



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado
para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019**

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Salazar Zela, Walther Gabriel (ORCID: 0000-0003-4897-0455)

ASESOR:

Mg. Benites Zúñiga, José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de lograr esta investigación.

A mi hija, por ser la principal motivación de mi vida.

A mi Familia, por apoyarme durante el proceso de la carrera y darme ánimos siempre.

Agradecimiento

Agradezco a los ingenieros mentores que me guiaron en la línea de investigación de Infraestructura vial para realizar el desarrollo del presente proyecto de investigación, en especial al Mg. Vilela y al Mg. Benites.

Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y Operacionalización	19
3.3. Población, muestra, muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	20
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS.....	48

Índice de tablas

Tabla 1:	Parámetros del ensayo Marshall en mezclas asfálticas.....	15
Tabla 2:	Ficha técnica del Polietileno de Tereftalato.....	17
Tabla 3:	Resultados estabilidad para pavimento ecológico.....	26
Tabla 4:	Resultados del Flujo para pavimento ecológico.....	27
Tabla 5:	Resultados del % de vacíos para pavimento ecológico.....	27
Tabla 6:	Gradación de los agregados para pavimento ecológico.....	28
Tabla 7:	Especificaciones de Gradación MAC-2.....	28
Tabla 8:	Mezcla asfáltica para pavimento ecológico.....	29
Tabla 9:	Parámetros de Diseño Marshall MTC E 504.....	29
Tabla 10:	Peso de Muestra Patrón.....	30
Tabla 11:	Peso de Muestra con PET al 1.0%.....	30
Tabla 12:	Peso de Muestra con PET al 3.0%.....	31
Tabla 13:	Peso de Muestra con PET al 5.0%.....	31
Tabla 14:	Cumplimiento de Parámetros para pavimento ecológico.....	32
Tabla 15:	Resultados de estabilidad.....	32
Tabla 16:	Resultados del Flujo.....	33
Tabla 17:	Resultados de % de vacíos.....	33
Tabla 18:	Granulometría mezcla MSC-19.....	34
Tabla 19:	Especificación de Gradación tipo MSC-19.....	35
Tabla 20:	Mezcla asfáltica MSC-19.....	36
Tabla 21:	Parámetros MSC-19.....	36
Tabla 22:	Cumplimiento de Parámetros.....	37

Índice de figuras

Figura 1:	Estado Actual de los pavimentos flexibles del distrito San Juan de Miraflores.....	1
Figura 2:	Propiedades de la mezcla asfáltica.....	3
Figura 3:	Pavimento flexible ecológico.....	4
Figura 4:	Componentes de la mezcla asfáltica.....	12
Figura 5:	Elaboración de briqueta.....	13
Figura 6:	Tipos de plástico en orden de reciclabilidad.....	15
Figura 7:	Mapa político de la provincia de Lima.....	23
Figura 8:	Distrito de San Juan de Miraflores.....	24
Figura 9:	Av. Calango.....	25
Figura 10:	Vías de acceso.....	25
Figura 11:	Resultados de estabilidad para pavimento ecológico.....	26
Figura 12:	Resultados del Flujo.....	27
Figura 13:	Resultados del % de vacíos.....	27
Figura 14:	Resultados de estabilidad.....	32
Figura 15:	Resultados del Flujo.....	33
Figura 16:	Resultados del % de vacíos.....	33
Figura 17:	Curva granulométrica de la mezcla patrón MSC-19.....	35
Figura 18:	Comparación de resultados estabilidad.....	39
Figura 19:	Comparación de resultados de Flujo.....	40
Figura 20:	Comparación de resultados de % de Vacíos.....	40

Resumen

El presente informe de investigación titulado “Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019” tuvo por objetivo general determinar la influencia de la aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles, Lima 2019, contribuyendo con una sociedad más sostenible. EL presente informe de investigación corresponde a un diseño no experimental-transversal de tipo aplicada y de nivel correlacional-causal, analizando la influencia de una variable en la otra sin modificar las variables y aplicando la técnica de Rev. Documental.

De la matriz de Categorización, se obtuvo los resultados y se determinó que las dosificaciones de plástico reciclado sustituyendo a un porcentaje del agregado tiende a mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en un rango de dosificación de 1 a 3% en comparación con una mezcla asfáltica convencional, contribuyendo al diseño de mezclas asfáltica, cumpliendo los parámetros de diseño descritos en el MTC ensayo Marshall E 504.

Se llegó a la conclusión que la dosificación óptima de plástico reciclado oscila en el rango de 1 a 3% y esta variación corresponde a factores externos como el tamaño del plástico reciclado a agregarse, el tipo de cemento asfáltico y las impurezas que pueda presentar el plástico reciclado.

Palabra claves: Mezclas asfálticas, plástico reciclado, propiedades, dosificación, ensayo Marshall.

Abstract

The present research report entitled “Evaluation of asphalt mix with the application of recycled plastic for flexible pavements in San Juan de Miraflores, Lima 2019” had the general objective of determining the influence of the application of recycled plastic on the asphalt mix for flexible pavement. in San Juan de Miraflores, Lima 2019, contributing to a more sustainable society. The present research report corresponds to a non-experimental-cross-sectional design of the applied type and of a correlational level, analyzing the influence of one variable on the other without modifying the variables.

It was determined that the recycled plastic dosages replacing a percentage of the aggregate tends to improve the properties of the asphalt mix in a dosage range of 1 to 3% compared to a conventional asphalt mix, contributing to the design of asphalt mixes, complying with the Design parameters described in the MTC Marshall E 504 test.

It was concluded that the optimal dosage of recycled plastic ranges from 1 to 3% and this variation corresponds to external factors such as the size of the recycled plastic to be added, the type of asphalt cement and the impurities that the plastic may present. recycling.

Keywords: Asphalt mixes, recycled plastic, properties, dosage, Marshall test.

I. INTRODUCCIÓN

El pavimento flexible a nivel internacional (Países como México, Colombia, Venezuela, Chile) es muy aplicado actualmente, debido a sus bajos costos iniciales pero que a largo plazo tienen que hacerse un mantenimiento debido al desgaste, en países latinoamericanos este problema afecta a la sociedad debido a que no se hacen los mantenimientos correspondientes y los pavimentos flexibles tienden a quedarse en mal estado.

En la Actualidad, el uso del pavimento flexible, las cuales son elaboradas mediante mezclas asfálticas, sigue siendo la principal infraestructura vial para unir las comunidades; esto permite el desarrollo del Perú y a pesar del centralismo en el departamento de Lima, muchos de los distritos de la capital se encuentran en mal estado e incluso no cuentan con un diseño de pavimento (ya sea flexible o rígido). En San Juan de Miraflores, se puede apreciar que los pavimentos flexibles se encuentran en mal estado lo cual es debido a la falta de mantenimiento.



Figura 1: Estado Actual de los pavimentos flexibles del distrito San Juan de Miraflores

Otro problema que se deja de lado es el alto grado de contaminación que existe a nivel mundial y evidentemente también en el Perú, por lo cual es urgente buscar maneras más ecológicas de implementar la tecnología en todo rubro, incluyendo el de construcción. Por lo cual se puede proponer como una alternativa viable que pueda servir en los mantenimientos y rehabilitación de los pavimentos flexibles; utilizando un diseño de mezcla asfáltica con plástico reciclado, los cuales podrían generar un beneficio al influir positivamente en las mezclas asfálticas obteniéndose mejores propiedades (estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos) a comparación de una mezcla convencional cumpliendo con los parámetros del MTC y también aportar con una ciudad menos contaminada.

Problema general

¿Cuál es la influencia de la aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles, Lima 2019?

Problemas específicos

¿Mejora las propiedades del diseño la mezcla asfáltica con la aplicación de plástico reciclado comparado con la mezcla asfáltica convencional?

¿La aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica cumple con los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504?

¿Cuál es la dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse a la mezcla asfáltica?

Justificación Social

El proyecto de investigación contribuye a buscar una mejora en la transitabilidad en los pavimentos flexibles, mejorando el diseño de las mezclas asfálticas y sus propiedades para los pavimentos flexibles.

Justificación practica

La capacidad de realizar mezclas asfálticas con aplicación de plástico se puede utilizar tanto para rehabilitación como para mantenimiento de pavimentos flexibles, siendo conveniente aplicarse en pavimentos con transito medio.

Justificación Teórica

Las propiedades del plástico reciclado, específicamente del plástico PET (polietileno de tereftalato) en general contribuye a la mezcla asfáltica, mejorando sus propiedades (% de vacíos, flujo, estabilidad). Criterios básicos para diseñar la mezcla asfáltica por método Marshall MTC E 504.

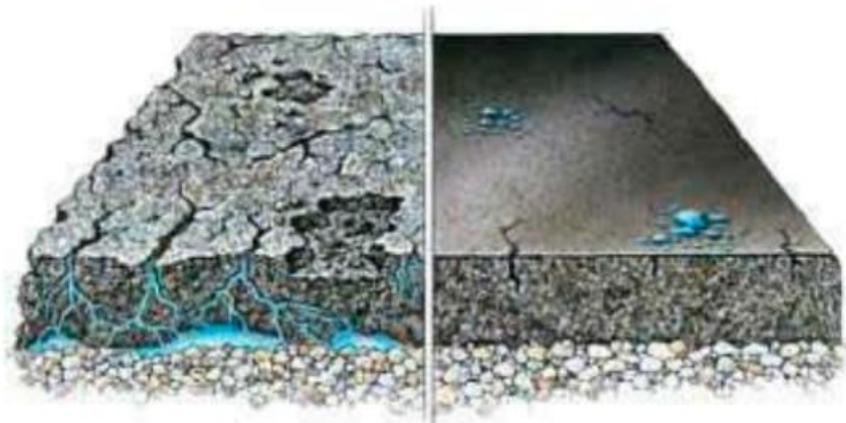


Figura 2: *Propiedades de la mezcla asfáltica*

Fuente: *Arias G.*

Justificación Económica

El presente informe de investigación es viable económicamente debido a que el costo inicial puede aumentar como en toda tecnología en la que se busca aportar al medio ambiente, pero no significativamente. Por el contrario, las propiedades adquiridas permiten un mayor tiempo de servicio al pavimento flexible; lo cual reduce los costos por mantenimiento a largo plazo.

Justificación Ambiental

El presente informe de investigación contribuye a la exploración de nuevos diseños de mezclas asfálticas que disminuyan la contaminación por desperdicios plásticos, los cuales representan el 10% del total de residuos sólidos generados en nuestro país. Mejorando la calidad de vida que se proyecta a una sociedad más amigable con el medio ambiente.



Figura 3: *Pavimento flexible ecológico*

Fuente: *HG Corp.*

Objetivo General

Determinar la influencia de la aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles, Lima 2019.

Objetivos Específicos

Determinar la variación de las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando plástico reciclado, teniendo como base el diseño de mezclas convencional.

Determinar que cumpla los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC E 504, con la aplicación de plástico reciclado, teniendo como base el diseño de mezclas convencional.

Determinar la dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse en la mezcla asfáltica y cumpla los parámetros de ensayo Marshall del MTC E 504.

Hipótesis General

La aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica influye positivamente en (el diseño de mezcla asfáltica) para los pavimentos flexibles, Lima 2019.

Hipótesis Específicas

Mejora las propiedades del diseño la mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles, Lima 2019

La aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica cumple los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504.

La dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse a la mezcla asfáltica son 0.5, 1 y 3%

II. MARCO TEÓRICO

Silva, (2018), en su tesis de ingeniería civil titulada “*Influencia de la adición de residuos plásticos en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Chiclayo 2018*”. De la Universidad Privada del Norte, tuvo como **objetivo general** la utilización del plástico reciclado pero de manera pulverizada para el diseño de pavimentos flexibles , reemplazando un porcentaje del agregado fino sin alterar el porcentaje del cemento asfáltico, la **metodología** aplicada es un diseño experimental de nivel exploratorio y de tipo aplicada, su **población y muestra** fueron el total de 30 briquetas, se elaboró ensayos con diferentes porcentajes de adición de plástico reciclado así como también diferentes porcentajes de cemento asfáltico PEN 60/70 para poder compararlos con las propiedades y características que tiene la mezcla asfáltica base y **la conclusión** fue que incorporar plástico reciclado mejora las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente positivamente. Estas mezclas asfálticas en caliente deben cumplir con lo establecido en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), de esta manera al cumplir con las propiedades y características mínimas que exige el MTC pueda ser aplicado en los pavimentos flexibles según el diseño elaborado.

Ramírez y Tananta, (2018), en su tesis de ingeniería civil titulada “*Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos de plástico reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018*”, de la Universidad Cesar Vallejo, tuvo como **objetivo general** lograr determinar una carpeta asfáltica con mejores propiedades aplicándole plástico reciclado en gránulos y a su vez hacer un análisis comparativos de los resultados con la carpeta asfáltica convencional, el **tipo de investigación** fue experimental descriptiva, la **población** fue las vías del distrito de Tabalosos, y la muestra fueron 10 diseños con variación del porcentaje de C:A para ambos tipos de carpetas asfálticas, y se **concluyó** después de elaborar los ensayos en el laboratorio que al aplicar plástico reciclado en forma de gránulos en la mezcla asfáltica se obtuvo en los resultados que tiende a disminuir los porcentajes de vacíos, lo cual puede aumentar significativamente la vida útil y tiempo de servicio

del pavimento flexible; mientras que en términos económicos al elaborar el ACU (análisis de costo unitario) se pudo hacer una comparación entre el costo total de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado en gránulos, obteniéndose una carpeta asfáltica más económica por m³.

Silvestre (2017) en su tesis de ingeniería civil titulada “**Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017**”, de la Universidad Cesar Vallejo, tuvo como **objetivo general** el establecer el porcentaje óptimo que se puede aplicar en la mezcla asfáltica para mejorar las características físicas y estructurales a comparación de la mezcla convencional, el diseño aplicado en esta **metodología** es experimental y de nivel explicativo, la **población** será considerada igual a las 60 briquetas que serán elaboradas y la muestra fue el total de 60 briquetas aplicando ensayo Marshall los cuales fueron elaborados en el laboratorio, en los **resultados** se obtuvo un diseño de mezcla asfáltica agregando en porcentajes de plástico reciclado, el cual tiene una mínima reducción en el flujo a comparación de la mezcla asfáltica base, agregando propiedades elásticas y de rigidez. Se llegó a obtener con las pruebas experimentales una mezcla asfáltica con resistencia ante las deformaciones en las cuales se observa que el costo total para producir esta mezcla por m³ tiende a ser más económico que una mezcla asfáltica convencional, esta mezcla cumple con todos los parámetros mínimos establecidos por el MTC.

Navarro (2017), en su tesis de ingeniería civil titulada “**Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET**”, de la Universidad Señor de Sipán, tuvo como **objetivo general** analizar la elaboración de las mezclas asfálticas con adiciones de polietileno de tereftalato, Y comparar su reacción del plástico con la briquetas de muestras patrones, la finalidad del presente proyecto de investigación es proponer el uso de una mejor alternativa que permita ampliar su vida útil y de esta manera obtener un ahorro significativo en cuanto a la inversión, la **metodología** aplicada en el presente proyecto de investigación es de tipo tecnológico, el diseño es experimental y el nivel es explicativo, la **población** será

igual a la muestra debido a que son ensayos de briquetas elaborados en laboratorio las cuales son 18 briquetas, en los **resultados** obtenidos en el laboratorio tras los diferentes ensayos para cada tipo de tránsito vehicular (liviano, medio, y pesado), se puede aplicar para un tránsito liviano debido a que al variar los porcentajes las briquetas fallan por desintegración y se concluyó que esta tecnología está en proceso de mejora debido a que los ensayos tienen factores que pueden afectar al desempeño de la mezcla y de esta manera no cumplir con los requerimientos del MTC.

Rojas (2019) en su tesis de ingeniería civil titulada “***Diseño de pavimento modificado con la adición de plástico reciclado para ciclovías***”, de la Universidad de Cuenca, el **objetivo general** de este proyecto de investigación presentar un diseño alternativo de pavimento flexible el cual sea incorporando reciclado de PET triturado en una mezcla asfáltica y que siga cumpliendo su función con el mismo o mejor rendimiento. La utilización de estos plásticos reciclados debe cumplir con los códigos y normas de construcción, la **metodología** aplicada es un diseño experimental de nivel exploratorio, la **población** y muestra fueron el total de 8 briquetas que se elaboraron en los ensayos con diferentes porcentajes de adición de plástico reciclado PET triturado, los **resultados** obtenidos mediante el ensayo Marshall determinaron que el porcentaje óptimo es del 4% cumpliendo con los requerimientos mínimos establecidos por la norma técnica para las mezclas asfálticas, **se concluyó** que se propone un diseño de mezcla más económico que cumpla con los estándares actuales, también es un diseño de mezcla más sostenible en términos de impacto ambiental ya que la contaminación por residuos plásticos es alta y se necesita implementar el reciclaje en el sector de la construcción.

Camacho, Gómez, López (2019), en su tesis de ingeniería civil titulada “***Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de PET***”, de la Universidad Cooperativa de Colombia, el **objetivo general** fue diseñar un pavimento flexible incorporando fibra de polietileno de tereftalato (PET) en la mezcla asfáltica en caliente, elaborando los respectivos ensayos en el laboratorio y de esta manera hacer un análisis comparativo entre esta mezcla y la mezcla

asfáltica convencional, **metodología** aplicada es un diseño experimental y cuantitativo, , la **población** y muestra fueron el total de 9 briquetas elaboradas en los ensayos del laboratorio con el porcentaje de 1% de adición de fibra de PET, Se **realizó** los ensayos determinados en el laboratorio para elaborar una comparación entre los resultados y el diseño de la mezcla asfáltica patrón, se determinó la ventaja al disminuir los espesores de la capa asfáltica y por lo tanto a la estructura de pavimento, cumpliendo con la normatividad del INVIAS y la asociación española de normalización (UNE) **concluyendo** que es aplicable y además brinda un aporte para reducir el porcentaje de PET utilizado a gran escala, siendo un aporte al medio ambiente y también a una nueva implementación de pavimentos flexibles.

Marcillo (2018), en su tesis de ingeniería civil titulada “***Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden***”, de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, el **objetivo general** fue obtener una carpeta asfáltica con propiedades mecánicas modificadas con adición de PET reciclado mediante el proceso de vía seca, los cuales mejoren estructuralmente al pavimento flexible y cumplan con lo establecido en la norma de construcción de pavimentos, La **metodología** del proyecto de investigación es el diseño experimental y tipo aplicada, la **población** y muestra es el total de 24 briquetas debido a que al tener más unidades el resultado podrá ser más considerable, de los ensayos elaborados se obtuvo como **resultados** que tiende a mejorar la durabilidad y disminuir las posibles deformaciones por las cargas producidas por el tráfico, extendiendo su periodo de vida útil y disminuyendo el plazo de necesidad de mantenimiento y en general reduciendo el costo total, se **concluyó** que es preferible elaborar la adición de plástico reciclado mediante el proceso de vía seca definiéndose una mezcla optima agregando el 3% de plástico reciclado a la mezcla asfáltica ya que el método por vía húmeda no dio los resultados esperados.

Ameri y Nasr (2017) in the thesis “**Performance properties of devulcanized waste PET modified asphalt mixtures**”. The **purpose** of this investigation is for watch the possibility for incorporating devulcanized polyethylene terephthalate

(PET) to improve the mixed properties, seven asphalt mixtures were manufactured with different percentages of devulcanized waste PET (DWP) (0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 and 15% by weight of asphalt binder) with wet process. The physical and mechanical properties of mixtures not modified and modified with DWP were applied Marshall stability, indirect tensile strength and wheel tracking tests. Las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas con DWP varían en función de los porcentajes.

Hassan Ziari et al. (2016) in the thesis "**Laboratory evaluation of the effect of waste plastic bottle (PET) on rutting performance of hot mix asphalt mixtures**" The evaluation of asphalt mixtures with different addition in percentages of PET (0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%) and different PET sizes (10 × 2.5, 20 × 2.5 and 30 × 2.5 mm) was developed) for the dynamic creep test and Hamburg wheel tracking device. The **results** indicated that the resistance to routing of the mixtures increases by adding PET contents and decreases with increasing PET sizes. Se obtiene que la resistencia de la mezcla asfáltica aumenta al agregarse PET, pero disminuye aumentando el tamaño del PET.

Sojobi, A. O., Nwobodo, S. E., & Aladegboye, O. J. (2016). In "**Recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle wastes in bituminous asphaltic concrete**". This research shows a new technology for the construction sector in the field of ecological roads that includes ecological design, ecological extraction, ecological manufacturing, ecological construction, ecological rehabilitation, ecological maintenance, ecological demolition and socioeconomic empowerment. Donde define la importancia de buscar nuevas tecnologías para la construcción que sean amigables con el medio ambiente y disminuya la contaminación por residuos sólidos.

Figuroa y Fonseca (2015). En el artículo científico "**Estudio de material reciclado para reparar fisuras y su aplicación en un pavimento en Bogotá**". Uno de los estudios en la investigación fue el reciclaje de materiales no biodegradables para ser reutilizados como sellantes de fisuras en los pavimentos flexibles. Entre los materiales que se reciclaron está el caucho y poli estireno

(icopor), lo cual mejora las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la mezcla asfáltica. Los ensayos realizados incluyeron la caracterización fisicoquímica de los materiales para encontrar las proporciones óptimas de aplicación en campo. Se analizaron ensayos para encontrar la estabilidad química, la deformación plástica, la fatiga y el módulo dinámico de la mezcla diseñada, se llegó a la conclusión que la aplicación de caucho aporta significativamente al diseño de la mezcla asfáltica.

Contreras Georgina, Diseño y elaboración de adoquines de PET reciclado. (2015). Revista Ideas en Ciencia nº. 44. este trabajo se presenta el “***Diseño y la elaboración de adoquines utilizando PET (Tereftalato de Polietileno) reciclado como propuesta de solución para manejo de desechos plásticos***”, estudiando cómo generar la reducción de contaminación, ahorro de consumo energético y reducción de emisión de gases de efecto invernadero al medio ambiente. El adoquín de RPET (PET reciclado) fue diseñado para su uso en la construcción de pavimentos o carpetas de rodamiento, esta alternativa de solución es viable debido a que el PET reciclado en las dosificaciones correctas aporta y mejora las características de los adoquines.

Choudhary, R., Kumar, A., & Murkute, K. (2018). ***Properties of Waste Polyethylene Terephthalate (PET) Modified Asphalt Mixes: Dependence on PET Size, PET Content, and Mixing Process***. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 62(3), 685-693. Volumetric properties, Marshall parameters, and moisture susceptibility characteristics of PET modified mixes were evaluated and compared with control mix (without PET). Analysis of variance (ANOVA) was performed to evaluate main and interaction effects of the variables. Results indicated that all the three variables had significant influence on the measured properties. Further, mixes prepared using modified dry process outperformed other mixes and showed highest resistance towards moisture induced damage. El ensayo Marshall evalúa los efectos de la interacción de las variables, dando como resultado la influencia en las propiedades de la mezcla.

Mezcla asfáltica se define como la combinación de asfalto con agregados minerales pétreos que tienen una proporción ya establecida para construir pavimentos¹.

mezcla bituminosa o también mezcla en caliente, es la mezcla de áridos con un ligante incluyendo el polvo mineral².

La mezcla asfáltica es el material conformado por la mezcla de agregados pétreos con un ligante hidrocarbonado; logrando hacer una película continua³.

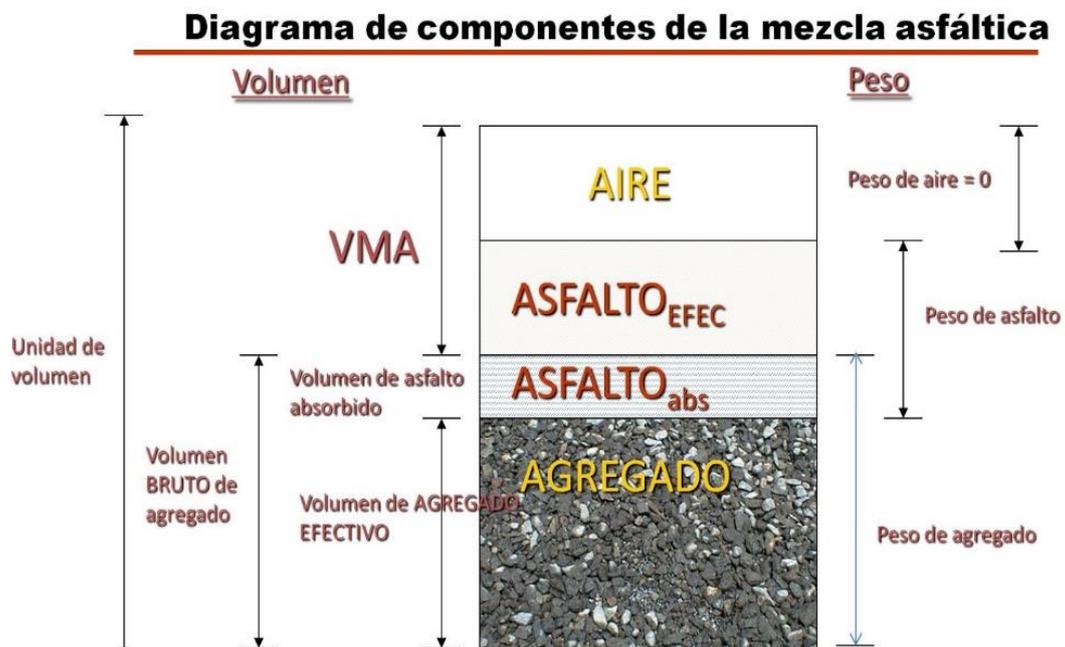


Figura 4: Componentes de la mezcla asfáltica

Fuente: Ingeniería Vial Fundamental.

Asfalto está conformado en gran porcentaje por betunes naturales o los que son procesados por refinación del petróleo. Se encuentra en diferentes porcentajes en el crudo de petróleo⁴.

¹ (MTC, 2018, p.16)

² (MOP, 2015, p.52)

³ (CORTEZ, 2007, p.67)

⁴ (MTC, 2018, p.4)

Asfalto se define como la mezcla obtenida de hidrocarburos y mineral, constituido betunes naturales o por refinación del petróleo⁵.

Pavimento flexible, Se compone principalmente de materiales con propiedades bituminosas como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos⁶.

Propiedades de la mezcla asfáltica, es un material es aglomerante y resistente, impermeable y duradero, resiste esfuerzos instantáneos y cambios de temperatura⁷.

La **estabilidad** obtenida por el ensayo Marshall corresponde a la máxima resistencia a deformarse mediante la aplicación de una carga continua. Esta estabilidad puede variar según la cantidad, el tipo y la gradación de los agregados, así como la cantidad de bitumen utilizado⁸.

Estabilidad, capacidad de soportar las cargas ocasionadas al tránsito vehicular, evitando desplazamientos y las deformaciones, manteniendo su forma y textura⁹.

Estabilidad, propiedad que tiene la mezcla para asfáltica para evitar las posibles deformaciones a causa de las cargas generadas por los vehículos¹⁰.



Figura 5: *Elaboración de briqueta*

Fuente: *Ministerio de Transporte y Obras Publicas*

⁵ (NUÑEZ, 2014, p.36)

⁶ (MTC, 2013, p.581)

⁷ (MTC, 2016, p.79)

⁸ (MTC, 2016, p.583)

⁹ (CORTEZ, 2007, p.88)

¹⁰ (TRANSPORTE, 2005, p.29)

% de Vacíos de mezclas bituminosas que se usa como parámetro para elaborar el diseño de la mezcla asfáltica y evaluación de compactación correcta de un pavimento asfáltico¹¹.

% de Vacíos, cantidad en volumen de aire atrapado que presenta la briqueta entre las partículas de la mezcla, luego de la compactación¹².

% de Vacíos en mezclas con porcentaje mínimo se obtendrá mezclas más densas. Un porcentaje superior a los parámetros de % vacíos resulta en una mezcla que es porosa mientras que bajos % de vacíos perjudica la mezcla¹³.

El **flujo** Marshall es el parámetro de la deformación en las mezclas asfálticas, determinado durante el ensayo de estabilidad, se estima rangos aceptables ya que no hay un valor establecido¹⁴.

Flujo de la mezcla de asfáltica es la deformación en mm o pulgadas que manifiesta la briqueta hasta el momento que se produce la falla¹⁵.

El valor del **flujo** es igual a la variación vertical (deformación) total de la briqueta, la cual ha sido sometida a una carga máxima, del cual posteriormente disminuye¹⁶.

¹¹ (MTC, 2016, p.594)

¹² (NUÑEZ, 2014, p.45)

¹³ (ICG, 2006, p.7)

¹⁴ (MTC, 2016, p.590)

¹⁵ (RONDON, 2012, p.55)

¹⁶ (ICG, 2006, p.9)

Tabla 1: *Parámetros del ensayo Marshall en mezclas asfálticas*

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
CRITERIOS MARSHALL								
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacios en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacios agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Fuente: *Adaptado del Manual de ensayo de materiales, MTC.*

El plástico tiene la capacidad para cubrir diferentes usos técnicos que contiene este material que está compuesto por resina, proteínas y otras sustancias. Entre sus propiedades físicas tiene la capacidad para moldearse y modificar su forma de manera permanente mediante compresión y temperatura, alto coeficiente de deslizamiento, es reciclable¹⁷. El plástico de uso más común es el PET, material que será reciclado y aplicado en el presente proyecto de investigación.



1. PET (Polietileno Tereftalato)
2. PEAD (Polietileno de Alta Densidad)
3. PVC (Poli - Cloruro de Vinilo)
4. PEBD (Polietileno de Baja Densidad)
5. PP (Polipropileno)
6. PS (Poliestireno)
7. OTROS

Figura 6: *Tipos de plástico en orden de reciclabilidad*

Fuente: *Richarson y Lokensgard*

¹⁷ (RICHARSON, y otros, 2003, p. 51)

El **reciclaje del plástico** como una fuente potencial para elaborar diferentes productos, desde muebles, tableros y recipientes a un bajo costo¹⁸.

El **reciclaje** de productos como **plásticos**, papeles, vidrios, etc. Ha generado una solución económica debido a la reducción de costos¹⁹.

Reciclaje de material que ha sido utilizado para almacenar material líquido o sólido y ya dejó de cumplir su función. Para disminuir la contaminación por estos residuos plásticos pueden ser utilizados para otros fines como el rubro de construcción²⁰.

Composición, polímero compuesto por cadenas repetidas de hidrógeno, oxígeno y carbono²¹.

La composición se obtiene mediante la poli-condensación de ácido tereftálico y etilenglicol²².

La composición del PET se ubica en el grupo de los materiales sintéticos conocidos por poliésteres²³.

¹⁸ (Delgado, 2018, p.19)

¹⁹ (TERC, y otros, 2012, p.14)

²⁰ (RICHARSON, y otros, 2003, p.52)

²¹ (ENGINEERING RECYCLING MASCHINEN "EREMA", 2018, p.17)

²² (RICHARSON, y otros, 2003, p.46)

²³ (ANAIP, 1991, p.23)

Tabla 2: Ficha técnica del Polietileno de Tereftalato

Características técnicas				
Densidad		ISO 1183	g/cm ³	1,36
Temperatura de Servicio			C°	- 40 + 110
Temperatura máxima de servicio en periodos breves			C°	≤160
Esfuerzo en el punto de fluencia		ISO 527	MPa	80
Elongación a la rotura		ISO 527	%	20
Modulo de elasticidad a la tensión		ISO 527	Mpa	3200
Resistencia al impacto		ISO 179/IeU	kJ/m ²	82
Dureza		ISO 13000-2	Shore D	81
Tiempo limite de rendimiento δ 1/1000	23°C/50%RH 100°C	ISO 899	Mpa	12
Temperatura de distorsión térmica	Método A	ISO 75	C°	67
	Método B	ISO 75	C°	165
Punto de Fusión	Método A	ISO 3146	C°	255
Coeficiente de expansión lineal térmica		DIN 53752	1/K 10 ⁻⁵	6
Constante dieléctrica	1 MHz	IEC 250		3,3
Factor de disipación	1 MHz	IEC 250		0.02
Resistencia dieléctrica		IEC 243	KV/mm	50
Resistividad volumétrica		IEC 243	Ω-cm	10 ¹⁶
Absorción de humedad a 23°C, 50% RH		ISO 62	%	-0,23
Absorción de Agua a 23°C		ISO 62	%	- 0.5

Fuente: Lork Industrias

Función, los plásticos tienen diferentes clases, el más utilizado es el PET, el cual es utilizado en botellas de agua y otras bebidas, recipientes para el suministro de líquidos de limpieza, entre otros usos comunes²⁴.

la **función** más común en la industria es para envase de gaseosas, agua mineral. Aceites, entre otros usos. Sus características: transparente, irrompible, liviano y no toxico²⁵.

La versatilidad para su reutilización, no solo en reciclaje para la misma **función**, sino como materiales de arte y decoración nos brinda la certeza de que el reciclaje del plástico contribuye con el medio ambiente²⁶.

²⁴ (ORGANISMO NACIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS "ONU", 2018, p.14)

²⁵ (García, y otros, 2015, p.70)

²⁶ (Sanchez, 2012, p.22)

Ventajas:

- Abundancia de este material para ser reciclado
- Baja densidad y liviano
- Aumenta la resistencia a la deformación debido a cargas y a la variación térmica
- Mejora la elasticidad sin influir en la flexibilidad, evitando fallas superficiales
- Mayor durabilidad y reducción de costos por mantenimiento

Desventajas:

- No es aplicable a una gran escala de kilómetros
- La mezcla puede no salir uniforme
- Debe trabajarse a una mayor temperatura debido a su rápido endurecimiento

La **dosificación** estará dividida en briquetas con porcentajes de (0.5, 1 y 3%) de sustitución del agregado para de esta manera determinar la variación de las propiedades que se ha generado en la mezcla asfáltica.

Porcentaje de plásticos, los residuos generados del consumo de plástico son equivalente al 10% del total de los residuos que se genera en nuestro país. Obteniéndose cantidades considerables para su reciclaje²⁷.

Porcentaje de plásticos, casi el 100% de estos plásticos son reciclables, debido a su fácil reciclabilidad siendo un aporte para un desarrollo sostenible buscando que para el año 2030 la reutilización y reciclaje sea de un 60%²⁸.

Porcentaje de plásticos, Japón recicló las botellas de PET en un 77,9% en el 2009, en Europa el porcentaje de reciclaje es de 48,3% y en EE. UU 28%²⁹.

²⁷ (MINISTERIO DEL AMBIENTE " MINAM", 2018, P.11)

²⁸ (CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE "CONAMA", 2018, P.8)

²⁹ (Ortega, 2011, p.9)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es de carácter **aplicada**, debido a que se utilizó conocimientos teóricos ya establecidos para desarrollar la hipótesis y poder transformar los conocimientos científicos en tecnología; la investigación cuenta con un **diseño no experimental**. “La Investigación **aplicada** determina mediante el conocimiento científico, los medios por los cuales se puede estudiar un hecho conocido y dar posibles soluciones y los diseños **no experimentales** son utilizados cuando se elabora sin modificaciones en una o las dos variables para analizarlos posteriormente”³⁰.

A su vez de carácter **transversal** “el cual se basa en la recopilación de información teórica en base a tesis, artículos científicos y entre otras fuentes correspondientes para poder desarrollar la teoría relacionada al tema”³¹ y el método para elaborar el proyecto de investigación en el año 2019, el nivel es **correlacional-causal** con la finalidad de responder cómo influye una variable o en la otra.

Cabe resaltar que el presente informe de investigación se realizó durante la crisis generada por el COVID-19 motivo por el cual no se contó con laboratorios para realizar los ensayos correspondientes, limitándose a elaborar la revisión Documental.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable dependiente: “Mezcla Asfáltica, Combinación de asfalto con agregados minerales pétreos que tienen una proporción ya establecida para construir pavimentos”³².

Variable independiente: Plástico Reciclado; “El reciclaje de PET, tiene una gran importancia dentro de los plásticos, por su presencia masiva y su capacidad de ser reciclado”³³.

³⁰ (Hernández, 2014,p.149)

³¹ (Hernández, 2014,p.149)

³² (MTC, 2018, p.16)

3.3. Población, muestra, muestreo

Población:

“Población en estadística se utiliza para denotar las observaciones o medidas.”³⁴; también se define como “población al grupo de unidades (medidas, elementos, personas) con similitudes”³⁵.

Por lo cual la población es el global de las briquetas de la tesis del autor Zubeida M. y la tesis del autor Berrío A. correspondiente a 48 briquetas y a 43 briquetas respectivamente.

Muestra:

Se define como “El conjunto de unidades que se obtiene dentro de una población”³⁶, el cual es representativa y adecuada. La muestra considerada es igual a la población buscando la mayor precisión en los resultados; de la tesis del autor Zubeida M. correspondiente a 12 briquetas patrón y 36 briquetas con la adición de plástico reciclado en dosificaciones de 1,3 y 5% y la tesis del autor Berrío A. correspondiente a 16 briquetas patrón y 27 briquetas con la adición de plástico reciclado en dosificaciones de 0.5, 1 y 2%.

Muestreo:

Se define como “El método para inferir numéricamente las unidades dentro de la población con las que se hará el estudio”³⁷. Utilizando el muestreo censal debido a que la muestra no es representativa, se considera toda la población, 48 briquetas de la tesis 1 y 43 briquetas de la tesis 2.

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

Es “el procedimiento para la obtención de información; las técnicas complementan al método científico”³⁸, por el cual se aplicará la técnica de **Revisión Documental**

³³ (RICHARSON, y otros, 2003, p.156)

³⁴ (Valderrama, 2015,p.49)

³⁵ (Martínez, 2012,p.87)

³⁶ (Martínez, 2012,87)

³⁷ (Spiegel, 2013,p. 121)

³⁸ (Arias, 2012, p.52)

y el instrumento de recolección de datos a aplicarse es la **Matriz de categoría**; “técnica en la cual se utiliza contenido escrito, desde datos obtenidos por mediciones elaboradas por otras personas hasta textos que constituyen los eventos de estudio” ³⁹

Para responder a los objetivos específicos planteados en el presente informe de investigación y determinar la influencia de aplicar el plástico reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica el cual debe cumplir los parámetros del MTC.

Validez y confiabilidad

La validez y la confiabilidad del instrumento están determinadas por la aplicación del instrumento de matriz de categoría, el cual pertenece a la técnica de revisión documental, la cual se aplica en las tesis a compararse para un Diseño no experimental. De esta manera se categoriza ambas tesis, para las cuales se cuenta con otro instrumento de recolección de datos para los ensayos en laboratorio que han sido validado por tres ingenieros civiles con grado de magister y sus certificados de los ensayos en laboratorio realizados por los autores.

3.5. Procedimientos

Se aplicó la matriz de categorización para recopilar la información de todas las tesis posibles referentes al tema de informe de investigación, logrando encontrar dos tesis con similitud en cantidad de ensayos y objetivos. analizó los resultados recopilados de las dos tesis a compararse, interpretando y obteniendo los resultados del informe de investigación. Los procedimientos de los ensayos realizados son basados en los parámetros del diseño de mezclas asfálticas Marshall correspondiente al MTC E504 y al manual del INVIAS de Colombia.

3.6. Método de análisis de datos

Se aplicó la matriz de categorización en el software Microsoft Excel para recopilar la información y posteriormente se analizó los resultados recopilados de las dos tesis a compararse, interpretando, generando gráficos y obteniendo los resultados

³⁹ (Barrera, 2000, p.428)

del informe de investigación y sus respectivos gráficos. Se comparó de acuerdo a las normas del Ensayo Marshall MTC E504, los cuales están basados en la norma ASTM-D6926 y ASTM D-6927, de esta manera se elaboró las tablas y gráficos comparativos con la mezcla asfáltica convencional.

3.7. Aspectos éticos

Las informaciones recopiladas para los aspectos teóricos fueron elaboradas mediante la Norma ISO 690 citando y referenciando a sus respectivos autores, por lo cual el autor brinda su promesa de honestidad y compromiso ético al respecto.

Al ser un diseño no experimental los resultados y conclusiones son elaborados mediante el análisis documental en función de fuentes confiables elaboradas por diferentes tesis, influyendo el criterio e interpretación del autor del presente informe de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Memoria Descriptiva

Descripción de la zona de estudio

Nombre de la tesis:

“Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019”

Acceso a la zona de trabajo:

El ingreso a la zona del proyecto es por la av. Prolong. Pedro Miota y la Av. Pastor Sevilla en el distrito de San Juan de Miraflores.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA

Ubicación Política

La zona de estudio está ubicada en la región de Lima, Provincia de Lima, distrito de San Juan de Miraflores el cual limita con los siguientes distritos.

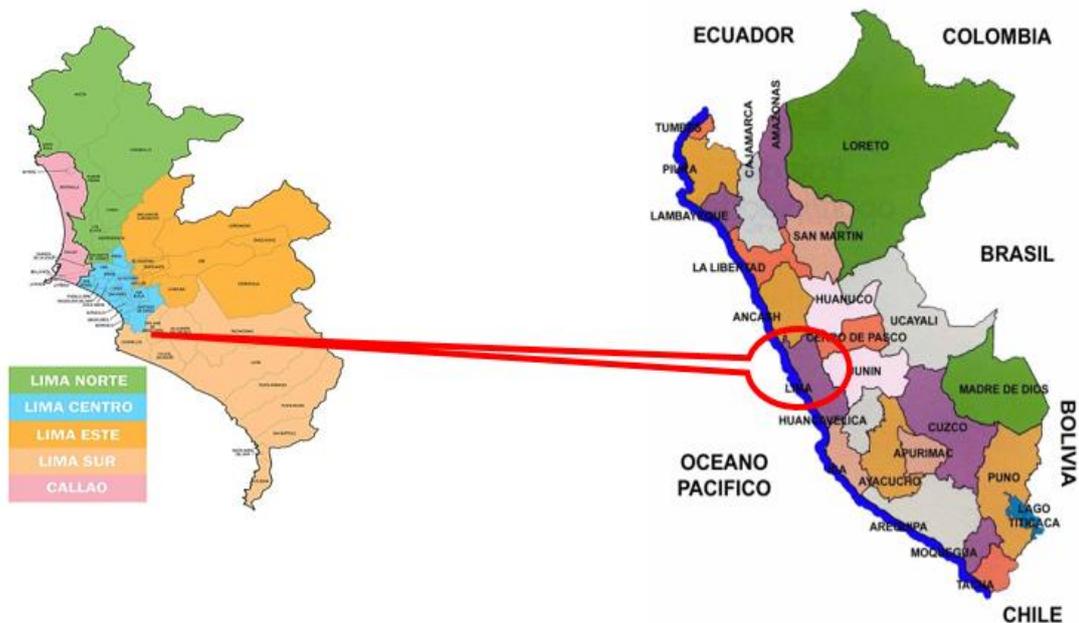


Figura 7: Mapa político de la provincia de Lima

UBICACIÓN DEL PROYECTO

DISTRITO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES

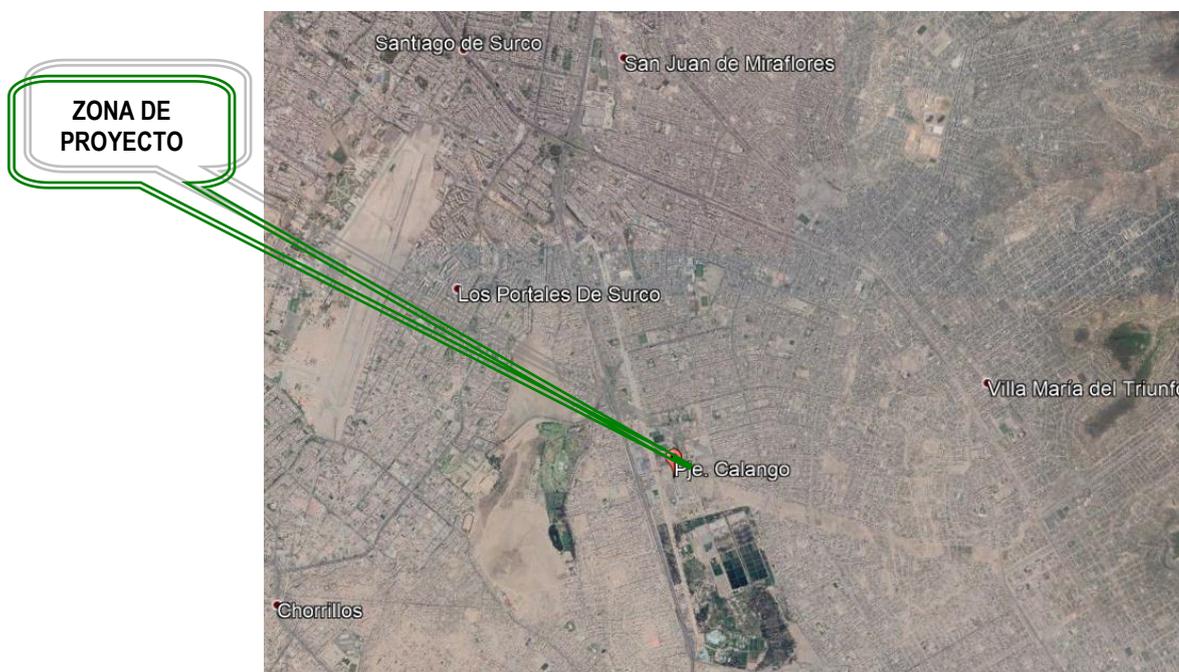


Figura 8: Distrito de San Juan de Miraflores

Fuente: Google maps

Norte: La Molina

Sur: Villa el Salvador

Este: Villa María del Triunfo

Oeste: Chorrillos y Santiago de Surco

Esta zona de estudio se eligió debido a la problemática que tiene el distrito con respecto al mantenimiento y rehabilitación de sus pavimentos flexibles, los cuales se encuentran en mal estado. Para lo cual se consideró como alternativa la implementación de una mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado en la Av. Calango. De esta manera corroborar los ensayos propuestos en el proyecto de investigación.

Ubicación Geográfica

Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 18 L 285032.49 m E 8653166.75 m S presentando una elevación de 72m.s.n.m

La ubicación exacta del lugar del proyecto es frente a electro Perú y Los Andes Servicios Corporativos, como se muestra en la figura de ubicación en Google Maps.

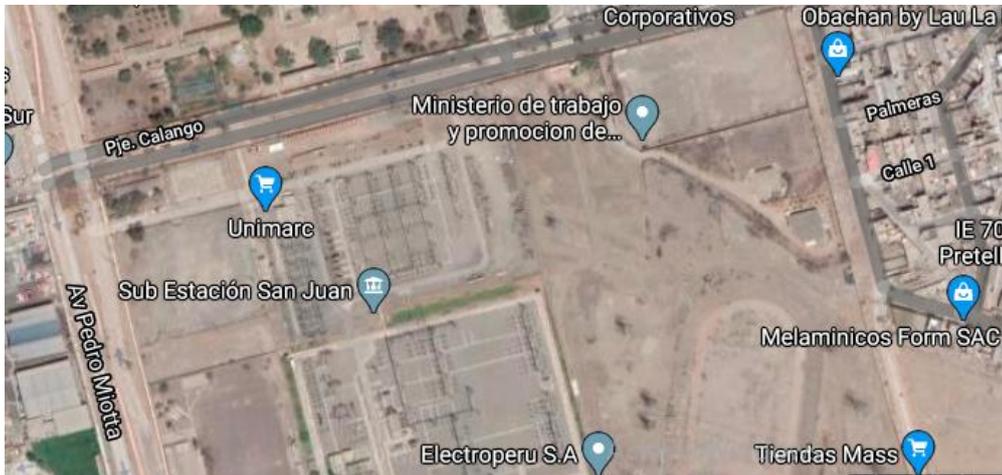


Figura 9: Av. Calango

Fuente: Google Maps

VÍAS DE ACCESO

El ingreso a la zona de proyecto es por la Av. Pedro Miota y av. Pastor Sevilla. Se encuentra a 200 m de distancia a la Panamericana Sur en dirección al cono norte.

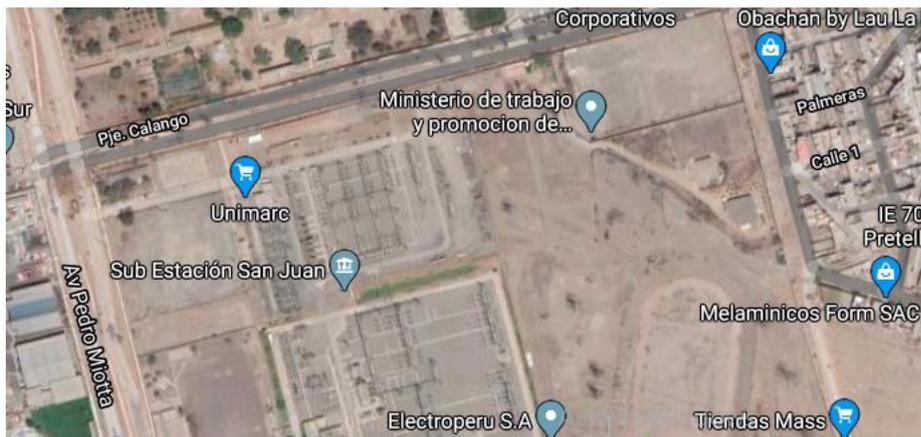


Figura 10: Vías de acceso

Fuente: Google maps

CLIMA

San Juan de Miraflores se caracteriza por un clima con temperaturas mínimas 12 °C correspondiente al invierno y 27 °C en verano el cual varía según efectos externos como la corriente fría de Humbolt o el fenómeno del Niño.

4.2. Tesis 1: “Análisis de la incorporación del pet y pead en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico”

Autor: Zubeida Miluska Elías Chero

Objetivo 1

Determinar cómo varían las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando plástico reciclado, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

Variación de la estabilidad de la mezcla asfáltica Método Marshall MTC E 504

Tabla 3: Resultados estabilidad para pavimento ecológico

MEZCLA	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A
PATRON	2530	687	858	933
1.0% PET	2422	2586	2491	2445
3.0% PET	2399	2309	2132	2364
5.0% PET	2225	2327	2283	2179

Fuente: Zubeida M.

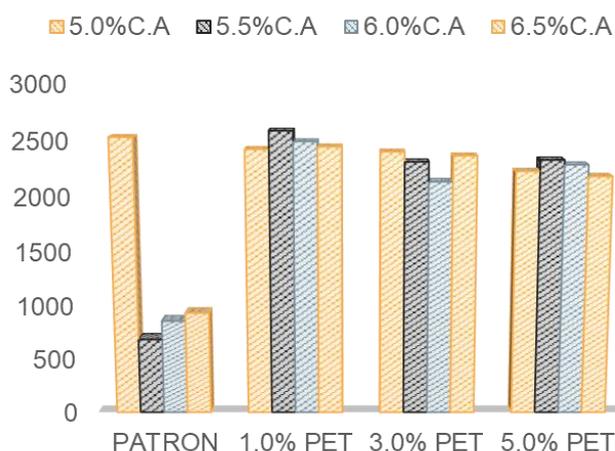


Figura 11: Resultados de estabilidad para pavimento ecológico

De los resultados se obtuvo que sustituyendo plástico reciclado PET, logra mejorar la estabilidad en un 29.75%, cumpliendo con los parámetros del Manual de Ensayo de Materiales.

Variación del Flujo de la mezcla asfáltica Método Marshall MTC E 504

Tabla 4: Resultados del Flujo para pavimento ecológico

FLUJO	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A
PATRON	5.43	6	5.07	5.93
1.0% PET	4.03	4.7	4.6	4.2
3.0% PET	5.57	5.7	5.77	6.2
5.0% PET	4.57	4.6	4.73	4.9

Fuente: Zubeida M.

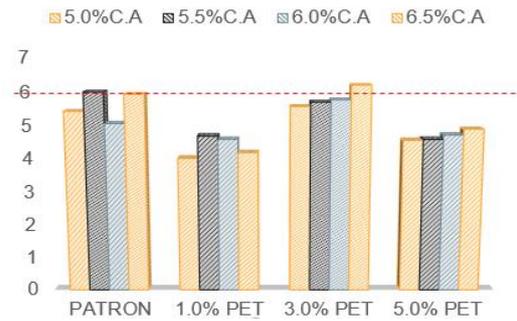


Figura 12: Resultados del Flujo

De los resultados se observa que la sustitución del 3% de plástico PET reciclado con un 5.5% de cemento asfáltico se obtuvo una variación positiva (se redujo) de 0.03mm en comparación a la mezcla patrón y con los porcentajes de 5,6 7 6.5% la variación fue negativa, generándose una elevación del flujo, esto es debido que al adicionar el 3% de PET contribuye positivamente en combinación con el C.A.

Variación del % de Vacíos de la mezcla asfáltica Método Marshall MTC E 504

Tabla 5: Resultados del % de vacíos para pavimento ecológico

% DE VACIOS	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A
PATRON	3.6	1.6	1	0
1.0% PET	6	6	6.8	1.6
3.0% PET	3.5	3.2	3	2.6
5.0% PET	2.5	2.44	2.5	2.18

Fuente: Zubeida M.

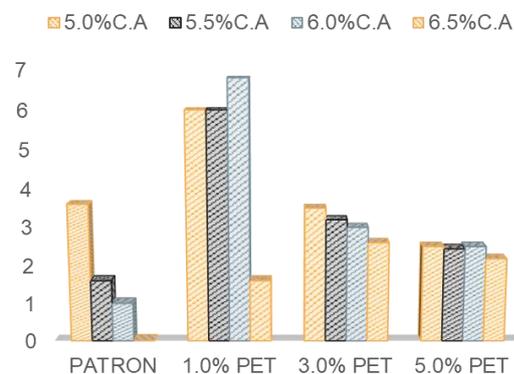


Figura 13: Resultados del % de vacíos

De los resultados obtenidos se observó que en un 5.5% de C.A y con el 3% de aplicación de plástico PET, se obtiene un % vacíos de 3.2, cumpliendo con los parámetros del MTC.

Objetivo 2

Determinar el cumplimiento de los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504 con la aplicación de plástico reciclado, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

- Gradación de los agregados para mezclas asfálticas en caliente

Tabla 6: Gradación de los agregados para pavimento ecológico

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 µm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N° 80)	08-17	08-17	09 - 20
75 µm (N° 200)	04 - 08	04 - 08	05 - 10

Fuente: Adaptado del Manual de ensayo de materiales, MTC

El manual de ensayo Marshall del MTC especifica la gradación de los agregados que se debe aplicar para determinada mezcla asfáltica.

- Mezcla de agregados

Tabla 7: Especificaciones de Gradación MAC-2

AGREGADOS	CANTIDAD EN PORCENTAJE
Grava Chancada	45.00%
Arena Chancada y Zarandeada	55.00%
Especificaciones de Gradación	MAC-2

Fuente: Zubeida M.

Las especificaciones del MAC-2 corresponde al porcentaje de 45% de Grava chancada y 55% de Arena Chancada y Zarandeada.

- **Mezcla asfáltica en caliente**

Tabla 8: Mezcla asfáltica para pavimento ecológico

Especificaciones de Grad.	MAC-2
Tipo de Asfalto	PEN 60/70
Porcentaje Optimo de C:A	5.52%

Fuente: Zubeida M.

La mezcla asfáltica de la tesis corresponde a las especificaciones de Gradación tipo MAC-2 con un tipo de Asfalto PEN 60/70 el cual cuenta con su certificado, el porcentaje Optimo de C.A se determinó con los ensayos en laboratorio con respecto a una muestra patrón.

- **Parámetros de las propiedades de las mezclas asfálticas Método Marshall.**

Tabla 9: Parámetros de Diseño Marshall MTC E 504

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: MTC ensayo de materiales

Los parámetros especificados por el MTC para elaborar un diseño por el método Marshall determina los rangos de los valores que se debe obtener para que la mezcla asfáltica obtenga las propiedades correctas de diseño.

Objetivo 3

Determinar la dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse en la mezcla asfáltica, cumpliendo con los parámetros de diseño del MTC.

Tabla 10: Peso de Muestra Patrón

%Líquido asfáltico	5.00%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso Líquido asphalt.	60	66	72	77.4
Peso Piedra	513	510	507.6	505.2
Peso Arena	570	567	564	561.3
Peso Cal	57	56.7	56.4	56.13
PESO DE BRIQUETA	1200gr	1200gr	1200gr	1200gr

Fuente: Zubeida M

De los ensayos realizados en Laboratorio para ensayo Marshall se calculó el peso de la muestra patrón para de esta manera hacer una comparación con las muestras con plástico PET en diferentes dosificaciones.

Tabla 11: Peso de Muestra con PET al 1.0%

Líquido asfáltico	5.00%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso Líquido asphalt.	60	66	72	77.4
Peso Piedra	513	510.3	507.6	505.2
Peso Arena	564.3	561.3	558.4	555.7
Peso PET	5.7	5.67	5.64	5.61
Peso Cal	57	56.7	56.4	56.13
PESO DE BRIQUETA	1200gr	1200gr	1200gr	1200gr

Fuente: Zubeida M.

De los ensayos realizados en Laboratorio para ensayo Marshall se calculó el peso de la muestra con una dosificación de 1.0% y la variación que genera en las dosificaciones generales del diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 12: Peso de Muestra con PET al 3.0%

% Líquido asfáltico	5.00%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso Líquido asfalt.	60	66	72	77.4
Peso Piedra	513	510.3	507.6	505.2
Peso Arena	552.9	555.7	547.1	544.5
Peso PET	17.1	11.3	16.9	16.8
Peso Cal	57	56.7	56.3	56.1
PESO DE BRIQUETA	1200gr	1200gr	1200gr	1200gr

Fuente: Zubeida M.

De los ensayos realizados en Laboratorio para ensayo Marshall se calculó el peso de la muestra con una dosificación de 3.0% y la variación que genera en las dosificaciones generales del diseño de la mezcla asfáltica. De la cual en los resultados de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos; se obtuvo que la dosificación óptima de plástico reciclado PET es del 3.0%

Tabla 13: Peso de Muestra con PET al 5.0%

% Líquido asfáltico	5.00%	5.5%	6.0%	6.5%
Peso Líquido asfalt.	60	66	72	77.4
Peso Piedra	513	510.3	507.6	505.2
Peso Arena	541.5	538.6	564	533.2
Peso PET	28.5	28.4	28.2	28.1
Peso Cal	57	56.7	56.4	56.1
PESO DE BRIQUETA	1200gr	1200 gr	1200gr	1200gr

Fuente: Zubeida M.

De los ensayos realizados en Laboratorio para ensayo Marshall se calculó el peso de la muestra con una dosificación de 5.0% y la variación que genera en las dosificaciones generales del diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 14: Cumplimiento de Parámetros para pavimento ecológico

Característica	Unidad	Norma	A	C.A =5.52%, PET 3%	Verificación
Compactación	Golpes/cara	Marshall MTC E 504	75	75	Cumple
Estabilidad	Kn	Marshall MTC E 504	>8.15	22.6	Cumple
Flujo	mm	Marshall MTC E 504	8 - 14	5.7	No Cumple
Vacíos con aire (Va)	%	Marshall MTC E 504	3 - 5	3.1	Cumple

Fuente: Propia

De los resultados obtenidos en laboratorio, elaborando el respectivo análisis y revisando los parámetros de diseño Marshall del MTC E 504, se puede determinar que cumple con los parámetros de diseño, a excepción del Flujo que no cumple con la norma, pero que al compararse con la mezcla patrón mantiene un flujo similar.

4.3. Tesis 2: “Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo”

Autor: Andrés Berrio Alzate

Objetivo 1

Determinar cómo varían las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando plástico reciclado, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

Variación de la estabilidad de la mezcla asfáltica Método Marshall

Tabla 15: Resultados de estabilidad

Mezcla	5.0%C.A	5.3%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A
A	1150	1200	1126	972
B	1020.8	1075.8	1033.8	892.8
C	1297.5	1367.5	1326.5	1199.5
D	1177.9	1222.9	1243.9	1134.9
E	1088.9	1139.9	1094.9	958.9
F	927.5	1127.5	1100.5	996.5
G	979.6	1035	1015.8	894.8
H	1170.9	1257.9	1168.9	1046.9
I	1095.9	1186.9	1217.9	1118.9
J	873.7	959.7	1001.7	833.7

Fuente: Berrio A.

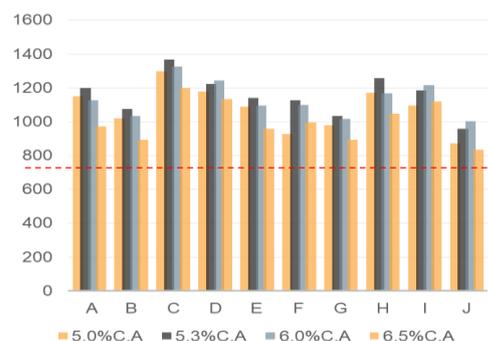


Figura 14: Resultados de estabilidad

De los resultados obtenidos en laboratorio se observa que las mezclas con nomenclatura C y H tiene una reacción positiva en las propiedades de estabilidad, 16 [%] y 7 [%] superando a la mezcla patrón, respectivamente.

Variación del Flujo de la mezcla asfáltica Método Marshall

Tabla 16: Resultados del Flujo

MEZCLA	5.0%C.A	5.3%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A
A	3.1	3.3	3.7	4
B	2.8	3.5	3.9	4.2
C	2.9	3.4	3.7	4
D	3.4	3.7	4	4.3
E	3.5	3.9	4.4	4.7
F	3.5	3.7	3.9	4.2
G	3.2	3.5	4.1	4.4
H	3.2	3.5	4.2	4.5
I	3.7	4.1	4.6	4.9
J	3.6	3.9	4.6	4.9

Fuente: Berrío A.

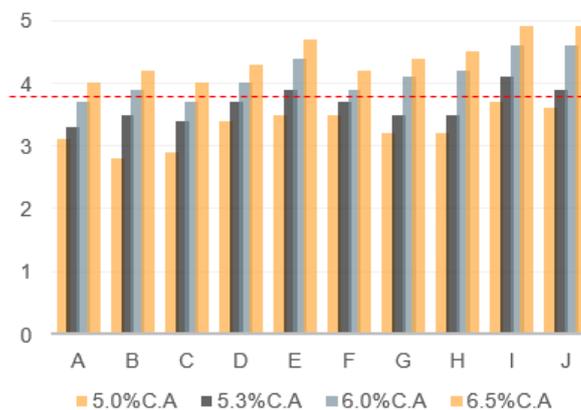


Figura 15: Resultados del Flujo

De los resultados, y en base a la norma INVIAS, el límite del flujo para las briquetas ensayadas es de 3.5 mm. Se observa que en la Figura 15 las mezclas B, C y H son las que cumplen con el parámetro del INVIAS.

Variación del % de Vacíos de la mezcla asfáltica Método Marshall

Tabla 17: Resultados de % de vacíos

MEZCLA	5.0%C.A	5.3%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A
A	6.2	6.1	5.5	4.8
B	4.5	4.4	4.1	3.4
C	3.5	3.4	2.9	2.3
D	4.3	4.2	3.8	3.2
E	5.2	5.1	4.7	3.9
F	5.6	5.5	5.2	4.5
G	5.3	5.2	4.8	4.1
H	5.3	5.2	4.9	4.2
I	6.2	6.1	5.7	5.2
J	7.1	7	6.6	5.9

Fuente: Berrío A.

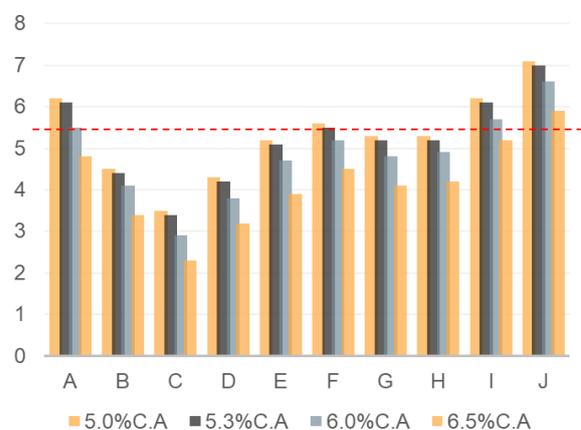


Figura 16: Resultados de % de vacíos

De los resultados, se observa que la mezcla con nomenclatura C obtuvo los porcentajes de vacíos más bajos debido a la proporción óptima de PET triturado en su gradación más pequeña, llenando algunos de los espacios con aire dentro de la matriz.

Objetivo 2

Determinar el cumplimiento de los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504 con la aplicación de plástico reciclado, teniendo como base a la mezcla asfáltica convencional.

- Gradación de los agregados para mezclas asfálticas en caliente

Tabla 18: Granulometría mezcla MSC-19

Tamiz	Abert (mm)	% Pasa Max	% Pasa Min	% Pasa Medio	% Ret Medio	Peso de briqueta (g)
3/4"	19	100	100	100	0	0
1/2"	12.7	95	80	87.5	12.5	150
3/8"	9.53	80	65	72.5	15	180
No. 4	4.76	55	40	47.5	25	300
No. 10	2	38	24	31	16.5	198
No. 40	0.43	20	9	14.5	16.5	198
No. 80	0.18	12	6	9	5.5	66
No. 200	0.075	7	3	5	4	48
Fondo		0	0	0	5	60

Fuente: INVIAS (2013)

La gradación de los agregados para mezclas asfálticas sigue la granulometría de mezcla MSC-19 el cual está descrita en la norma del INVIAS para el diseño de mezclas asfálticas por método Marshall.

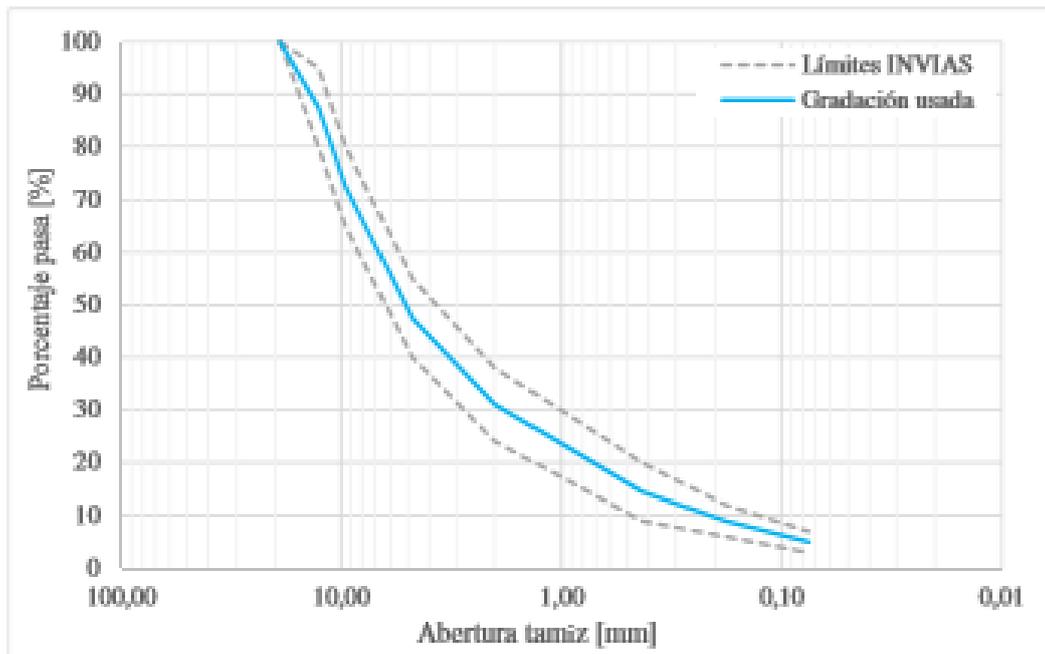


Figura 17: Curva granulométrica de la mezcla patrón MSC-19.

Fuente: Berrío A.

De los resultados obtenidos se determinó que la gradación utilizada cumple con los límites especificadas por el INVIAS, elaborandose el correcto diseño de mezclas asfálticas.

- Mezcla de agregados

Gradación convencional MSC-19

Contenido de cemento asfáltico – 5,3 [%] Densidad Bulk – 2.320 [kg/m³]

Tabla 19: Especificación de Gradación tipo MSC-19

AGREGADOS	CANTIDAD EN PORCENTAJE
Grava	42.615%
Arena	52.085%
Especificaciones de Gradación	MSC-19

Fuente: Berrío A.

La especificación de Gradación para el tipo MSC-19 tiene un porcentaje similar al tipo MAC-2, determinándose un porcentaje para Grava del 42.615% y Arena del 52.085%.

- **Mezcla asfáltica en caliente**

Tabla 20: Mezcla asfáltica MSC-19

Especificación de Gradación	MSC-19
Tipo de Asfalto	PEN 60/70
Porcentaje Óptimo de C:A	5.3%

Fuente: Berrío A.

Para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente se tuvo como especificación de gradación el MSC-19 con un tipo de asfalto PEN 60/70; el porcentaje Optimo se obtuvo en función a un análisis de los resultados obtenidos en los ensayos del laboratorio.

- **Parámetros de las propiedades de las mezclas asfálticas Método Marshall.**

Tabla 21: Parámetros MSC-19

ESPECIFICACIONES DEL INVIAS PARA MEZCLA ASFALTICA	
Gradación	MSC-2
Estabilidad	Mínimo 900 Kg
Flujo	Entre 2 – 3.5 mm
Vacios en la mezcla total	Entre 4 – 6%
Vacios en los agregados	Mínimo 15%
Vacios llenos con asfalto	Entre 65 – 75%
Relación llenante/ligante efectivo	0.8 – 1.2
Relación estabilidad/flujo	300 – 600 Kg/mm
Tracción Indirecta	Mínimo 80%

Fuente: INVIAS (2013)

Los parámetros especificados por el INVIAS para elaborar un diseño por el método Marshall por los parámetros MSC-19 determina los rangos de los valores que se debe obtener para que la mezcla asfáltica obtenga las propiedades correctas de diseño.

Objetivo 3

Determinar la dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse en la mezcla asfáltica, cumpliendo con los parámetros de diseño del MTC.

Tabla 22: *Cumplimiento de Parámetros*

Característica	Unidad	Norma	Especificación Transito - NT3	Valor experimental Asf =5.3%	Verificación
Compactación	Golpes/cara	INV-E-748-13	75	75	Cumple
Estabilidad	Kn	INV-E-748-13	>9.0	11.61	Cumple
Flujo	mm	INV-E-748-13	2.0 - 3.5	3.33	Cumple
Relacion Estab/ Flujo	kN/mm	INV-E-748-13	3.0 - 6.0	3.49	Cumple
Vacios con aire (Va)	%	INV-E-799-13	4.0 - 7.0	6.26	Cumple
Vacios agregado mineral (VAM)	%	INV-E-799-13	>15.0	19.5	Cumple
Vacios llenos asfalto (VFA)	%	INV-E-799-13	65.0 - 75.0	68.02	Cumple
Relacion llenante/Pbe	-	INV-E-799-13	0.8 - 1.2	1	Cumple

Fuente: *Adaptado de INVIAS 2013*

De los resultados obtenidos en laboratorio, elaborando el respectivo análisis y revisando los parámetros de diseño Marshall de la norma INV-E-748-13, se puede determinar que cumple con los parámetros de diseño que brinda la norma, con un porcentaje de cemento asfáltico de 5.3%.

V. DISCUSIÓN

Para la variación de las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando plástico reciclado, teniendo como base el diseño de mezclas convencional según Silvestre (2017) el cual tuvo como principal objetivo de la investigación, determinar un mejor comportamiento de la carpeta asfáltica con plástico reciclado y su comparación con la carpeta asfáltica patrón. Por lo cual se analizó los ensayos en laboratorio; se realizó un grupo de mezcla patrón para mantener un control y los ensayos experimentales con la modificación de la mezcla con plástico reciclado. En los resultados que se obtuvo en el laboratorio, se puede apreciar una disminución mínima en el flujo en comparación de la mezcla patrón, llegando a la conclusión que **aporta propiedades elásticas** a la mezcla asfáltica; también se concluyó que aumenta la rigidez, y en general se concluye que se obtuvo una mezcla con dos cualidades muy importante en función de la resistencia. Lo cual guarda relación con los resultados obtenidos al elaborar la revisión documental de la tesis del autor Zubeida M. y la tesis del autor Berrío A. en el cual se obtiene una **mayor estabilidad** en un 29.75, 16 y 7% respectivamente y una **reducción del flujo** de 0.03mm, por lo cual se puede aseverar que el plástico reciclado en específico el polietileno de tereftalato "PET" influye positivamente % en las propiedades de las mezclas asfálticas generando una variación con respecto a la mezcla asfáltica convencional que se tuvo como muestra patrón.

Para el cumplimiento de los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC E 504, con la aplicación de plástico reciclado, teniendo como base el diseño de mezclas convencional según **Marcillo** (2018) el método para el diseño de la mezcla asfáltica es el Marshall, a partir de los parámetros que rige para poder obtener un diseño eficiente. En el proceso se tuvo las dosificaciones de 1,2 y 3% el cual sustituyó a una pequeña parte de los agregados y de esta manera se evaluó las briquetas. De los resultados; los análisis respectivos de la estabilidad y el flujo de la mezcla patrón y a su vez de la mezcla asfáltica que fue modificada con la adición del 1,2 y 3%, se puede apreciar en los resultados que **cumple en su totalidad los parámetros exigidos por el método Marshall que rigen en la norma del MTC** con la dosificación del 3% en sustitución del

agregado y concluyendo que mejora la durabilidad y las deformaciones que generan los vehículos. Comparando los resultados se puede aseverar que con una dosificación de 3% de plástico reciclado de polietileno de tereftalato “PET” **cumple los parámetros de diseño de mezclas asfálticas** según la norma de esta manera se puede apreciar que en los resultados obtenidos mediante la revisión documental la tesis del autor Zubeida M. y la tesis del autor Berrío A. en la cual los resultados son de 3% y 1% respectivamente, influyendo el porcentaje de cemento asfáltico agregado en la mezcla que es de 5.52% y 5.3% respectivamente.

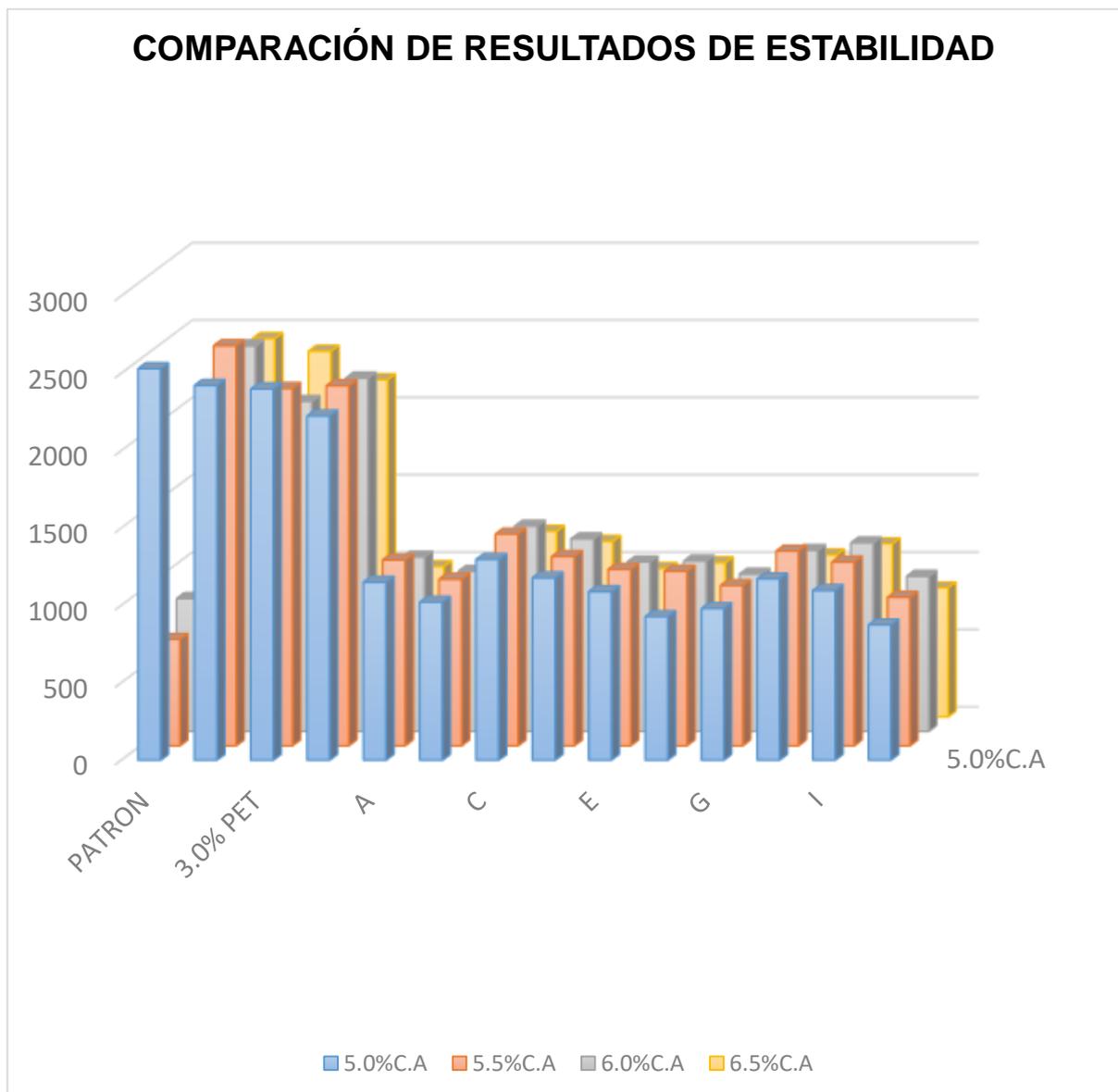


Figura 18: Comparación de resultados estabilidad

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE FLUJO

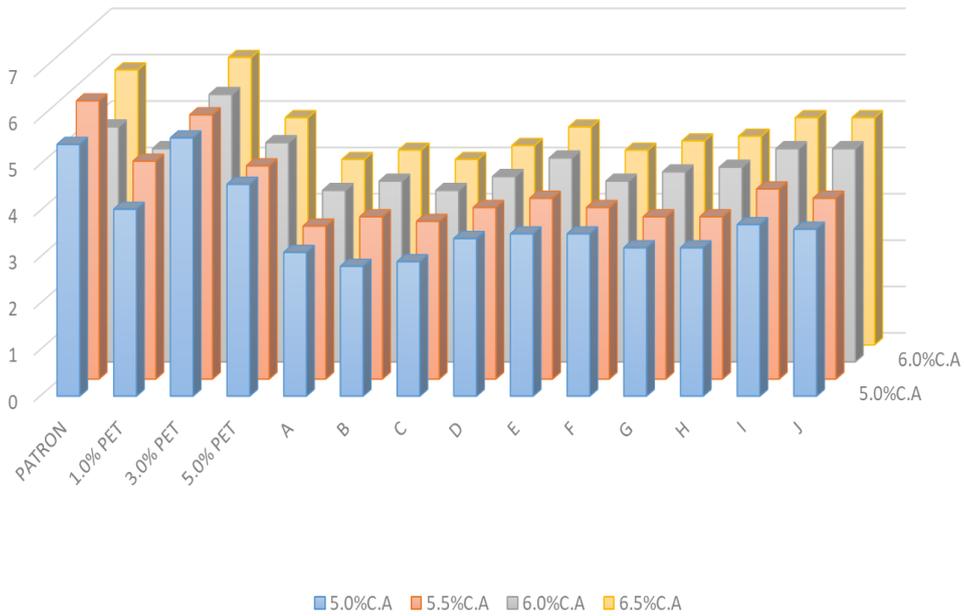


Figura 19: Comparación de resultados de Flujo

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE % DE VACÍOS

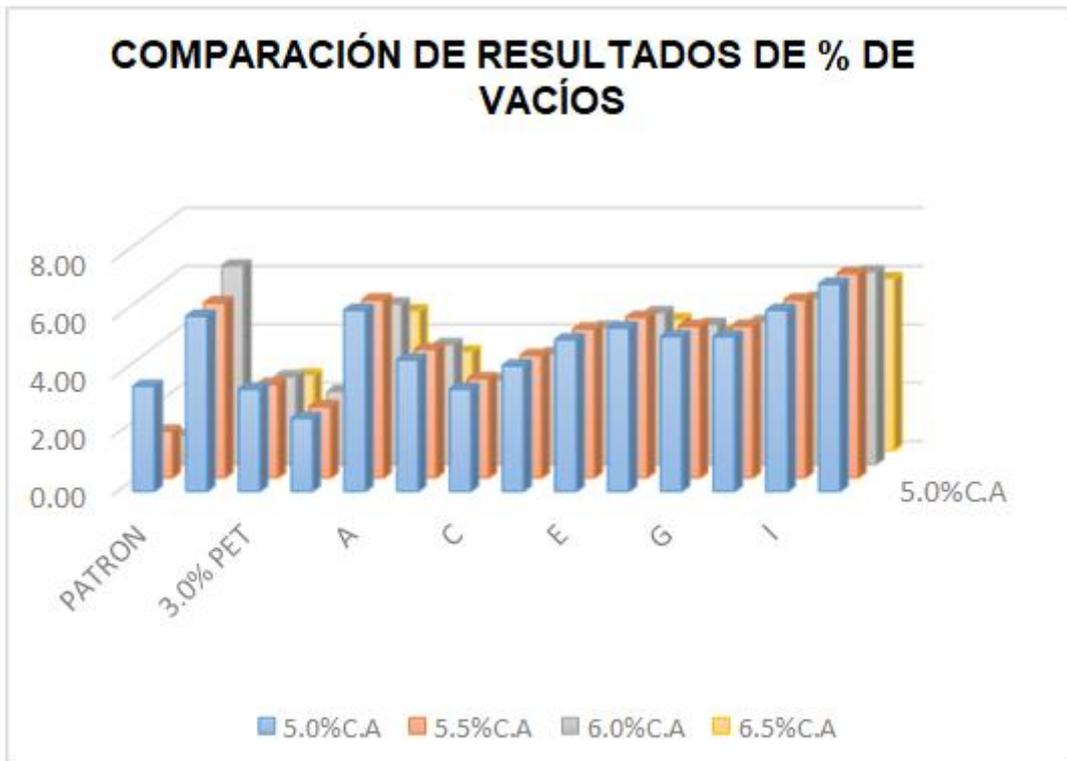


Figura 20: Comparación de resultados de % de Vacíos

Para la dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse en la mezcla asfáltica según **Silva** (2018) la utilización de PET reciclado se puede considerar como otra opción para realizar pavimentos flexibles, de esta forma se contribuye al desarrollo sostenible y disminuyendo un porcentaje significativo de contaminación ambiental generado por desechos plásticos. La dosificación de plástico PET reciclado que se utilizó fue en la **cantidad de 1%** en sustitución de un porcentaje de la cantidad de agregados, el cual se obtuvo en un proceso de trituración y pre-granulación. Se elaboró diferentes mezclas asfálticas con aplicación del plástico reciclado con variación en los porcentajes de cemento asfáltico PEN 60/70; se hizo una comparación en las propiedades de la mezcla (estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos), concluyendo que al incorporar el plástico PET reciclado tiene una influencia positiva en las propiedades de la mezcla asfáltica, obteniéndose un incremento en la estabilidad y una mejora en el flujo. Lo cual guarda relación con los resultados obtenidos al elaborar la revisión documental la tesis del autor Zubeida M. y la tesis del autor Berrío A. en el cual se obtuvo resultados de 3% y 1% respectivamente, y se puede aseverar entonces que la dosificación óptima que puede aplicarse en la mezcla asfáltica oscila entre 1 a 3% de plástico reciclado de "PET" por lo cual este valor puede variar dependiendo el porcentaje de cemento asfáltico.

VI. CONCLUSIONES

- 1.** Aplicar plástico reciclado genera una influencia positiva en la mezcla asfáltica; además contribuye a la reducción de la contaminación generada por los residuos sólidos, siendo factible su aplicación en pavimentos de tránsito pesado y mediano.
- 2.** Aplicar plástico reciclado en sustitución del agregado mejora las propiedades del diseño de la mezcla asfáltica siguiendo la norma MTC Ensayo Marshall E 504 cuando se le aplica la dosificación óptima.
- 3.** Los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504 son rangos en los que las propiedades de la mezcla asfáltica son factibles, la aplicación del plástico reciclado en dosificación entre 1 a 3% tienden a cumplir con los parámetros establecidos, teniendo variaciones por el tamaño del plástico reciclado.
- 4.** La dosificación óptima de plástico reciclado sustituyendo al agregado está en el rango de 1 a 3% cumpliendo con el manual MTC Ensayo Marshall E 504, influyendo el tipo y porcentaje del cemento asfáltico aplicado, así como el tamaño del plástico reciclado.

VII. RECOMENDACIONES

Cada día surgen nuevas tecnologías e investigaciones con la finalidad de contribuir al desarrollo sostenible de las sociedades, la influencia de la aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica para el pavimento flexible es una manera de contribuir a la sociedad, mediante la elaboración de una mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado.

Se recomienda investigar que otros tipos de plásticos puedan reciclarse para determinar cómo varía las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando este material y compararlo con el diseño de mezclas convencional, para que de esta manera pueda hacerse los ensayos experimentales en campo en pavimentos que se encuentren en mal estado (mantenimiento o rehabilitación).

Explorar en el tamaño óptimo del plástico reciclado, de esta manera buscar mejores resultados en los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC E 504.

Se recomienda seguir una progresión en la dosificación de hasta 5% de plástico reciclado, y determinar si cumple con los parámetros de diseño ensayo Marshall del MTC E 504.

REFERENCIAS

ANAIP “Los plásticos, materiales de nuestro tiempo”. Confederación española de fabricantes de plásticos, Barcelona, 1991.

AMERI, Mahmoud y Nasr, Danial. Performance properties of devulcanized waste PET modified asphalt mixtures. *Petroleum Science and Technology* Vol. 35, Issue 1. 2017.

ISSN 07342426

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM), 2010. Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures. Pennsylvania: ASTM-D6926

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM), 2010. Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures. Pennsylvania: ASTM-D6927

ARIAS, Fidias. El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. 6ta Ed. Venezuela: EPISTEME C. A, 2012. ISBN: 980-07-8529-9

BERRÍO, Alzate. Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo. Tesis (título profesional ingeniero civil). Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2017.

CAMACHO, Gómez, López. Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de PET. Tesis (título profesional ingeniero civil). Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia, 2019.

CHOUDHARY, R., Kumar, A., & Murkute, K. (2018). Properties of Waste Polyethylene Terephthalate (PET) Modified Asphalt Mixes: Dependence on PET Size, PET Content, and Mixing Process. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 62(3), 685-693.

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA), “Rumbo al 2030”, 2018.

DE BARRERA, Jacqueline. “Metodología de la Investigación Holística”, Ed. Fundación Sypal, Caracas 2000. ISBN: 9806306066

DELGADO, Constantino, “Reciclaje con rotomoldeo”, Ed. Kindle, España 2018. ISBN: 9781981023240

CONTRERAS Georgina, Diseño y elaboración de adoquines de PET reciclado. Ideas en Ciencia nº. 44. ISSN: 20075197, (2015).

CORTEZ, GUZMÁN y REYES en la “Guía básica de diseño, control de producción y colocación de mezclas asfálticas en caliente”, 2007.

ENGINEERING RECYCLING MASCHINEN (EREMA), “La cadena de reciclaje”. Recycling News, 2018.

FIGUEROA Infante, A. S. y Fonseca Santanilla, E. Estudio de material reciclado para reparar fisuras y su aplicación en un pavimento en Bogotá. Épsilon, Vol. 1, nº 24, 2015.

ISSN 16921259

GARCÍA, Olivares y Arnulfo Arturo “Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística inversa: estudio de caso en la industria del reciclaje de plásticos”, Ed. Eumed, 2015. ISBN: 8468962686

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación. 5ta.ed. México: McGrawHill, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9

INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA “(ICG), “Diseño moderno de pavimentos asfálticos” 2da Ed. Lima, 2006.

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE en el “Manual de caracterización geo mecánica de mezclas asfálticas”, 2005.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC), en el “Manual de ensayo de materiales”, 2016

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC), en el “Manual de Carreteras”, 2013.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC), en el “Glosario de Términos”, 2018.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), en el “Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, 2018.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (MOP), “Manual de ensayo de mezcla asfáltica en caliente”, 2015.

MARCILLO, Valeria. Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden. Tesis (título profesional

en ingeniería civil). Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2018.

MARTINEZ, Héctor. Metodología de la investigación. 1ra. ed. México: Cengage learning Editores, 2012. ISBN: 9786075266527

NAVARRO José. Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET. Tesis (título profesional ingeniero civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2017.

NUÑEZ Paul, en el “Manual de prácticas de laboratorio de pavimentos con cementos asfálticos”, 2014.

ORGANISMO NACIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU), 2018. “Plásticos de un solo uso, una hoja de ruta para la sostenibilidad” ISBN: 978-92-807-3705-9

ORTEGA María (2011) “Reciclaje de PET: de tendencia a negocio”, 4Ed. Vol. 26.

RICHARSON y LOKENSGARD, “Industria del plástico, plástico industrial”, Ed. Paraninfo, Madrid, 2003. ISBN:9788428325691

RONDON et al. “Ahuellamiento y fatiga en mezclas asfálticas” Ed. U. Distrital Francisco José de C., 2012. ISBN: 9789588723532

ROJAS Noela. Diseño de pavimento modificado con la adición de plástico reciclado para ciclovías. Tesis (título profesional ingeniero civil). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2019.

SANCHEZ Diana “Sostenibilidad de proyecto industrial del plástico”, Ed. Académica Española, 2012. ISBN: 9783847356004

SILVA Jhon. Influencia de la adición de residuos plásticos en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Chiclayo 2018. Tesis (título profesional ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018.

SILVESTRE Deyvis. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017. Tesis (título profesional ingeniero civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.

SOJOBI, A. O., Nwobodo, S. E., & Aladegboye, O. J. Recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle wastes in bituminous asphaltic concrete. Cogent Engineering, 3(1), 1133480, 2016. <https://doi.org/10.1080/23311916.2015.1133480>

SPIEGEL Murray, SCHILLER John y ALU Srinivasan; Probabilidad y estadística. 4ta ed. México: McGrawHill, 2013. ISBN: 9786071511881

TERC, Almonte y Alexa en su libro "Factibilidad Económica y Medio Ambiental del Reciclaje del PET", Ed. Académica española, España, 2012. ISBN: 9783659054044

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación. 2da ed. Perú: San Marcos E.I.R.L, 2015. ISBN: 9786123028787

ZIARI, Hassan Kaliji, Arman Ghasemi Babagoli, Rezvan Laboratory evaluation of the effect of waste plastic bottle (PET) on rutting performance of hot mix asphalt mixtures. Petroleum Science and Technology Vol. 34, Issue 9, (2016). ISSN: 10916466

ZUBEIDA, Miluska, Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico. Tesis (título profesional ingeniero civil). Nuevo Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Mezcla Asfáltica	Combinación de asfalto con agregados minerales pétreos que tienen una proporción ya establecida para construir pavimentos. MTC (2018)	Se elaborará mediante las pruebas de laboratorio	% de Vacíos	Ensayo Marshall MTC E 504	Razón
			Estabilidad	Ensayo Marshall MTC E 504	Razón
			Flujo	Ensayo Marshall MTC E 504	
Plástico Reciclado	Es el material que ha sido utilizado para almacenar material líquido o sólido y ya dejó de cumplir su función. Para disminuir la contaminación por estos residuos plásticos pueden ser utilizados para otros fines como el rubro de construcción. Richarson y Lokensgard (2003)	Se elaborará mediante la recopilación de información y observación directa	Composición	Propiedades Físicas Propiedades Químicas	Razón
			Función	Ventajas Desventajas	
			Dosificación	Dosificación de 0.5, 1 y 3 %	Razón

ANEXO 2

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Matriz de Categorización de Tesis 1

N	AUTOR	TESIS	AÑO	VARIABLES	DIMENSIONES	MUESTRA	RESULTADOS	CONCLUSIONES													
1	Zubeida Miluska Elías Chero	"ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN EN UN PAVIMENTO ECOLÓGICO"	2017	PET	DOSIFICACION 1%	-12 BRIQUETAS CON 1% -12 BRIQUETAS CON 3% -12 BRIQUETAS CON 5% -12 BRIQUETAS PATRON TODAS CON VARIACION EN EL % DE CEMENTO ASFALTICO. (5, 5.5, 6, y 6.5)%	la dosificación del pet es de 3% como optimo para el cemento asfaltico de 5.5%, 45% de agregado grueso y 52% de agregado fino.	el diseño de mezcla asfaltica con plastico tipo PET es optimo en 3%, con 5.5% de cemento asfaltico, 45% de agregado grueso, 52% de agregado fino													
					DOSIFICACION 3%																
					DOSIFICACION 5%																
				PROPIEDADES DE FLEXIBILIDAD	ESTABILIDAD		ESTABILIDAD	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A	Se determinó que al sustituir desechos plasticos PET mejora la estabilidad en un 29.75%, manteniéndose dentro de los rangos que exige el Manual de Ensayo de Materiales									
							PATRON	2530	687	858	933										
							1.0% PET	2422	2586	2491	2445										
							3.0% PET	2399	2309	2132	2364										
							5.0% PET	2225	2327	2283	2179										
							FLUJO	5.0%C.A	5.5%C.A	6.0%C.A	6.5%C.A		Se determinó que al sustituir desechos plasticos PET disminuye las propiedades de flexibilidad del pavimento, pero manteniéndose dentro de los rangos que exige el Manual de Ensayo de Materiales								
				PATRON	5.43		6	5.07	5.93												
				1.0% PET	4.03		4.7	4.6	4.2												
				3.0% PET	5.57		5.7	5.77	6.2												
5.0% PET	4.57	4.6	4.73	4.9																	
PROPIEDADES DE FLEXIBILIDAD	% DE VACIOS	<table border="1"> <caption>Datos del Gráfico de Vacíos</caption> <thead> <tr> <th>% de PET</th> <th>% de Vacíos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.0</td> <td>30.5</td> </tr> <tr> <td>4.5</td> <td>30.5</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>35.5</td> </tr> <tr> <td>5.5</td> <td>31.5</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>29.5</td> </tr> <tr> <td>6.5</td> <td>26.5</td> </tr> </tbody> </table>					% de PET	% de Vacíos	4.0	30.5	4.5	30.5		5.0	35.5	5.5	31.5	6.0	29.5	6.5	26.5
		% de PET	% de Vacíos																		
4.0	30.5																				
4.5	30.5																				
5.0	35.5																				
5.5	31.5																				
6.0	29.5																				
6.5	26.5																				

ANEXO 3

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Matriz de Categorización de Tesis 2

2	Andres Berrio Alzate	"Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo"	2017	PET	0.5% - (0.5-2.0)mm	MEZCLA B	Las mezclas C con 1% de PET de 0.5 - 2.0 (mm) y la mezcla H con 0.5% de PET triturado de 5.0 (mm) tuvieron mejor análisis de estabilidad y flujo con valores 1367.5 (kg) y 1257.9 (kg)	Para tamaños de PET pequeños (0.5-2.0 mm) se presentó un porcentaje de adición óptimo cuya estabilidad decrece en la medida que aumenta o disminuye la dosificación.
					0.5% - (2.0)mm	MEZCLA C		
					0.5% - (5.0)mm	MEZCLA D		
					1% - (2.0)mm	MEZCLA E		
					1% - (5.0)mm	MEZCLA F		
					1% - (0.5-2.0)mm	MEZCLA G		
					2% - (5.0)mm	MEZCLA H		
					2% - (2.0)mm	MEZCLA I		
				2% - (0.5-2.0)mm	MEZCLA J			
				PROPIEDADES DE FLEXIBILIDAD	ESTABILIDAD	MEZCLA A =		
FLUJO		del diseño de una estructura típica variando al diseño de mezcla asfáltica C, se obtuvo que duplica los EE.						
			% DE VACIOS					Se puede llegar a incorporar 73 000 botellas de PET por cada kilómetro de vía construida, lo que evidentemente puede considerarse una solución a la problemática global de disposición de residuos.

ANEXO 4

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<i>EVALUACION DE MEZCLA ASFALTICA - METODO MARSHALL</i>			
Gravedad específica del cemento Asphaltico (Gb)=			
Gravedad Específica Bulk del agregado (Gsb)=			
Gravedad Específica Aparente del Agregado (Gsap)=			
Mezcla N°	PLASTICO		%
Muestra	1	2	3
Diámetro (cm)			
Esfuerzo (golpes/c.lado)			
Espesor (cm)			
Masa seca en el aire (g)			
Masa superficialmente seca (g)			
Volumen (cc)			
Gravedad Específica de Masa, Bulk (Kg/m ³)			
Gravedad Específica efectiva			
Gravedad Específica			
Vacios de Aire (%)			
Vacios de Aire (%) (PROMEDIO)			
V.M.A			
V.M.A (PROMEDIO)			
Contenido de Asfalto Absorbido =			
Contenido de Asfalto efectivo=			
Gravedad específica máxima teórica=			
Flujo (0.001 pulg.)			
Flujo (%)			
Estabilidad (Lb)			
Factor de correlación			
Estabilidad (Lb), corregido			
PORCENTAJE DE ASFALTO			
Masa con asfalto			
Masa sin asfalto			
Plástico			
Porcentaje de asfalto de la mezcla (%)			
Porcentaje de asfalto por agregado (%)			
Porcentaje de plástico en la mezcla (%)			

Fuente: Elaborado por Marcillo Piña Valeria

El instrumento para recopilar la información de los resultados de los ensayos elaborados por el autor Zubeida M. y Berrío A.

ANEXO 5

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Validez N°1

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
Ficha Técnica	
Nombre del proyecto de investigación: "Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019"	
RESPONSABLE: Salazar Zela Walther Gabriel	
ASESOR: Mgtr. Ing. Benites Zúñiga José Luis	
ASPECTO DE VALIDACION	
Validador:	<u>Lozo Mayrcca Luis Enrique</u>
Cargo e institución donde labora:	<u>AFKORP SIGLO XXI S.A.</u>
Especialidad del validador:	<u>PERITAJE - TASACION</u>
CIP:	<u>18356</u>

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE (0 - 25)%	ACEPTABLE (25 - 50)%	BUENO (50 - 75)%	EXCELENTE (75 - 100)%
Congruencia de ítems				90
Amplitud de contenido				88
Redacción de los ítems				90
Claridad y precisión				87
Pertinencia				85
Promedio de validación			88	%

Fecha:


Luis Enrique Lozo Mayrcca
Ingeniero de Dirección

Firma

DNI: 10213043

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

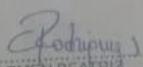
Validez N°2

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
Ficha Técnica	
Nombre del proyecto de investigación: "Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019"	
RESPONSABLE: Salazar Zela Walther	
ASESOR: Mgtr. Ing. Benites Zúñiga José Luis	
ASPECTO DE VALIDACION	
Validador:	Mg. Ing. Carmen Beatriz Rodríguez Solís
Cargo e institución donde labora:	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Especialidad del validador:	GESTIÓN PÚBLICA
CIP:	50202

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE (0 - 25)%	ACEPTABLE (25 - 50)%	BUENO (50 - 75)%	EXCELENTE (75 - 100)%
Congruencia de Items				85%
Amplitud de contenido				90%
Redacción de los items				90%
Claridad y precisión				90%
Pertinencia				90%
Promedio de validación				% 88%

Fecha:

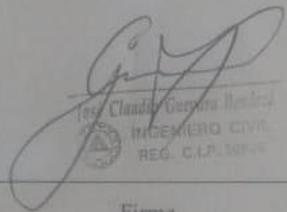

CARMEN BEATRIZ RODRIGUEZ SOLIS
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 50202

Firma

DNI: 08549106

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE DATOS

Validez N°3

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO																													
Ficha Técnica																													
Nombre del proyecto de investigación: "Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019"																													
RESPONSABLE: <u>Salazar Zela Walther Gabriel</u>																													
ASESOR: Mgtr. Ing. Benites Zúñiga José Luis																													
ASPECTO DE VALIDACION																													
Validador: <u>Hg. Ing. Geovani Benítez José Claudio</u>																													
Cargo e institución donde labora: <u>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</u>																													
Especialidad del validador: <u>OBRAS HIDRAULICAS</u>																													
CIP: <u>30036</u>																													
Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.																													
	<table border="1"><thead><tr><th>DEFICIENTE (0 - 25)%</th><th>ACEPTABLE (25 - 50)%</th><th>BUENO (50 - 75)%</th><th>EXCELENTE (75 - 100)%</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">80</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">85</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">89</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">85</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">85</td></tr><tr><td colspan="3">Promedio de validación</td><td style="text-align: center;">% 85%</td></tr></tbody></table>	DEFICIENTE (0 - 25)%	ACEPTABLE (25 - 50)%	BUENO (50 - 75)%	EXCELENTE (75 - 100)%				80				85				89				85				85	Promedio de validación			% 85%
DEFICIENTE (0 - 25)%	ACEPTABLE (25 - 50)%	BUENO (50 - 75)%	EXCELENTE (75 - 100)%																										
			80																										
			85																										
			89																										
			85																										
			85																										
Promedio de validación			% 85%																										
Fecha:	 Firma																												
	DNI: <u>21434089</u>																												

ANEXO 6

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título:	Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019						
Autor:	Salazar Zela Walther Gabriel						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. DEPENDIENTE: MEZCLA ASFÁLTICA				
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO		
¿Cuál es la influencia de la aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles, Lima 2019?	Determinar la influencia de la aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica para los pavimentos flexibles, Lima 2019.	La aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica influye positivamente en (el diseño de mezcla asfáltica) para los pavimentos flexibles, Lima 2019.	ESTABILIDAD	ENSAYO MARSHALL MTC E 504	MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN		
			FLUJO	ENSAYO MARSHALL MTC E 504			
			% DE VACIOS	ENSAYO MARSHALL MTC E 504			
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	V. INDEPENDIENTE:			Diseño:	No experimental
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	Tipo:	Aplicativa
¿Mejora las propiedades del diseño la mezcla asfáltica con la aplicación de plástico reciclado comparado con la mezcla asfáltica convencional?	Determinar la variación de las propiedades de la mezcla asfáltica aplicando plástico reciclado, teniendo como base el diseño de mezclas convencional.	Mejora las propiedades del diseño la mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles, Lima 2019	COMPOSICIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS	GUÍA DE ANALISIS DE DOCUMENTOS	Población:	Todos los ensayos realizados por la tesis 1 y la tesis 2
				PROPIEDADES QUÍMICAS			
¿La aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica cumple con los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504?	Determinar que cumpla los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC E 504, con la aplicación de plástico reciclado, teniendo como base el diseño de mezclas convencional.	La aplicación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica cumple los parámetros de diseño de mezclas asfálticas Ensayo Marshall MTC 504.	FUNCIÓN	VENTAJAS	GUÍA DE ANALISIS DE DOCUMENTOS	Muestra:	El total de ensayos realizados
				DESVENTAJAS		Técnica:	Rev. Documental
						Instrumento:	Matriz de Categorización
¿Cuál es la dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse a la mezcla asfáltica?	Determinar la dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse en la mezcla asfáltica y cumpla los parámetros de ensayo Marshall del MTC E 504.	La dosificación óptima de plástico reciclado que puede aplicarse a la mezcla asfáltica son 0.5, 1 y 3%	DOSIFICACIÓN	DOSIFICACION DE 0.5, 1 y 3%	GUÍA DE ANALISIS DE DOCUMENTOS		

ANEXO 7

CERTIFICADOS

Tesis 1: "Análisis de la incorporación del pet y pead en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico"

Autor: Zubeida Miluska Elías Chero



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 29/12/2016

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Etiqueta				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.5	5.5	5.5
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	510.30	510.30	510.30
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	567.00	567.00	567.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (máximo 85% (pesa la Malla N° 200))	%	56.70	56.70	56.70
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Bulk de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.774	2.774	2.774
8	Peso Específico Aparente de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E-206)	gr/cc	2.826	2.826	2.826
9	Peso Específico Bulk de la Arena < N°4 (ASTM C 136, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.661	2.661	2.661
10	Peso Específico Aparente de la Arena < N°4 (ASTM C 137, AASHTO T 85, MTC E 205)	gr/cc	2.736	2.736	2.736
11	Peso Específico aparente del filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Etiqueta	cm	6.40	6.38	6.38
13	Peso de la Etiqueta Seca en el Aire (g)	gr	1176.6	1160.0	1168.2
14	Peso de la Etiqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca	gr	1177.2	1169.3	1164.2



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 29/12/2016

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Etiqueta				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.0	6.0	6.0
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	507.60	507.60	507.60
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	564.00	564.00	564.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (máximo 65% (pesa la Malla N° 200))	%	56.40	56.40	56.40
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Bulk de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.774	2.774	2.774
8	Peso Específico Aparente de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E-206)	gr/cc	2.826	2.826	2.826
9	Peso Específico Bulk de la Arena < N°4 (ASTM C 136, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.661	2.661	2.661
10	Peso Específico Aparente de la Arena < N°4 (ASTM C 137, AASHTO T 85, MTC E-205)	gr/cc	2.736	2.736	2.736
11	Peso Específico aparente del filler	gr/cc			
12	Altura Promedio de la Etiqueta	cm	6.40	6.38	6.36
13	Peso de la Etiqueta Seca en el Aire (g)	gr	1171.4	1060.6	1160.8



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
 TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
 Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 29/12/2016

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Etiqueta				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.5	6.5	6.5
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	504.90	504.90	504.90
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	561.00	561.00	561.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 85% pasa la Malla N° 200)	%	58.10	58.10	58.10
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020
7	Peso Especifico Bulk de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.774	2.774	2.774
8	Peso Especifico Aparente de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc.	2.825	2.825	2.825
9	Peso Especifico Bulk de la Arena < N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.661	2.661	2.661
10	Peso Especifico Aparente de la Arena < N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc.	2.735	2.735	2.735
11	Peso Especifico aparente del filler	gr/cc.			
12	Altura Promedio de la Etiqueta	cm.	6.40	6.38	6.36
13	Peso de la Etiqueta Seca en el Aire (g.)	gr.	1164.6	1149.9	1137.0



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
 TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
 Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
 MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
 FECHA : 29/12/2016

ENSAYO METODO MARSHALL ASTM D-1559 Y AASHTO T-245

ENSAYO		CALCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1	Nº de Etiqueta				
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	6.5	6.5	6.5
3	Grava triturada en peso de la Mezcla (mayor N°4)	%	504.90	504.90	504.90
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (menor N°4)	%	561.00	561.00	561.00
5	Filler Fino en Peso de la Mezcla (mínimo 85% pasa la Malla N° 200)	%	58.10	58.10	58.10
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020
7	Peso Especifico Bulk de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.774	2.774	2.774
8	Peso Especifico Aparente de la Grava > N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc.	2.825	2.825	2.825
9	Peso Especifico Bulk de la Arena < N°4 (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.661	2.661	2.661
10	Peso Especifico Aparente de la Arena < N°4 (ASTM C 127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc.	2.735	2.735	2.735
11	Peso Especifico aparente del filler	gr/cc.			
12	Altura Promedio de la Etiqueta	cm.	6.40	6.38	6.36
13	Peso de la Etiqueta Seca en el Aire (g.)	gr.	1164.6	1149.9	1137.0



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

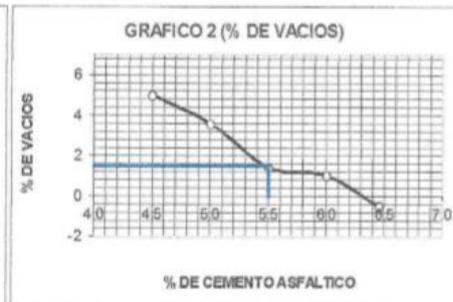
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

INFORME N°-1

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION DE UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 29/12/2016

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

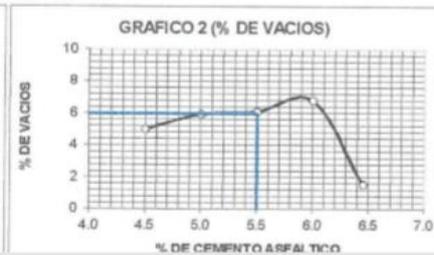
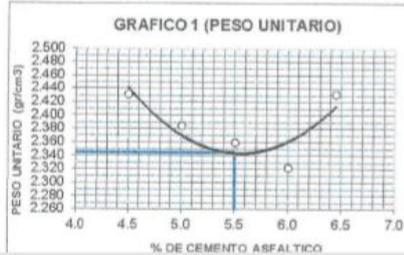
INFORME N°-1

EXPERIMENTAL - 1% PET

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION EN UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 29/12/2016

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

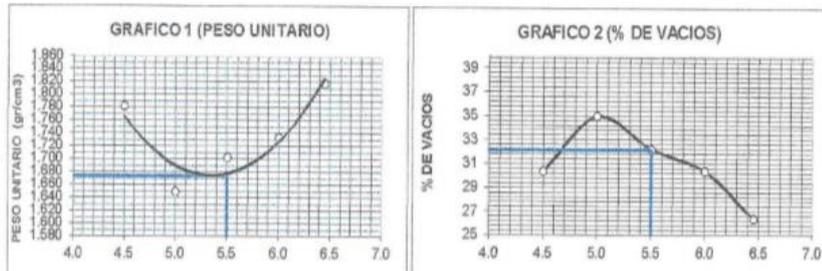
INFORME N°-1

EXPERIMENTAL - 3% PET

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION EN UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 29/12/2016

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

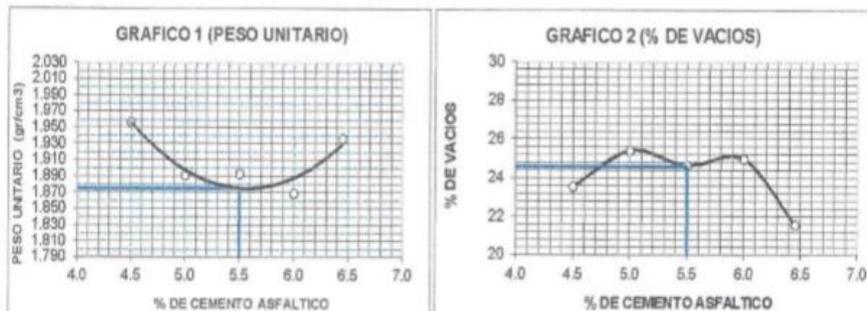
INFORME N°-1

EXPERIMENTAL - 5% PET

SOLICITA : ZUBEIDA MILUSKA ELIAS CHERO
TESIS : ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL PET Y PEAD EN LA FLEXIBILIDAD
Y RESISTENCIA A LA DEFORMACION EN UN PAVIMENTO ECOLOGICO
MATERIAL : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MAC-2
FECHA : 29/12/2016

CAPA DE RODADURA

CURVAS MARSHALL



METROTEC**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
*Laboratorio de Fuerza***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LF - 118 - 2016

Página 1 de 3

1. Expediente 16134**2. Solicitante** UNIVERSIDAD SAN PEDRO**3. Dirección** Av. José Pardo N° 194 Centro Cercado -
Santa - Chimbote - ANCASH**4. Equipo** PRENSA MARSHALL**Capacidad** 2730 kgf**Marca** ELE INTERNATIONAL

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de

ANEXO 8

CERTIFICADOS

Tesis 2: “Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo”

Autor: Andrés Berrio Alzate

A.2 Reporte ensayo – Desgaste en máquina de Los Ángeles

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE		Ejecutó Andrés Berrio Alzate																																																																																																																																																																															
			Revisó Ph.D. Jorge Elicer Córdoba																																																																																																																																																																															
RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS EN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES - INV-E-218-13																																																																																																																																																																																		
PROYECTO		Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																																																																																																																																																
FUENTE:		Agregados San Javier																																																																																																																																																																																
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:		Triturado																																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:		27/05/2017																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Pasa tamiz</th> <th colspan="2">Retenido en tamiz</th> <th colspan="7">Peso y granulometrías de la muestra para ensayo (g)</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>(alt)</th> <th>mm</th> <th>(alt)</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75</td> <td>3"</td> <td>63</td> <td>2 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500 +/- 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>2 1/2"</td> <td>50.0</td> <td>2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500 +/- 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>2"</td> <td>37.5</td> <td>1 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>37.5</td> <td>1 1/2"</td> <td>25</td> <td>1"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 25</td> <td>5000 +/- 25</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>1"</td> <td>19</td> <td>3/4"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 25</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>3/4"</td> <td>12.5</td> <td>1/2"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>1/2"</td> <td>9.5</td> <td>3/8"</td> <td>1250 +/- 25</td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.5</td> <td>3/8"</td> <td>6.3</td> <td>1/4"</td> <td></td> <td></td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>1/4"</td> <td>4.75</td> <td>N° 4</td> <td></td> <td></td> <td>2500 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td>N° 4</td> <td>2.36</td> <td>N° 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 +/- 10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"> TOTALES </td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 10</td> <td>5000 +/- 10</td> <td>10000 +/- 100</td> <td>10000 +/- 75</td> <td>10000 +/- 50</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"> NUMERO DE ESFERAS </td> <td>12</td> <td>11</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"> NUMERO DE REVOLUCIONES </td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>1000</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Peso y granulometrías de la muestra para ensayo (g)							mm	(alt)	mm	(alt)	A	B	C	D	E	F	G	75	3"	63	2 1/2"					2500 +/- 50			63	2 1/2"	50.0	2"					2500 +/- 50			50	2"	37.5	1 1/2"					5000 +/- 10	5000 +/- 50		37.5	1 1/2"	25	1"	1250 +/- 25					5000 +/- 25	5000 +/- 25	25	1"	19	3/4"	1250 +/- 25						5000 +/- 25	19	3/4"	12.5	1/2"	1250 +/- 25	2500 +/- 10						12.5	1/2"	9.5	3/8"	1250 +/- 25	2500 +/- 10						9.5	3/8"	6.3	1/4"			2500 +/- 10					6.3	1/4"	4.75	N° 4			2500 +/- 10					4.8	N° 4	2.36	N° 8				5000 +/- 10				TOTALES				5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	10000 +/- 100	10000 +/- 75	10000 +/- 50	NUMERO DE ESFERAS				12	11	8	6	12	12	12	NUMERO DE REVOLUCIONES				500	500	500	500	1000	1000	1000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Gradación usada</th> <th>Peso de la muestra inicial seca P1 (g)</th> <th>Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)</th> <th>DESGASTE SECO %</th> <th>Especificación Máximo 8,0%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gradación A 100 REVOLUCIONES</td> <td>5002.3</td> <td>4692.2</td> <td>0.1</td> <td>CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>		Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 8,0%	Gradación A 100 REVOLUCIONES	5002.3	4692.2	0.1	CUMPLE
Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Peso y granulometrías de la muestra para ensayo (g)																																																																																																																																																																														
mm	(alt)	mm	(alt)	A	B	C	D	E	F	G																																																																																																																																																																								
75	3"	63	2 1/2"					2500 +/- 50																																																																																																																																																																										
63	2 1/2"	50.0	2"					2500 +/- 50																																																																																																																																																																										
50	2"	37.5	1 1/2"					5000 +/- 10	5000 +/- 50																																																																																																																																																																									
37.5	1 1/2"	25	1"	1250 +/- 25					5000 +/- 25	5000 +/- 25																																																																																																																																																																								
25	1"	19	3/4"	1250 +/- 25						5000 +/- 25																																																																																																																																																																								
19	3/4"	12.5	1/2"	1250 +/- 25	2500 +/- 10																																																																																																																																																																													
12.5	1/2"	9.5	3/8"	1250 +/- 25	2500 +/- 10																																																																																																																																																																													
9.5	3/8"	6.3	1/4"			2500 +/- 10																																																																																																																																																																												
6.3	1/4"	4.75	N° 4			2500 +/- 10																																																																																																																																																																												
4.8	N° 4	2.36	N° 8				5000 +/- 10																																																																																																																																																																											
TOTALES				5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	5000 +/- 10	10000 +/- 100	10000 +/- 75	10000 +/- 50																																																																																																																																																																								
NUMERO DE ESFERAS				12	11	8	6	12	12	12																																																																																																																																																																								
NUMERO DE REVOLUCIONES				500	500	500	500	1000	1000	1000																																																																																																																																																																								
Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 8,0%																																																																																																																																																																														
Gradación A 100 REVOLUCIONES	5002.3	4692.2	0.1	CUMPLE																																																																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Gradación usada</th> <th>Peso de la muestra inicial seca P1 (g)</th> <th>Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)</th> <th>DESGASTE SECO %</th> <th>Especificación Máximo 40 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gradación A 500 REVOLUCIONES</td> <td>5002.3</td> <td>3679.1</td> <td>0.3</td> <td>CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>		Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 40 %	Gradación A 500 REVOLUCIONES	5002.3	3679.1	0.3	CUMPLE																																																																																																																																																																							
Gradación usada	Peso de la muestra inicial seca P1 (g)	Peso de la muestra después de ensayo seca P2 (g)	DESGASTE SECO %	Especificación Máximo 40 %																																																																																																																																																																														
Gradación A 500 REVOLUCIONES	5002.3	3679.1	0.3	CUMPLE																																																																																																																																																																														
OBSERVACIONES: Especificación para concreto hidráulico, desgaste 500 revoluciones máximo 40%; pavimento máximo 25%																																																																																																																																																																																		

A.3 Reporte ensayo – Sanidad de los agregados

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrio Alzate Revisó PhD. Jorge Eliecer Córdoba								
SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO - INV-E-220-13										
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo									
FUENTE	Agregados San Javier									
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Triturado 3/4" - INV - AG - 25 arena triturada									
FECHA DE ENSAYO:	13/05/2017									
N° DE CICLOS	5									
TIPO DE SULFATO	Sulfato de sodio									
FRACCIÓN GRUESA										
Análisis cuantitativo										
FRACCIÓN ANALISIS					% Gradación original	% Gradación original ponderado	Peso fracción antes de ensayo (gr)	Peso fracción después de ensayo (gr)	Pérdida real por fracción %	Pérdida corregida por fracción %
Pasa tamiz	Retenido tamiz	Peso requerido								
mm (alt)	mm (alt)	gr								
63,0 2 1/2"	50,0 2"	3000+/- 300								
50,0 2"	37,5 1 1/2"	2000+/- 200								
37,5 1 1/2"	25,0 1"	1000+/- 50								
25,0 1"	19,0 3/4"	500+/- 30								
19,0 3/4"	12,5 1/2"	670+/- 10	25,5	26,1	670,5	650,4	1,66	0,43		
12,5 1/2"	9,5 3/8"	330+/- 5	37,3	38,1	332,1	322,2	2,98	1,14		
9,5 3/8"	4,75 N° 4	300+/- 5	35,0	35,8	301,2	287,8	4,45	1,59		
			97,8	100,0	PÉRDIDA TOTAL			3,2		
FRACCIÓN GRUESA										
Análisis cualitativo										
FRACCIÓN ANALISIS			N° inicial de partículas	N° final de partículas	OBSERVACIONES					
Pasa tamiz	Retenido en tamiz									
2 1/2"	1 1/2"									
1 1/2"	3/4"									
FRACCIÓN GRUESA										
Análisis cuantitativo										
FRACCIÓN ANALISIS					% Gradación original	% Gradación original ponderado	Peso fracción antes de ensayo (gr)	Peso fracción después de ensayo (gr)	Pérdida real por fracción %	Pérdida corregida por fracción %
Pasa tamiz	Retenido tamiz	Peso requerido								
mm (alt)	mm (alt)	gr								
9,50 3/8"	4,8 N° 4	100								
4,75 N° 4	2,36 N° 8	100								
2,36 N° 8	1,18 N° 16	100								
1,18 N° 16	0,6 N° 30	100	12,4	9,3	100	84,6	15,4	1,4		
0,60 N° 30	0,30 N° 50	100	10,8	8,1	100	88,1	11,9	1,0		
0,30 N° 50	0,15 N° 100	100	8,0	6,6						
0,15 N° 100		100	26,0	19,4						
			134,0	100,0	PÉRDIDA TOTAL			6,6		
OBSERVACIONES:			Sulfato de sodio máx. 12%, sulfato de magnesio máx. 18%							

A.4 Reporte ensayo – Gravedad específica llenante mineral

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrío Alzate																																																
		Revisó PhD. Jorge Eliecer Córdoba																																																
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELOS Y LLENANTE MINERAL - INV-E-128-13																																																		
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																	
FUENTE:	Agregados San Javier																																																	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Llenante Mezcla diseño (pasa N° 200)																																																	
FECHA DE ENSAYO:	20/05/2017																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBAS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>PROMEDIO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PICNÓMETRO N°</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA °C</td> <td>19,7</td> <td>19,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W2 (g)</td> <td>664,99</td> <td>658,53</td> <td></td> <td></td> <td>Peso de agua y picnómetro</td> </tr> <tr> <td>W1 (g)</td> <td>700,15</td> <td>694,07</td> <td></td> <td></td> <td>Peso picnómetro, agua y suelo</td> </tr> <tr> <td>Ws (g)</td> <td>55,0</td> <td>55,5</td> <td></td> <td></td> <td>Peso suelo seco = peso de sólidos</td> </tr> <tr> <td>$G_s = W_o * K / (W_o + W_2 - W_1)$</td> <td>2,767</td> <td>2,771</td> <td></td> <td>2,769</td> <td>Peso específico nominal</td> </tr> <tr> <td>FACTOR DE CORRECCIÓN K</td> <td>1,00006</td> <td>1,00004</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN	PICNÓMETRO N°	2	3				TEMPERATURA °C	19,7	19,8				W2 (g)	664,99	658,53			Peso de agua y picnómetro	W1 (g)	700,15	694,07			Peso picnómetro, agua y suelo	Ws (g)	55,0	55,5			Peso suelo seco = peso de sólidos	$G_s = W_o * K / (W_o + W_2 - W_1)$	2,767	2,771		2,769	Peso específico nominal	FACTOR DE CORRECCIÓN K	1,00006	1,00004			
PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN																																													
PICNÓMETRO N°	2	3																																																
TEMPERATURA °C	19,7	19,8																																																
W2 (g)	664,99	658,53			Peso de agua y picnómetro																																													
W1 (g)	700,15	694,07			Peso picnómetro, agua y suelo																																													
Ws (g)	55,0	55,5			Peso suelo seco = peso de sólidos																																													
$G_s = W_o * K / (W_o + W_2 - W_1)$	2,767	2,771		2,769	Peso específico nominal																																													
FACTOR DE CORRECCIÓN K	1,00006	1,00004																																																
OBSERVACIONES:	Factor de corrección por temperatura a 20 °C = 1.00																																																	

A.5 Reporte ensayo – Gravedad específica agregado fino

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrio Alzate																																																																																					
		Revisó PhD. Jorge Eliecer Córdoba																																																																																					
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO- INV-E-222-13																																																																																							
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																																																						
FUENTE:	Agregados San Javier																																																																																						
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	Arena pasa N° 4 ret. N° 200																																																																																						
FECHA DE ENSAYO:	20/05/2017																																																																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBAS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>PROMEDIO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PICNÓMETRO N°</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA °C</td> <td>23</td> <td>22,8</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B (g)</td> <td>633,17</td> <td>664,62</td> <td>658,1</td> <td></td> <td>Masa del picnómetro aforado lleno de agua</td> </tr> <tr> <td>C (g)</td> <td>951,92</td> <td>982,92</td> <td>976,75</td> <td></td> <td>Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua</td> </tr> <tr> <td>A (g)</td> <td>496,0</td> <td>496,1</td> <td>496,0</td> <td></td> <td>Masa al aire de la muestra seca</td> </tr> <tr> <td>S (g)</td> <td>500,0</td> <td>500,0</td> <td>500,0</td> <td></td> <td>Masa de la muestra saturada y superficialmente seca</td> </tr> <tr> <td>$V_s = B+A-C$ (cm3)</td> <td>177,3</td> <td>177,8</td> <td>177,4</td> <td></td> <td>Volumen de sólidos</td> </tr> <tr> <td>$W_w = S-A$ (g)</td> <td>4,0</td> <td>3,9</td> <td>4,0</td> <td></td> <td>Agua en los poros de las partículas</td> </tr> <tr> <td>$V_{ss} = (V_s + W_w)$ (cm3)</td> <td>181,3</td> <td>181,7</td> <td>181,4</td> <td></td> <td>Volumen sólidos saturados con humedad equivalente</td> </tr> <tr> <td>$G_{sb} = A/V_{ss}$ (g/cm3)</td> <td>2,737</td> <td>2,730</td> <td>2,735</td> <td>2,734</td> <td>Gravedad específica bulk</td> </tr> <tr> <td>$G_{sb\ sss} = S/V_{sss}$ (g/cm3)</td> <td>2,759</td> <td>2,752</td> <td>2,757</td> <td>2,756</td> <td>Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca</td> </tr> <tr> <td>$G_{sa} = A/V_s$</td> <td>2,737</td> <td>2,730</td> <td>2,735</td> <td>2,734</td> <td>Gravedad específica aparente</td> </tr> <tr> <td>$\% \text{ Abs} = (W_w/A)*100$</td> <td>0,798</td> <td>0,782</td> <td>0,800</td> <td>0,794</td> <td>Absorción</td> </tr> </tbody> </table>			PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN	PICNÓMETRO N°	1	2	3			TEMPERATURA °C	23	22,8	23			B (g)	633,17	664,62	658,1		Masa del picnómetro aforado lleno de agua	C (g)	951,92	982,92	976,75		Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	A (g)	496,0	496,1	496,0		Masa al aire de la muestra seca	S (g)	500,0	500,0	500,0		Masa de la muestra saturada y superficialmente seca	$V_s = B+A-C$ (cm3)	177,3	177,8	177,4		Volumen de sólidos	$W_w = S-A$ (g)	4,0	3,9	4,0		Agua en los poros de las partículas	$V_{ss} = (V_s + W_w)$ (cm3)	181,3	181,7	181,4		Volumen sólidos saturados con humedad equivalente	$G_{sb} = A/V_{ss}$ (g/cm3)	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica bulk	$G_{sb\ sss} = S/V_{sss}$ (g/cm3)	2,759	2,752	2,757	2,756	Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca	$G_{sa} = A/V_s$	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica aparente	$\% \text{ Abs} = (W_w/A)*100$	0,798	0,782	0,800	0,794	Absorción
PRUEBAS	1	2	3	PROMEDIO	DESCRIPCIÓN																																																																																		
PICNÓMETRO N°	1	2	3																																																																																				
TEMPERATURA °C	23	22,8	23																																																																																				
B (g)	633,17	664,62	658,1		Masa del picnómetro aforado lleno de agua																																																																																		
C (g)	951,92	982,92	976,75		Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua																																																																																		
A (g)	496,0	496,1	496,0		Masa al aire de la muestra seca																																																																																		
S (g)	500,0	500,0	500,0		Masa de la muestra saturada y superficialmente seca																																																																																		
$V_s = B+A-C$ (cm3)	177,3	177,8	177,4		Volumen de sólidos																																																																																		
$W_w = S-A$ (g)	4,0	3,9	4,0		Agua en los poros de las partículas																																																																																		
$V_{ss} = (V_s + W_w)$ (cm3)	181,3	181,7	181,4		Volumen sólidos saturados con humedad equivalente																																																																																		
$G_{sb} = A/V_{ss}$ (g/cm3)	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica bulk																																																																																		
$G_{sb\ sss} = S/V_{sss}$ (g/cm3)	2,759	2,752	2,757	2,756	Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca																																																																																		
$G_{sa} = A/V_s$	2,737	2,730	2,735	2,734	Gravedad específica aparente																																																																																		
$\% \text{ Abs} = (W_w/A)*100$	0,798	0,782	0,800	0,794	Absorción																																																																																		
OBSERVACIONES:																																																																																							

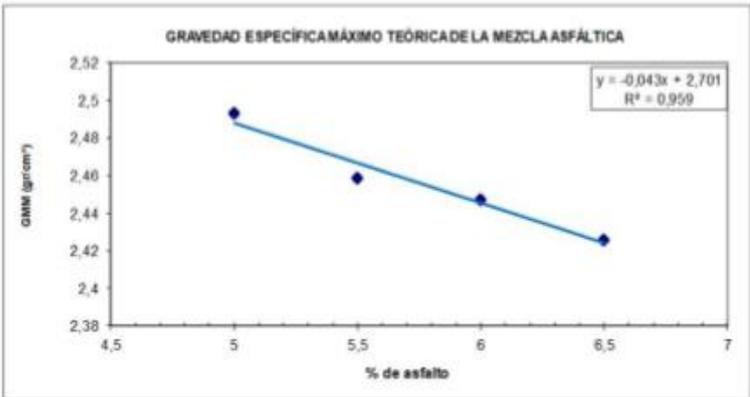
A.6 Reporte ensayo – Gravedad específica agregado grueso

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrío Alzate																																																																								
		Revisó PhD. Jorge Eliecer Córdoba																																																																								
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO - INV-E-223-13																																																																										
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																																									
FUENTE:	Agregados San Javier																																																																									
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	Triturado 3/4" retenido N° 4																																																																									
FECHA DE ENSAYO:	20/05/2017																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PRUEBAS</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">PROMEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A: Peso en aire de la muestra seca</td> <td style="text-align: center;">1790,5</td> <td style="text-align: center;">1787,9</td> <td style="text-align: center;">1786,4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B: Peso en aire de la muestra saturada, superficie seca</td> <td style="text-align: center;">1804,5</td> <td style="text-align: center;">1801,7</td> <td style="text-align: center;">1800,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C: Peso en agua de la muestra saturada, superficie seca</td> <td style="text-align: center;">1154,1</td> <td style="text-align: center;">1151,2</td> <td style="text-align: center;">1149,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B - C</td> <td style="text-align: center;">650,4</td> <td style="text-align: center;">650,5</td> <td style="text-align: center;">651</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A - C</td> <td style="text-align: center;">636,4</td> <td style="text-align: center;">636,7</td> <td style="text-align: center;">636,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B - A</td> <td style="text-align: center;">14,0</td> <td style="text-align: center;">13,8</td> <td style="text-align: center;">14,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica Bulk (A/B-C) = Gsb</td> <td style="text-align: center;">2,718</td> <td style="text-align: center;">2,719</td> <td style="text-align: center;">2,719</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2,719</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica Bulk SSS (B/B-C) = Gsbsss</td> <td style="text-align: center;">2,738</td> <td style="text-align: center;">2,740</td> <td style="text-align: center;">2,741</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2,740</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica aparente: (A/A-C) = Gsa</td> <td style="text-align: center;">2,778</td> <td style="text-align: center;">2,779</td> <td style="text-align: center;">2,780</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2,779</td> </tr> <tr> <td>ABSORCION % = (B-A)/A*100</td> <td style="text-align: center;">0,78</td> <td style="text-align: center;">0,77</td> <td style="text-align: center;">0,79</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0,78</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA DE ENSAYO</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			PRUEBAS	1	2	3	4	PROMEDIO	A: Peso en aire de la muestra seca	1790,5	1787,9	1786,4			B: Peso en aire de la muestra saturada, superficie seca	1804,5	1801,7	1800,6			C: Peso en agua de la muestra saturada, superficie seca	1154,1	1151,2	1149,6			B - C	650,4	650,5	651			A - C	636,4	636,7	636,8			B - A	14,0	13,8	14,2			Gravedad específica Bulk (A/B-C) = Gsb	2,718	2,719	2,719		2,719	Gravedad específica Bulk SSS (B/B-C) = Gsbsss	2,738	2,740	2,741		2,740	Gravedad específica aparente: (A/A-C) = Gsa	2,778	2,779	2,780		2,779	ABSORCION % = (B-A)/A*100	0,78	0,77	0,79		0,78	TEMPERATURA DE ENSAYO	25	25	25		
PRUEBAS	1	2	3	4	PROMEDIO																																																																					
A: Peso en aire de la muestra seca	1790,5	1787,9	1786,4																																																																							
B: Peso en aire de la muestra saturada, superficie seca	1804,5	1801,7	1800,6																																																																							
C: Peso en agua de la muestra saturada, superficie seca	1154,1	1151,2	1149,6																																																																							
B - C	650,4	650,5	651																																																																							
A - C	636,4	636,7	636,8																																																																							
B - A	14,0	13,8	14,2																																																																							
Gravedad específica Bulk (A/B-C) = Gsb	2,718	2,719	2,719		2,719																																																																					
Gravedad específica Bulk SSS (B/B-C) = Gsbsss	2,738	2,740	2,741		2,740																																																																					
Gravedad específica aparente: (A/A-C) = Gsa	2,778	2,779	2,780		2,779																																																																					
ABSORCION % = (B-A)/A*100	0,78	0,77	0,79		0,78																																																																					
TEMPERATURA DE ENSAYO	25	25	25																																																																							
OBSERVACIONES:																																																																										

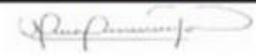
A.10 Reporte ensayo – Penetración cemento asfáltico

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrio Alzate <hr/> Revisó Ph.D. Jorge Eliecer Córdoba																					
PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS - INV-E-706-13																							
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																						
FUENTE:	MPI - Barrancabermeja - Lote 204-655-749 - 25/06/2017																						
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Cemento asfáltico 60/70																						
FECHA DE ENSAYO:	3/07/2017																						
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="padding: 5px;">ENSAYO DE PENETRACIÓN</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%; padding: 5px;">Muestra</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">Lectura (Décimas de mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">1</td> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">63</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">2</td> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">62</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">3</td> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">65</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">PROMEDIO</td> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">63</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Especificación</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">60 - 70</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CUMPLE</td> </tr> </tbody> </table>			ENSAYO DE PENETRACIÓN			Muestra	Lectura (Décimas de mm)		1	63		2	62		3	65		PROMEDIO	63		Especificación	60 - 70	CUMPLE
ENSAYO DE PENETRACIÓN																							
Muestra	Lectura (Décimas de mm)																						
1	63																						
2	62																						
3	65																						
PROMEDIO	63																						
Especificación	60 - 70	CUMPLE																					
OBSERVACIONES:																							

A.15 Reporte ensayo – Gravedad específica máxima mezcla asfáltica

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MINAS MAESTRÍA EN INGENIERÍA - INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRANSPORTE	Ejecutó Andrés Berrio Alzate																																																	
		Revisó Ph.D. Jorge Eliecer Córdoba																																																	
	GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS DE PAVIMENTOS, MÉTODO RICE - INV-E-735-13																																																		
PROYECTO	Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de tereftalato de polietileno reciclado como agregado constitutivo																																																		
FUENTE:	Agregados San Javier + AC 60-70 MPI - Barrancabermeja - Lote 204-655-749 - 25/07/2017																																																		
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	Mezcla asfáltica MSC-19																																																		
FECHA DE ENSAYO:	24/06/2017																																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra N°</th> <th>% de asfalto</th> <th>Peso muestra en el aire (A)</th> <th>Peso recipiente lleno con agua (D)</th> <th>Peso recipiente lleno con agua y muestra (E)</th> <th>T° Agua</th> <th>Máx. medido a 25°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>A/(A+D-E)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>5.0</td> <td>2000,5</td> <td>7355,0</td> <td>8553,0</td> <td>26,0</td> <td>2,493</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5.5</td> <td>2000,0</td> <td>7355,0</td> <td>8541,5</td> <td>26,0</td> <td>2,459</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.0</td> <td>2000,5</td> <td>7355,0</td> <td>8538,0</td> <td>26,0</td> <td>2,447</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6.5</td> <td>2000,0</td> <td>7355,0</td> <td>8530,5</td> <td>26,0</td> <td>2,426</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Muestra N°	% de asfalto	Peso muestra en el aire (A)	Peso recipiente lleno con agua (D)	Peso recipiente lleno con agua y muestra (E)	T° Agua	Máx. medido a 25°C							A/(A+D-E)	1	5.0	2000,5	7355,0	8553,0	26,0	2,493	2	5.5	2000,0	7355,0	8541,5	26,0	2,459	3	6.0	2000,5	7355,0	8538,0	26,0	2,447	4	6.5	2000,0	7355,0	8530,5	26,0	2,426	5							
Muestra N°	% de asfalto	Peso muestra en el aire (A)	Peso recipiente lleno con agua (D)	Peso recipiente lleno con agua y muestra (E)	T° Agua	Máx. medido a 25°C																																													
						A/(A+D-E)																																													
1	5.0	2000,5	7355,0	8553,0	26,0	2,493																																													
2	5.5	2000,0	7355,0	8541,5	26,0	2,459																																													
3	6.0	2000,5	7355,0	8538,0	26,0	2,447																																													
4	6.5	2000,0	7355,0	8530,5	26,0	2,426																																													
5																																																			
																																																			
OBSERVACIONES:																																																			

B.1 Reporte ensayo – Deformación plástica – Mezcla A

 <p>CONCRETE SERVICIOS S.A.S. LABORATORIO ESPECIALIZADO Y CONSULTORÍA</p> <p>BOGOTÁ - Calle 22 C No. 130 - 51 Bodega 6 / Tel 421 1444</p>	<p>INFORME DE ENSAYO RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO INVE 756/13</p>	<p>Fecha Aprobación: 2015-06-22</p> <p>Código: F-EM-103/03</p> <p>Página: 1/2</p>								
Fecha informe: 2017-10-03		No. Inf.: 58407 / 2017								
<p>Localización: PLANTA CR: 1951</p> <p>Proveedor: TESIS MAESTRIA N° de muestra: 264</p> <p>Descripción: MEZCLA A, MSC-19 CON ASFALTO 60-70 Fecha de toma: 2017-09-20</p> <p>Muestra compactada en: LABORATORIO Fecha de recibo: 2017-09-22</p> <p style="text-align: right;">Fecha de ensayo: 2017-09-26 - 2017-09-28</p> <p><small>Nota: Los resultados corresponden exclusivamente a la muestra ensayada.</small></p>										
Molde No.	M - O343 -1	M - O343 -2	M - O343 -3							
Densidad bulk (g/cm ³)	2,311	2,312	2,313							
Temperatura ensayo (° C)	60	60	60							
Presión de contacto (kg/cm ²)	9,1	9,1	9,1							
Tiempo (Minutos)	Deformación (mm)	Deformación (µm)	Diferencia (mm)	Deformación (mm)	Deformación (µm)	Diferencia (mm)	Deformación (mm)	Deformación (µm)	Diferencia (mm)	
0	0,248	248	0,000	0,297	297	0,000	0,315	315	0,000	
1	0,253	253	0,005	0,407	407	0,110	0,386	386	0,071	
3	0,407	407	0,154	0,499	499	0,092	0,445	445	0,059	
5	0,408	408	0,001	0,565	565	0,066	0,546	546	0,101	
10	0,502	502	0,094	0,589	589	0,024	0,650	650	0,104	
15	0,537	537	0,035	0,622	622	0,033	0,733	733	0,083	
20	0,592	592	0,055	0,661	661	0,039	0,808	808	0,075	
25	0,614	614	0,022	0,674	674	0,013	0,817	817	0,009	
30	0,628	628	0,014	0,685	685	0,011	0,867	867	0,050	
35	0,656	656	0,028	0,728	728	0,043	0,889	889	0,022	
40	0,689	689	0,033	0,729	729	0,001	0,937	937	0,048	
45	0,719	719	0,030	0,737	737	0,008	0,938	938	0,001	
60	0,731	731	0,012	0,759	759	0,022	1,012	1012	0,074	
75	0,752	752	0,021	0,792	792	0,033	1,092	1092	0,080	
90	0,774	774	0,022	0,814	814	0,022	1,114	1114	0,022	
105	0,793	793	0,019	0,822	822	0,008	1,149	1149	0,035	
120	0,823	823	0,030	0,873	873	0,051	1,176	1176	0,027	
RESULTADOS										
PERIODO	Probeta 1			Probeta 2			Probeta 3			PROMEDIO PROBETAS
	Deformación (mm)	Velocidad (mm/min) (µm/min)		Deformación (mm)	Velocidad (mm/min) (µm/min)		Deformación (mm)	Velocidad (mm/min) (µm/min)		Velocidad (µm/min)
30 - 45	0,091	0,0061	6,1	0,052	0,0035	3,5	0,071	0,0047	4,7	4,8
75 - 90	0,022	0,0015	1,5	0,022	0,0015	1,5	0,022	0,0015	1,5	1,5
105 - 120	0,030	0,0020	2,0	0,051	0,0034	3,4	0,027	0,0018	1,8	2,4
OBSERVACIONES : _____										
LABORATORIO						RECIBIDO				
Firma: Nombre: Cargo:	 MARIA ALEJANDRA POLANCO A. Jefe de Laboratorio					Firma: _____ Fecha: _____				

ANEXO 9

PANEL FOTOGRAFICO



Se puede apreciar el estado actual de los pavimentos flexibles, el cual presenta fallas superficiales y estructurales debido a la falta de mantenimiento.



Se puede apreciar el estado actual de los pavimentos flexibles, el cual presenta fallas superficiales y estructurales debido a la falta de mantenimiento.

PANEL FOTOGRAFICO



Se puede apreciar el estado actual de los pavimentos flexibles, el cual presenta fallas superficiales y estructurales debido a la falta de mantenimiento.



Se puede apreciar el estado actual de los pavimentos flexibles, el cual presenta fallas superficiales y estructurales debido a la falta de mantenimiento.