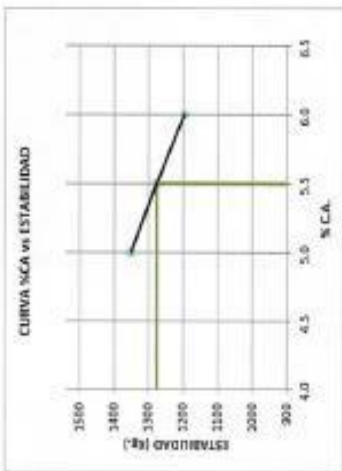
RESPONSABLE TESISISTA

IT	BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%		6.00		
2	% DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	%		48.00		
3	% AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA	%		52.00		
4	PESO ESPECIFICO DEL C.A. - APARENTE	gr/cm ³		1.01		
5	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO	gr/cm ³		2.610		
6	PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO	gr/cm ³		2.600		
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	cm ³	6.30	6.21	6.2	
8	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1195.0	1197.0	1201.6	
9	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	gr	1199.4	1199.4	1205.7	
10	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA	gr	686.0	686.2	689.5	
11	VOL. DE BRJO. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11-12)	cm ³	513.4	513.2	506.2	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (9-10)	gr	4.4	2.4	4.1	
13	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (10/13)	gr/cm ³	2.328	2.332	2.374	2.345
14	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cm ³	2.420	2.420	2.400	
15	ABSORCION ((9-8)/(9-10))*100	%	0.857	0.468	0.810	
16	PORCENTAJE DE VACIOS = (14-13/14)*100	%	3.80	3.635	1.901	3.1
17	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cm ³		2.605		
18	V.M.A = 100 - (2+3)*13/17	%	10.6	10.5	8.9	10.0
19	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = (18-16)/18*100	%	64.2	65.1	78.5	69.4
20	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3)/(100/14-1/4)	gr/cm ³		2.826		
21	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*4*(20-17)/(20*17))	%		3.04		
22	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%		6.00		
23	FLUJO	m.m.	3.50	3.00	3.80	3.43
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1172	1181	1178	
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.01	1.01	1.03	
26	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1181	1191	1216	1196
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg/cm	3374	3970	3201	3515



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

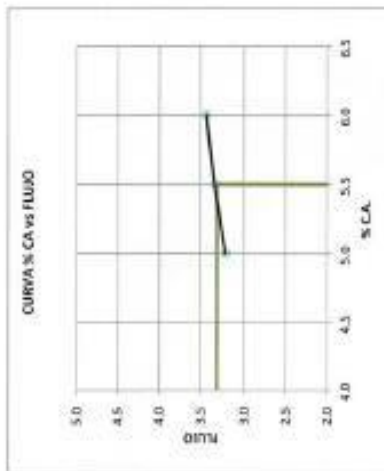
% CA	ESTAB C/C
5.0	1350
5.5	1276
6.0	1196



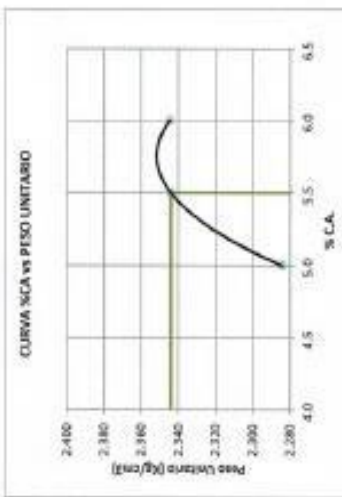
% CA	VACIOS
5.0	48
5.5	35
6.0	31

% CA	ESTAB C/C
5.0	1350
5.5	1276
6.0	1196

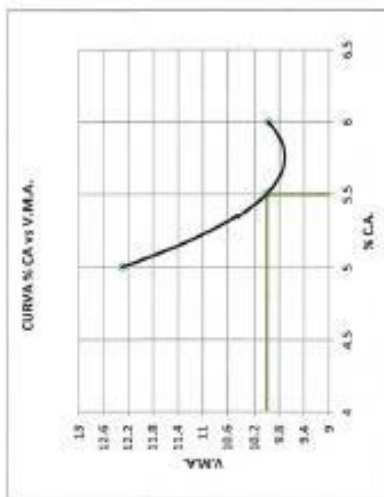
% CA	FLUIDO
5.0	3.2
5.5	3.3
6.0	3.4



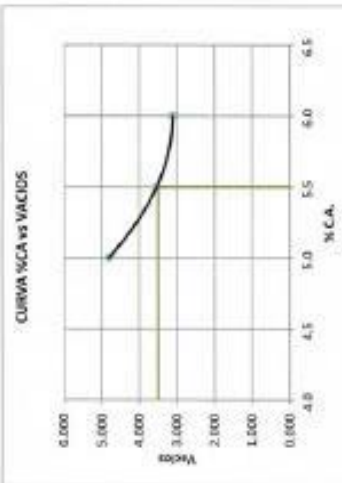
% CA	FLUIDO
5.0	3.2
5.5	3.3
6.0	3.4



% CA	PESO UNIT
5.0	2.204
5.5	2.344
6.0	2.345



% CA	V.M.A.
5.0	12.3
5.5	10.0
6.0	10.0



% CA	VACIOS
5.0	48
5.5	35
6.0	31

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	
ÓPTIMO CONTENIDO DE C.A. (%)	5.5
ESTABILIDAD (kg)	1276
PESO UNITARIO (kg/cm³)	2.344
VACIOS DE AIRE (%)	3.5
FLUIDO (BIT)	3.3
V.M.A. (%)	10
ESTABILIDAD/FLUIDO (kg/cm²)	1,522.31



TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

pes. Pieno 2315.7
 PESO EN AIRE DENSIDAD MAXIMA RICE SI TEMPERATURA ES 25 ± 1 °C

5% C.A.			
COD.	IDENTIF. DE MEZCLA		
A	Peso de la muestra seca en aire, gr	1900	1950
D	Peso de la placa de cubierta + envase lleno de agua a 25°C, gr	7852	7856
E	Peso del envase + placa de cubierta + muestra + agua a 25°C, gr	8825	8832
Gmm	Gravedad específica máxima de la mezcla (Rice)	2.05	2.002

5.5% C.A.			
COD.	IDENTIF. DE MEZCLA		
A	Peso de la muestra seca en aire, gr	1900	1950
D	Peso de la placa de cubierta + envase lleno de agua a 25°C, gr	7852	7856
E	Peso del envase + placa de cubierta + muestra + agua a 25°C, gr	8825	8832
Gmm	Gravedad específica máxima de la mezcla (Rice)	2.05	2.002

6% C.A.			
COD.	IDENTIF. DE MEZCLA		
A	Peso de la muestra seca en aire, gr	1900	1950
D	Peso de la placa de cubierta + envase lleno de agua a 25°C, gr	7852	7856
E	Peso del envase + placa de cubierta + muestra + agua a 25°C, gr	8825	8832
Gmm	Gravedad específica máxima de la mezcla (Rice)	2.05	2.002



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Néstor Emanuel Córdova Saldaña
 CIP: 211014
 Jefe de Laboratorio de Materiales de Suelos e Hidráulicas

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

PESO EN AIRE DENSIDAD MÁXIMA (RICE) SI TEMPERATURA VARIA DE 25 ± 1 °C

5% C.A.			
COD.	IDENTIF. DE MEZCLA		
A	Peso de la muestra seca en aire, gr	1900	1950
T	Temperatura de prueba	23	23,5
D	Peso de la placa de cubierta + envase lleno de agua Calibrado a temperatura de prueba, gr	7741.82	7864.54
E	Peso del envase + placa de cubierta + muestra + agua a 25°C, gr	8825	8832
Gmm	Gravedad específica máxima de la mezcla (Rice)	2.326	1.985

5.5% C.A.			
COD.	IDENTIF. DE MEZCLA		
A	Peso de la muestra seca en aire, gr	1900	1950
T	Temperatura de prueba	23	23.5
D	Peso de la placa de cubierta + envase lleno de agua Calibrado a temperatura de prueba, gr	7741.82	7864.54
E	Peso del envase + placa de cubierta + muestra + agua a 25°C, gr	8825	8832
Gmm	Gravedad específica máxima de la mezcla (Rice)	2.326	1.985

6% C.A.			
COD.	IDENTIF. DE MEZCLA		
A	Peso de la muestra seca en aire, gr	1900	1950
T	Temperatura de prueba	23	23.5
D	Peso de la placa de cubierta + envase lleno de agua Calibrado a temperatura de prueba, gr	7741.82	7864.54
E	Peso del envase + placa de cubierta + muestra + agua a 25°C, gr	8825	8832
Gmm	Gravedad específica máxima de la mezcla (Rice)	2.326	1.985




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Gádenas Saldaña
 CIP. 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISISTA

TABLA 1 Factores de corrección densidad-temperatura para °C

Temperatura	Multiplicador	Temperatura	Multiplicador
21.0	1.000951	25.5	0.999870
21.5	1.000840	26.0	0.999738
22.0	1.000728	26.5	0.999604
22.5	1.000613	27.0	0.999466
23.0	1.000495	27.5	0.999327
23.5	1.000375	28.0	0.999186
24.0	1.000253	28.5	0.999042
24.5	1.000127	29.0	0.998897
25.0	1.000000	29.5	0.998748




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 214874
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Mezclas

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE TESISTA

IT	BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%		5.50		
2	% DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	%		48.000		
3	% AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA	%		50.000		
4	PESO ESPECIFICO DEL C.A. - APARENTE	Gr./c.c.		1.01		
5	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO	Gr./c.c.		2.610		
6	PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO	Gr./c.c.		2.600		
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	Cm	6.50	6.60	6.5	
8	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	Grs	1191.4	1189.7	1192.8	
9	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	Grs	1193.7	1192.6	1195.6	
10	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA	Grs.	676.9	678.8	679.3	
11	VOL. DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	c.c.	516.8	513.8	516.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	Grs	2.3	2.9	2.8	
13	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (10./13)	Gr./c.c.	2.305	2.315	2.310	2.310
14	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	Gr./c.c.	2.326	2.326	2.326	
15	ABSORCION	%	0.445	0.564	0.542	
16	PORCENTAJE DE VACIOS = $(16-15/16*100)$	%	0.900	0.473	0.688	0.7
17	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	Gr./c.c.		2.605		
18	V.M.A = $100 - (2+3+4)*15/19$		13.3	12.9	13.1	13.1
19	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = $(20-18)/20*100$	%	93.2	96.3	94.7	94.8
20	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $(2+3+4)/(100/16-1/5)$	Gr./c.c.		2.610		
21	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = $(100*5*(22-19)/(22*19))$	%		0.08		
22	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%		5.50		
23	FLUJO	m.m.	2.00	2.10	2.50	2.20
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1295	1287	1292	
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.01	1.00	
26	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1290	1295	1289	1291
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg./cm	6450	6167	5157	5925



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

TESIS Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE TESISTA

IT	BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%		5.50		
2	% DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	%		48.000		
3	% AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA	%		50.000		
4	PESO ESPECIFICO DEL C.A. - APARENTE	Gr./c.c.		1.010		
5	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO	Gr./c.c.		2.610		
6	PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO	Gr./c.c.		2.600		
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	Cm	6.48	6.5	6.50	
8	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	Grs.	1192.1	1197.3	1199.6	
9	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	Grs.	1195.1	1199.1	1202.5	
10	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA	Grs.	669.9	679.8	689.2	
11	VOL. DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	c.c.	525.2	519.3	513.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	Grs.	3.0	1.8	2.9	
13	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (10/13)	Gr./c.c.	2.270	2.306	2.337	2.304
14	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	Gr./c.c.	2.326	2.326	2.326	
15	ABSORCION	%	0.571	0.347	0.565	
16	PORCENTAJE DE VACIOS = $(16-15/16*100)$	%	2.410	0.860	-0.473	0.9
17	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	Gr./c.c.		2.605		
18	V.M.A = $100 - (2+3+4)*15/19$	%	14.6	13.2	12.1	13.3
19	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = $(20-18)/20*100$	%	83.5	93.5	103.9	93.6
20	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $(2+3+4)/(100/16-$	Gr./c.c.		2.610		
21	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = $(100*5*(22-19))/(22*19)$	%		0.08		
22	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%		5.50		
23	FLUJO	mm	2.50	2.50	2.95	2.65
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1362	1350	1367	
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.97	0.99	1.01	
26	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1318	1342	1378	1346
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg/cm	5272	5369	4671	5104



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Brian Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 2°11074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

TESIS: Influencia de los residuos plásticos reciclados como modificantes de una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018

AUTOR: FLORES BARRIOS ELVIRA MILAGRITOS

RESPONSABLE: TESISTA

IT	BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	%		5.59		
2	% DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	%		48.000		
3	% AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA	%		50.000		
4	PESO ESPECIFICO DEL C.A. - APARENTE	Gr./c.c.		1.010		
5	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO BULK SECO	Gr./c.c.		2.610		
6	PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO BULK SECO	Gr./c.c.		2.600		
7	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	Cm	6.50	6.40	6.60	
8	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	Grs	1196.3	1171.6	1192.8	
9	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE	Grs	1196.9	1173.7	1195.6	
10	PESO DE BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA	Grs	677.6	661.9	692.2	
11	VOL. DE BRIQ. SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (11 - 12)	c.c.	519.3	511.8	503.4	
12	PESO DEL AGUA ABSORVIDA (11 - 10)	Grs	0.6	2.1	2.8	
13	PESO ESPECIFICO BULK BRIQUETA (10/13)	Gr./c.c.	2.304	2.289	2.369	2.321
14	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	Gr./c.c.	2.326	2.326	2.326	
15	ABSORCION	%	0.116	0.410	0.536	
16	PORCENTAJE DE VACIOS = (16-15/16*100)	%	0.950	1.591	-1.849	0.2
17	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	Gr./c.c.		2.605		
18	V.M.A = 100 - (2+3+4)*15/19		13.3	13.9	10.9	12.7
19	PORCENTAJE DE VACIOS LLENADOS CON C.A. = (20-18)/20*100	%	92.9	88.5	117.0	99.5
20	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/16-1/5)	Gr./c.c.		2.610		
21	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL = (100*5*(22-19)/(22*19))	%		0.08		
22	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%		5.50		
23	FLUJO	mm	2.68	2.10	2.18	2.32
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1193	1206	1198	
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.99	1.01	1.04	
26	ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1178	1222	1240	1216
27	ESTABILIDAD / FLUJO	Kg./cm.	4396	5819	5728	5314



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Brisa Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

GRAFICO DEL ENSAYO DE MARSHALL

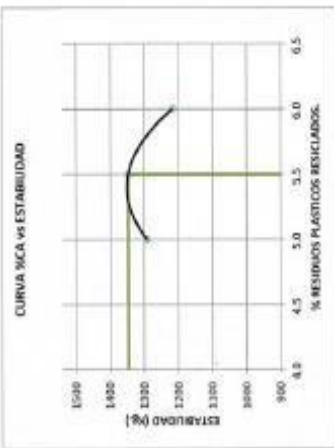
% plástico reciclado	% CA	ESTAB C/C
5	5.5	1291
5.5	5.5	1346
6	5.5	1216

% plástico reciclado	% CA	PESO UNIT.
5	5.5	2.310
5.5	5.5	2.304
6	5.5	2.321

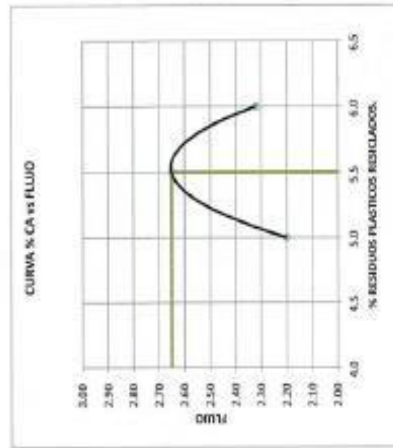
% plástico reciclado	% CA	VACIOS
5	5.5	0.7
5.5	5.5	0.9
6	5.5	0.2

% plástico reciclado	% CA	FLUJO
5	5.5	2.2
5.5	5.5	2.7
6	5.5	2.3

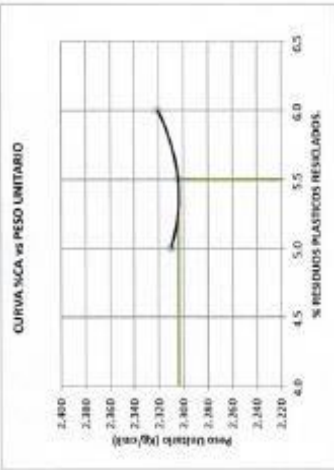
% plástico reciclado	% CA	VMA
5	5.5	13.1
5.5	5.5	13.3
6	5.5	12.7



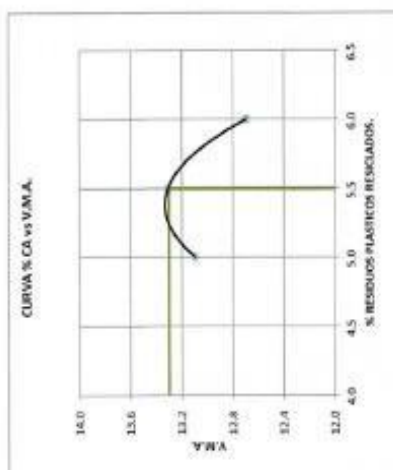
% PLASTICO RECIKLADO	% CA	ESTAB C/C
5.0	5.5	1291
5.5	5.5	1346
6.0	5.5	1216



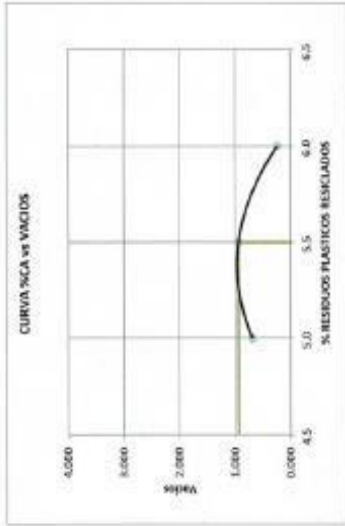
% PLASTICO RECIKLADO	% CA	FLUJO
5.0	5.5	2.2
5.5	5.5	2.7
6.0	5.5	2.3



% PLASTICO RECIKLADO	% CA	PESO UNIT.
5.0	5.5	2.310
5.5	5.5	2.304
6.0	5.5	2.321



% PLASTICO RECIKLADO	% CA	V.M.A.
5.0	5.5	13.1
5.5	5.5	13.3
6.0	5.5	12.7



% PLASTICO RECIKLADO	% CA	VACIOS
5.0	5.5	0.687
5.5	5.5	0.932
6.0	5.5	0.231

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA	
OPTIMO CONTENIDO DE E.B. (%)	5.5
ESTABILIDAD (K)	1346
PESO UNITARIO (kg/cm3)	2.304
VACIOS DE AIRE (%)	0.93
OPTIMO CONTENIDO DE RESIDUOS PLASTICOS RECIKLADOS (%)	
FLUJO (0.07")	2.65
V.M.A. (%)	13.3
ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm)	1,999.70



PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO 1: cantera San Martín, provincia de Ascope.



FOTO 2: Ensayo de Equivalente de Arena.



FOTO 3: Ensayo de Sales Solubles.



FOTO 4: Ensayo de contenido de humedad.



FOTO 5: Ensayo de gravedad específica.



FOTO 6: calentando el cemento asfáltico.



FOTO 7: preparación de mezcla asfáltica convencional.



FOTO 8: briqueta de mezcla asfáltica convencional.



FOTO 9: ensayo de método Marshall para la briqueta de mezcla asfáltica convencional.



FOTO 10: realizado la ruptura de la briqueta de mezcla asfáltica convencional.



FOTO 11: materiales para la preparación de la mezcla asfáltica modificada.



FOTO 12: preparación de la mezcla asfáltica modificada.



FOTO 13: briquetas de la mezcla asfáltica modificada.



FOTO 14: ensayo Marshall a las briquetas de la mezcla