



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Efecto del PET y polipropileno reciclado en la resistencia,  
impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Correa Gonzales, Jhon Felix (ORCID: 0000-0002-4764-3463)  
Sotero Yengle, Christian Daniel (ORCID: 0000-0003-1078-5895)

**ASESOR:**

Dr. Gutiérrez Vargas, Leopoldo Marcos (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

CHICLAYO - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A la memoria de mi madre, Olga Elena, quien impulso el logro de mis objetivos, siempre estará en mi corazón.

A María Teresa y a Daniel Alonso, gracias por su amor incondicional, por ser mi soporte, por el apoyo constante, su comprensión en conseguir nuevos logros en mi vida profesional, por demostrarme que siempre cuento con ustedes.

A mi padre José Luis, a mis hermanos por su apoyo constante en los momentos más difíciles que me toco afrontar.

### **Jhon**

A mis padres por haberme forjado principios y valores, muchos de mis logros se los debo a ustedes, me formaron con reglas y me motivaron constantemente a alcanzar mis metas.

A Anjhi y Luana, mis grandes compañeras de vida, gracias por su apoyo incondicional, por sus buenos deseos, sin ustedes no hubiese sido posible cumplir este objetivo.

A mis hermanas, por ser una de mis motivaciones en superarme profesionalmente y ser un ejemplo para ellas, gracias por su apoyo continuo.

### **Christian**

## **Agradecimiento**

Al todopoderoso por darnos la fuerza y la sabiduría para culminar nuestra investigación, quien guio nuestros pasos para no desfallecer en el cumplimiento de nuestros objetivos.

A nuestro asesor de tesis, quien nos ha orientado en este proceso de enseñanza aprendizaje. Agradecidos por el soporte y acompañamiento.

A nuestra alma mater la Universidad César Vallejo, por acogernos en sus aulas durante los años de estudio y concluir la presente investigación.

**Jhon y Christian**

## Índice de contenidos

|  |           |
|--|-----------|
| Carátula.....  | i         |
| Dedicatoria .....  | ii        |
| Agradecimiento .....                                     | iii       |
| Índice de contenidos .....                               | iv        |
| Índice de tablas .....                                   | v         |
| Índice de figuras .....                                  | vii       |
| Resumen.....   | viii      |
| Abstract.....  | ix        |
| <b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>                             | <b>1</b>  |
| <b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>                           | <b>4</b>  |
| <b>III. METODOLOGÍA.....</b>                             | <b>16</b> |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación .....                 | 16        |
| 3.2 Variables y operacionalización.....                  | 17        |
| 3.3 Población y muestra.....                             | 17        |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 18        |
| 3.5. Procedimiento.....                                  | 18        |
| 3.6 Método de análisis de datos.....                     | 20        |
| 3.7 Aspectos Éticos.....                                 | 21        |
| <b>IV. RESULTADOS .....</b>                              | <b>22</b> |
| <b>V. DISCUSIÓN.....</b>                                 | <b>41</b> |
| <b>VI. CONCLUSIONES .....</b>                            | <b>44</b> |
| <b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>                         | <b>45</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                                  | <b>46</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                      | <b>52</b> |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Distribución de muestras .....  | 17 |
| Tabla 2. Resultado de caracterización del Agregado grueso .....  | 22 |
| Tabla 3. Resultado de caracterización del Agregado Fino .....  | 23 |
| Tabla 4. análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso y fino .....   | 24 |
| Tabla 5. Resultados de PET.....  | 24 |
| Tabla 6. Polipropileno.....  | 25 |
| Tabla 7. Resultado del diseño de la mezcla patrón.....   | 25 |
| Tabla 8. Estructura para la muestra patrón .....   | 25 |
| Tabla 9. Estructura para la muestra patrón con PET reciclado .....   | 26 |
| Tabla 10. Estructura para la muestra patrón con polipropileno reciclado .....  | 26 |
| Tabla 11. Resultados de muestra asfáltica – Convencional.....  | 26 |
| Tabla 12. Resultados de muestra asfáltica con 1 % de PET reciclado.....  | 27 |
| Tabla 13. Resultados de muestra asfáltica con 3 % de PET reciclado.....  | 27 |
| Tabla 14. Resultados de muestra asfáltica con 5 % de PET reciclado.....  | 28 |
| Tabla 15. Resultados de muestra asfáltica con 1 % de polipropileno reciclado ...   | 28 |
| Tabla 16. Resultados de muestra asfáltica con 3 % de polipropileno reciclado ...   | 28 |
| Tabla 17. Resultados de muestra asfáltica con 5 % de polipropileno reciclado ...   | 29 |
| Tabla 18. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas. ....  | 29 |
| Tabla 19. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas .....  | 30 |
| Tabla 20. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas....   | 32 |
| Tabla 21. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas.....   | 33 |
| Tabla 22. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas .....  | 34 |
| Tabla 23. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas....   | 35 |
| Tabla 24. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas. ....  | 36 |
| Tabla 25. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas.....   | 37 |
| Tabla 26. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas. ....   | 38 |
| Tabla 27. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla<br>asfáltica convencional + PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con<br>respecto a la Propiedad de RESISTENCIA..... | 39 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 28. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de IMPERMEABILIDAD.....            | 39 |
| Tabla 29. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de FLEXIÓN .....                   | 40 |
| Tabla 30. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + POLIPROPILENO en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de RESISTENCIA .....     | 40 |
| Tabla 31. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + POLIPROPILENO en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de IMPERMEABILIDAD ..... | 40 |
| Tabla 32. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + POLIPROPILENO en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de FLEXIÓN.....          | 40 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Estructura del pavimento flexible.....  | 13 |
| Figura 2. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas con PET reciclado .....                   | 30 |
| Figura 3. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas con PET reciclado .....                         | 31 |
| Figura 4. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas con PET reciclado. ....          | 32 |
| Figura 5. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas con polipropileno reciclado.....          | 33 |
| Figura 6. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas con polipropileno reciclado .....               | 34 |
| Figura 7. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas con polipropileno reciclado..... | 35 |
| Figura 8. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas con PET y polipropileno reciclado.....    | 36 |
| Figura 9. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas con PET y polipropileno reciclado.....          | 37 |
| Figura 10. Porcentaje de la muestra patrón y muestras modificadas con PET y polipropileno reciclado.....    | 38 |

## Resumen

El presente trabajo “Efecto del PET y polipropileno reciclado en la resistencia, impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles, se realizó en un laboratorio, la misma que tuvo como objetivo principal determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado en la resistencia a la deformación, impermeabilidad y flexión, de los pavimentos flexibles, y considera los siguientes objetivos específicos: determinar el diseño de la mezcla patrón del pavimento flexible, determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%), con respecto a la resistencia a la deformación, determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%), con respecto a la impermeabilidad y determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%), en la flexión de los pavimentos flexibles.

Los resultados al adicionar PET reciclado y polipropileno con una dosificación al 1% se obtuvo los siguientes resultados: 1149 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 3.39 mm de flujo (flexión) y 4.48% de vacíos (impermeabilidad), cumpliendo con los parámetros establecidos, con respecto al polipropileno al 1% se obtuvo los siguientes resultados: 1081 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 3.51 mm de flujo (flexión) y 4.65% de vacíos (impermeabilidad), ambos polímeros cumplen con los parámetros establecidos.

**Palabras clave:** PET, polipropileno, resistencia a la deformación, impermeabilidad, flexión y pavimentos flexibles.

## Abstract

The present work "Effect of PET and recycled polypropylene on the resistance, impermeability and flexing of flexible pavements, was carried out in a laboratory, the same one whose main objective was to determine the effect of PET and recycled polypropylene on the resistance to deformation, impermeability and flexing, of flexible pavements, and considers the following specific objectives: determine the design of the standard mix of flexible pavement, determine the effect of PET and recycled polypropylene (1%, 3%, 5%), with respect to resistance to deformation, determine the effect of PET and recycled polypropylene (1%, 3%, 5%), with respect to impermeability and determine the effect of PET and recycled polypropylene (1%, 3%, 5%), on the bending of flexible pavements.

The results by adding recycled PET and polypropylene with a 1% dosage, the following results were obtained: 1149 kg of stability (resistance to deformation), 3.39 mm of flow (flex) and 4.48% of voids (impermeability), complying with the established parameters, with respect to polypropylene at 1%, the following results were obtained: 1081 kg of stability (resistance to deformation), 3.51 mm of flow (flexure) and 4.65% of voids (impermeability), both polymers comply with the established parameters .

**Keywords:** PET, polipropileno, resistance to deformation, impermeability, flexion and flexible pavements

## I. INTRODUCCIÓN

La escasa pavimentación de las calles de nuestra ciudad junto a un mal estado de estas y una gran acumulación de desechos plásticos, nos lleva a buscar el desarrollo de nuevas tecnologías y buscar reducir los impactos ambientales de nuestra localidad; de todo el plástico producido desde la década de 1950, menos del 10% se ha reciclado. La mayor parte siendo vertida en vertederos. Algunos se dejan esparcir por el medio ambiente natural, donde pueden desembocarse en ríos y desembocar en el mar. El problema de los desechos plásticos empeora antes de que mejore: es probable que este año se fabriquen unos 380 millones de toneladas. Esto es más de tres veces más que los 120 millones de toneladas de betún que se producen anualmente, la mayoría de las cuales se destina a la construcción de carreteras en el mundo. Hay una conexión. Al igual que el plástico deriva de los productos petroquímicos, el betún se produce como un subproducto del refinado del petróleo. Ambos son polímeros que consisten en largas cadenas de moléculas unidas firmemente. Esta característica hace que el plástico sea fuerte y contribuye a su gran longevidad, estas características también son útiles para la construcción de carreteras que usan betún caliente para unir agregados hechos de rocas y piedras rotas, en lo que comúnmente se conoce como asfalto. Todo lo cual ha hecho que algunas personas se piensen ¿Por qué no intercambiar un polímero por otro?

Desde los finales del siglo XX se vienen ejecutando diversas obras con pavimentos flexibles, se empleó por primera vez en las principales calles de las importantes ciudades de Europa, posteriormente fue empleado en los Estados Unidos, para luego ser desarrollada esta tecnología en la construcción de pavimentos. En América Latina países como Colombia, Argentina, Chile y México, aplican estas experiencias en diversas obras ligadas al desarrollo de infraestructura vial durante el siglo XX, llegando a obtener excelentes resultados hasta la actualidad.

El presente estudio está orientado a la innovación en la construcción de pavimentos flexibles utilizando plásticos reciclables, fijando en la parte superficial una capa asfáltica, la misma que es altamente resistente al desgaste o a la

abrasión, la cual permite un eficiente mantenimiento preventivo en los pavimentos. Nos suministra una capa impermeable de color negro, que impide el paso del agua, además de brindar una estructura antideslizante lo que permite una mayor seguridad en favor del conductor y evita que las gravas sueltas causen accidentes.

El desarrollo en la infraestructura ha ido mejorando en el tiempo; permitiendo la construcción de nuevos pavimentos, de tal forma que el avance de los años ha permitido mejorar las necesidades de las integraciones, movilización y comunicación. La construcción de carreteras ha contribuido a lo largo de la historia con el crecimiento de diferentes culturas. En la actualidad nos encontramos frente a un mundo globalizado con diferencias muy notables, son los países desarrollados quienes están a la vanguardia en cuanto a tecnologías, procesos constructivos, programas de seguridad vial, etc.

La investigación que se presenta: Efecto del PET y la polipropileno reciclado en la resistencia, impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles, tiene diversos contenidos que son importantes conocer y estudiar para tener un conocimiento más amplio de innovar una nueva propuesta de diseño para la construcción de pavimentos flexibles, lo que conlleva a formular la siguiente interrogante ¿Qué efecto tiene el PET y polipropileno reciclado en la resistencia, impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles?

La presente investigación tiene como justificación teórica, según la compañía holandesa VolkerWessels, establece que existe una gran ventaja en empleo del plástico reciclado en reemplazo del asfalto en el pavimento, por lo que su empleo es de gran valor significativo en mitigar el impacto ambiental, se necesita un menor mantenimiento, otorga una mayor seguridad y puede resistir extremas temperaturas del ambiente. Esta propuesta es la más rápida de extender tanto en el suelo y las carreteras, ya que se puede disponer de un mayor espacio tanto para la iluminación y el cableado. De igual forma como justificación social, el uso de plástico reciclado en el desarrollo de nuestros pavimentos flexibles bajo las condiciones que presenta la ciudad por lo que el uso del PET y polipropileno reciclado en el desarrollo de nuestros pavimentos flexibles bajo las condiciones que presenta nuestra ciudad y haciendo uso de los recursos de nuestra región,

tales como el agregado, residuos plásticos, es para demostrar que esta técnica es apta para ser usado en el desarrollo de vías dentro y fuera del casco urbano de nuestra ciudad. Por otro lado, se considera como justificación técnica, que esta investigación va a determinar diferentes aspectos positivos que presenta el uso de plástico reciclado, debido a la excesiva acumulación de estos, así como también sus procesos de: Segregación, corte y mezcla. De esta manera se ha ocasionado un problema muy grave al medio ambiente, debido a la acumulación o acopio de residuos de plástico lo que representa una ventaja, ya que este insumo permitirá la ejecución de proyectos de carreteras a un menor costo económico, además de los beneficios medioambientales, al reciclar este material. Asimismo como justificación metodológica la presente investigación pone en conocimiento sobre el pavimento flexible a base de PET y polipropileno reciclado, se busca implementar la utilización de esta, para impermeabilizar la superficie de la carretera, generar un mayor tiempo de vida, reducir costos generales, restaurar la superficie desgastada, garantizando una mejor resistencia al deslizamiento y eliminando los problemas de alisado debido a exudaciones y así lograr un gran desarrollo sostenible para la sociedad.

El estudio tiene como objetivo general determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado en la resistencia, impermeabilidad y flexión, de los pavimentos flexibles, y considera los siguientes objetivos específicos: determinar el diseño de la mezcla patrón del pavimento flexible, determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%), con respecto a la resistencia a la deformación, determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%), con respecto a la impermeabilidad y determinar el efecto del PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%), en la flexión de los pavimentos flexibles.

La presente investigación considera que la hipótesis general el PET y polipropileno reciclado influye favorablemente en la resistencia, impermeabilidad, flexión de los pavimentos flexibles y las hipótesis específicas son el PET y polipropileno reciclado influye favorablemente en la resistencia, de los pavimentos flexibles, el PET y polipropileno reciclado influye favorablemente en la impermeabilidad, de los pavimentos flexibles y el PET y polipropileno reciclado influye favorablemente en la flexión, de los pavimentos flexibles.

## II. MARCO TEÓRICO

Muhammad (2021), en la publicación de artículo científico denominado reciclaje y utilización de polímeros para proyectos de construcción de carreteras: una aplicación del concepto de economía circular; señala que actualmente existen numerosos problemas ambientales que surgen como resultado de una estrategia de economía lineal: las reservas escasean y terminan en vertederos y como gases de efecto invernadero. La utilización de residuos como recurso o el cambio hacia una economía circular se encuentran entre las estrategias efectivas para abordar estos problemas. Para hacer un seguimiento de este cambio, se requieren medidas apropiadas que se concentren en el desarrollo sostenible y tengan en cuenta los contextos prácticos. En este documento, utilizamos desechos plásticos como reemplazo del betún para su reutilización con el objetivo de una economía circular. Se estudió el uso de materiales de desecho plásticos, es decir, botellas de plástico (PET) y tuberías de gas (PE) en materiales asfálticos como modificadores de betún, mediante una serie de métodos de prueba de laboratorio experimentales. Las muestras de Marshall se prepararon utilizando un método Marshall convencional que contenía cinco porcentajes diferentes (0%, 5%, 10%, 15%, y 20%) de contenido de plástico por peso total de betún. El resultado muestra que la estabilidad del concreto asfáltico modificado con plástico aumentó después de 30 días, sin dejar de cumplir los criterios estándar con contenidos de plástico de hasta un 20%. Además, la adición de residuos plásticos en la construcción de carreteras es una estrategia muy eficaz para reutilizar los residuos plásticos, que también proporciona beneficios económicos y sociales para un enfoque sostenible de las aceras de carreteras.

Maharaj & Maharaj & Hosein (2018), en su artículo sobre la reutilización de desechos de caucho (OR) (neumáticos usados) y tereftalato de polietileno (PET) (botellas de plástico para bebidas), es de particular interés en Trinidad y Tobago, ya que las técnicas actuales de eliminación presentan desafíos ambientales y sanitarios. Los resultados de este estudio que investigan la influencia del PET y el OR en las características de rendimiento del diseño del pavimento HMA2 utilizando asfalto del lago Trinidad (TLA) y betún de petróleo de Trinidad (TPB)

llenaron un vacío de información, ya que no existen estudios previos que utilicen estos materiales asfálticos autóctonos. La información existente que utiliza materiales asfálticos distintos del TLA y el TPB es irrelevante, ya que las variaciones en las características de rendimiento debidas a la adición de aditivos poliméricos pueden variar de asfalto a asfalto debido a las diferencias en la fuente y la composición química del aglutinante original. Los resultados obtenidos señalan que una adición de OR y PET del 6% logró la mayor ventaja de rendimiento demostrada por un aumento del cociente Marshall de entre 21 y 22% y una disminución insignificante de la gravedad específica a granel (0,2%) en comparación con la mezcla no modificada. Se observa mejoras en las propiedades mecánicas y el rendimiento de los materiales modificados del pavimento evidencia los efectos útiles de estos materiales de desecho en el diseño de pavimentos y ofrece una estrategia beneficiosa para la reutilización de estos materiales de desecho.

Vasudevan et. al. (2018), en su investigación Utilización de polímeros de desecho para pavimento flexible y fácil eliminación de polímeros de desecho, indico Los estudios sobre la mejora de la resistencia de las carreteras utilizando betún modificado con polímeros (PMB) para pavimentos flexibles están siendo realizados por diferentes escuelas. Para estos estudios se están utilizando polímeros vírgenes y reciclados. Pero cuando se utilizó un mayor porcentaje de residuos plásticos, el polímero se separó de la mezcla. Por lo tanto, el autor desarrolló una nueva técnica innovadora y el agregado de piedra calentado se recubrió primero con plásticos generados a partir de desechos como bolsas de transporte, películas, espumas, y multicapas y el agregado revestido de residuos plásticos (PCA) se utilizó como materia prima para pavimentos flexibles. A continuación, el PCA se mezcla con betún 60/70 o 80/100 y la mezcla se utiliza para la construcción de carreteras. La mezcla de PCA + Betún mostró una mejor propiedad aglutinante. Tenía menos propiedades humectantes. Sus vacíos eran mucho menores. La muestra mostró un valor de estabilidad Marshall más alto. Mediante este proceso, una carretera de 1 km de longitud y 3,75 m de ancho de un solo carril puede consumir 10,00,000 bolsas de transporte y la resistencia de la carretera aumenta en un 100% y no hay formación de baches. Los caminos trazados con mezclas de PCA + Betún están

funcionando bien. Se llevaron a cabo estudios de rendimiento para carreteras de plástico de diferentes edades y se informaron en este artículo.

BRASILEIRO, et al. (2019), en su investigación de polímeros recuperados como modificadores de aglutinantes de asfalto para carreteras más sostenibles, menciona El uso de aglutinantes modificados con polímeros en mezclas asfálticas se ha generalizado debido a su susceptibilidad térmica reducida y a mejorar la resistencia a la berrea y la fatiga. Sin embargo, su alto coste limita su aplicación, haciendo así que el empleo de polímeros reciclados (RP) sea una propuesta importante tanto para disminuir el precio como garantizar la vida útil de los pavimentos. Este documento; por lo tanto, presenta una evaluación comparativa de los plásticos reciclados estudiados como modificadores de betún: acetato de vinilo etílico (EVA), polipropileno (PP), polietileno (PE), caucho de llanta molido (GTR), y cloruro de polivinilo (PVC), y con el fin de facilitar su selección y extender el uso del betún. Se analiza el efecto del agregado y el polímero sobre el comportamiento mecánico de los aglutinantes asfálticos y su estabilidad con y sin el uso de aditivos. Según la revisión bibliográfica, el rendimiento del nuevo aglutinante está más influenciado por el tipo de polímero que se incorporó y las condiciones de mezcla que por el betún base que se eligió, aunque se necesita una evaluación reológica para comprender completamente los mecanismos de modificación del aglutinante modificado. En general, los plastómeros poseen un efecto más fuerte con relación al aumento de la rigidez del betún, comparándolo con el caucho de miga (elastómeros), proporcionando así una mejor resistencia a la berrea. El empleo de forma conjunta del polietileno (plastómero) y el caucho de miga (elastómero) se convierte en una opción interesante por su potencial de reciclaje y rendimiento mecánico; Los aditivos, como el anhídrido maleico (MA), se emplean comúnmente para mejorar la estabilidad del aglutinante y mejorar sus características, pero su uso podría limitar los beneficios económicos del uso de materiales reciclados.

Khurshid, M.B., Qureshi, N.A., Hussain, A. et al. (2019) en su investigación mejora de las propiedades de asfalto de mezcla caliente (HMA) utilizando polímeros de desecho, presenta una investigación en la que compara las

propiedades y el rendimiento del asfalto de mezcla caliente (HMA) modificado por varios materiales de desecho a base de polímeros que incluyen polietileno de baja densidad (LDPE) en forma de bolsas de polietileno (bolsas de compras), polietileno de alta densidad (HDPE) en forma de botellas de bebidas de plástico residuales y caucho de miga (CR) de neumáticos de desecho. Se agregó polímero para recubrir el agregado (método seco) y como modificador en betún (proceso húmedo). Se utilizó el procedimiento Marshall para el análisis de las mezclas asfálticas de control y modificadas. El método seco produjo mejores propiedades de mezcla asfáltica. Con respecto al contenido óptimo de polímero se determinó como porcentaje del contenido óptimo de betún. El betún modificado con polímeros exhibió una rigidez mejorada y una susceptibilidad reducida a los efectos de alta temperatura. Se encuentra que la mezcla de asfalto modificada con polímeros tiene una mayor estabilidad, resistencia a la berrea y capacidad de carga en comparación con la mezcla de asfalto no modificada. En comparación general, se encontró que la mezcla modificada con HDPE era la más efectiva. Se encontró que la construcción de carreteras con HMA modificada por CR era la más rentable con un ahorro de Rs. 0.166 millones por kilómetro de carril, en comparación con la HMA convencional, modificada con LDPE y HDPE.

Ramirez, et. al. (2014) en su investigación Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto, señala que el objetivo del proyecto es identificar un porcentaje óptimo para su uso, para adicionarlo como un agente modificador en las mezclas asfálticas. Se realizaron pruebas con respecto a las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, para después proceder a evaluar la penetración, el punto de ablandamiento, la viscosidad y la durabilidad del asfalto. Posteriormente, se procedió a encontrar una mezcla de diseño por medio del método Marshall, considerando un nivel de tránsito NT2, donde se pudo concluir que el porcentaje de asfalto a emplear en una mezcla era 5%. Posteriormente se consideraron tres dosificaciones de PET al 3%, 5% y 7% de la masa total del asfalto, modificando el bitumen, sin embargo, durante la mezcla el material se aglutino al fondo del recipiente, por lo que no se logró una mezcla homogénea. Debido a ello, se empleó el PET como parcial de arena. De acuerdo a investigaciones anteriores se consideraron tres porcentajes de

PET a emplear; 5%, 8% y 11%, donde se pudo determinar el flujo de la mezcla modificada y la estabilidad. Por consiguiente, se puede establecer que el PET como parcial de arena, modifica el comportamiento de la mezcla convencional de forma significativa, lo que conlleva a mejorar la estabilidad en un 79% con una dosificación de 5 % de PET. Finalmente, se obtuvo un incremento en la deformación de la mezcla, con 8% de PET, de 140% con relación a la mezcla sin modificar.

Chero (2017), en el estudio titulado “Análisis de la incorporación del PET y el PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico”, fueron sometidas a ensayos las muestras de residuos plásticos de PEAD y PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5 % con respecto al agregado fino, los polímeros previamente fueron cortados de forma manual en pequeñas partículas semejantes al agregado fino, de igual forma, se tomaron en consideración las normas técnicas que establece el MTC. De igual forma se empleó el método No Experimental con el fin de obtener resultados, la investigación realizada fue Correlacional - Comparativa. En relación a la población y la muestra se emplearon un total de 84 probetas, aplicando los procedimientos de laboratorio, pruebas de control de calidad, a fin de evaluar el flujo, lo que permitirá identificar la flexibilidad y la estabilidad del pavimento, para obtener la resistencia a la deformación. Concluyendo que la adición de los residuos de plásticos PET en una dosificación de 3.0% se obtiene un incremento en la resistencia a la deformación y con respecto a la flexibilidad tiende a una mínima disminución, la que se encuentra entre los rangos para ser considerado un pavimento flexible. A diferencia del plástico reciclado PEAD en dosificaciones que fueron reemplazados en un 1.3% y 5% lo que convierte al pavimento flexible en rígido, esto se encuentra fuera de los rangos y normas establecidos que cumple un pavimento flexible.

En la investigación de Ponce & Villa (2020) Análisis comparativo de características y propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente adicionada con fibras de polipropileno respecto a una mezcla asfáltica en caliente convencional, empleando los agregados de la cantera: La Poderosa de la provincia de Arequipa, Arequipa - Perú; se realizó una evaluación comparativa

de las propiedades mecánicas y características, en una mezcla asfáltica en caliente, tanto en una convencional y una incorporando polipropileno, utilizando el método Marshall, para la elaboración de una mezcla de tipo MAC - 01 se emplearon agregados procedentes de la cantera La Poderosa, ubicada en la ciudad de Arequipa y se empleó cemento asfáltico PEN 85/100, para la mezcla modificada se utilizó fibra de polipropileno Fiber Force PP - 48 de la marca SIKA. Previamente a los ensayos se determinó el óptimo contenido de cemento asfáltico para la mezcla convencional, obteniendo un 4.5%. Posteriormente se determinó en base a distintos tamaños de fibra del polímero y diferentes porcentajes de prueba comprendidos en dosificaciones, tales como: 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% en peso de áridos, el contenido óptimo de fibras que mejora las características típicas de una mezcla en caliente convencional, se obtuvo el 1.3% de fibra de polipropileno dividida en tres. Finalmente, en base a los resultados se determinó que las mezclas asfálticas en caliente con dosificaciones de 4.5% de cemento asfáltico e incrementadas al 1.3% en peso de áridos de fibras de polipropileno se obtienen mejoras significativas en resistencia al desgaste, la estabilidad, desempeño por humedad, obteniendo un mejor tiempo de vida útil del pavimento.

En la investigación realizada por Saavedra e Ypanaque (2018), en la que establece como principal objetivo establecer el efecto del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico. Se empleó el asfalto PEN 60/70 y agregados de la cantera "San Pedrito", los mismos que han sido sometidos a ensayos según las especificaciones técnicas establecidos en las normas EG-2013 y EM-2016. Se ha podido determinar que la mezcla asfáltica modificada con polipropileno muestra una mínima disminución con respecto al flujo de la mezcla convencional, esto conlleva a concluir que se proporcionan propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez, logrando obtener resultados significativos respecto a la resistencia ante las deformaciones permanentes. Así mismo se pudo determinar que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional fue 789.00 kg mientras que la mezcla modificada con polímeros polipropileno fue 1292.71 kg con una diferencia de 61.03%. Se puede concluir, que la mezcla asfáltica modificada tiene la propiedad de resistir deformaciones y desplazamientos bajo tráficos pesados.

En la tesis realizada por Rodríguez (2018) denominada análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero, se procedió a experimentar un nuevo diseño de mezcla modificado con polímero en caliente y un concreto asfáltico tradicional, ambas muestras con un tamaño máximo de 20mm (3/4") de los áridos para tránsito pesado. En la investigación se desarrollan técnicas de identificación de cada una de las muestras, granulometrías, dosificación de los áridos en peso, constantes físicas e hídricas, método Marshall, características de la mezcla y se procede a confeccionar la mezcla de diseño a emplear. De igual forma se considera al asfalto, los asfaltos modificados con polímeros, los polímeros y las capas asfálticas estructurales.

Movilla-Quesada & Raposeiras & Olavarría (2019) en su publicación científica denominada efectos del tereftalato de polietileno reciclado (PET) sobre la rigidez de las mezclas de asfalto caliente, se centraron en el análisis de las propiedades de una mezcla convencional, adicionando gruesas partículas de PET obtenidas de botellas de plástico recicladas, y empleando la prueba del módulo de resiliencia (rigidez) a 5° C y 22° C, prueba Marshall y estabilidad. Para la presente investigación se utilizó plástico de botellas recicladas, con un tamaño que varía entre 0,63mm y 10mm; además, adicionaron este a la mezcla mediante el proceso seco en porcentajes entre 6% y 22% por peso del aglutinante, adicionando el 4% entre muestras. Se mantuvo constante el porcentaje de aglutinante de asfalto que se empleó en todas las mezclas, correspondiente a la óptima cantidad del aglutinante utilizado en la mezcla convencional (que contiene 0% de PET). Se ha determinado que al incrementar la cantidad combinada de gránulos de PET las partículas son dominantes e interfieren con el correcto funcionamiento de la mezcla, por lo que es necesario encontrar el contenido óptimo de aditivos para incrementar las propiedades mecánicas de la mezcla compuesta.

Badejo, et al. (2017), en la publicación científica Residuos plásticos como modificadores de resistencia en asfalto para un medio ambiente sostenible, se tomó la forma de una investigación sobre la aplicabilidad del tereftalato de polietileno (PET) como modificadores de resistencia en la construcción de carreteras de asfalto. Se recogieron muestras de residuos de PET bien lavados,

secados naturalmente y triturados. Se pudo determinar el contenido óptimo de aglutinante (OBC) de la mezcla de asfalto sin modificar. El betún utilizado para la mezcla de control se reemplazó con residuos de PET en proporciones de 1, 3 y 5%. Se preparó otra muestra con la adición de 1, 3 y 5% de residuos de PET mientras se fijaba el OBC. Las muestras se sometieron a las pruebas Marshall Stability (MS) y Marshall Flow (MF). Se determinó la densidad aparente (BD), los huecos en la mezcla total (VTM) y los huecos llenos de betún (VFB). Los resultados se compararon con los estándares, se encontró que el contenido de PET obtenido que cumple con la especificación de las normas AASHTO, ASTM y el Ministerio Federal de Obras de Nigeria es un 1% adicional al OBC por peso de agregado. Este porcentaje de contenido de PET fue del 15% en peso de betún, siendo BD, VTM, VFB, MF y MS 2,38 kg / m<sup>3</sup>, 3,33%, 82,20%, 4,00 mm y 17,01 kN, respectivamente. Se descubrió que el asfalto modificado con PET al 1% es útil para la construcción de pavimentos y reduce la cantidad de desechos plásticos en nuestro medio ambiente.

Sreeram, et al. (2018) en la publicación científica sobre los residuos de tereftalato de polietileno (PET) y el pavimento de asfalto recuperado (RAP) representan dos categorías de materiales de desecho que actualmente están soportando importantes esfuerzos de reciclaje en todo el mundo. Este estudio propone un método para incorporar aditivos a base de PET en mezclas asfálticas que contienen RAP. Posteriormente, ligantes modificados con PET se utilizaron aditivos para preparar mezclas que contenían RAP en varios porcentajes y se probaron mediante pruebas convencionales, como las pruebas de estabilidad Marshall y las pruebas de módulo de rigidez a tracción indirecta (ITSM). Las mezclas con 2% de aditivos PET y RAP mostraron una estabilidad mejorada y valores de cociente Marshall, demostrando una mejor resistencia a la deformación permanente. También se observó que los aditivos de PET tienen el efecto sustancial de reducir el efecto de envejecimiento de las mezclas que contienen RAP, mejorando así la longevidad y la vida útil de las mezclas de pavimento. En general, los resultados indicaron que el uso de tal PET los aditivos derivados pueden tener un efecto positivo significativo en la mejora del rendimiento de las mezclas asfálticas que contienen RAP.

En la investigación utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío, realizado por Ballena (2016), se consideró como objetivo principal evaluar el efecto que causa la adición de fibra de polietileno sobre el asfalto en frío con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del asfalto y respetar los parámetros de flujo y estabilidad para pavimentos flexibles de acuerdo a lo establecido en el MTC (porcentaje de vacíos, flujo, estabilidad, etc.). En este estudio se empleó la fibra de polietileno triturado (PET) como un componente inorgánico incorporado al diseño de mezcla asfáltica en frío, con la finalidad de compararla con una mezcla asfáltica convencional, el nuevo diseño de mezcla asfáltica en frío, se sitúa dentro de los parámetros permisibles de flujo y estabilidad. Con respecto a las muestras se consideró una población de 126, se incorporó PET de 3 diferentes tipos de tamaño máximo en diferentes dosificaciones 1%, 2%, 3%, 5%, 7%, 10% proporcionalmente con el polietileno triturado (PET), para posteriormente ser compactada para 3 tipos de tránsitos (pesado, medio y liviano). En la presente investigación se concluyó que el porcentaje óptimo en el diseño de mezcla es de 5% de PET para pavimento flexible de tránsito pesado.

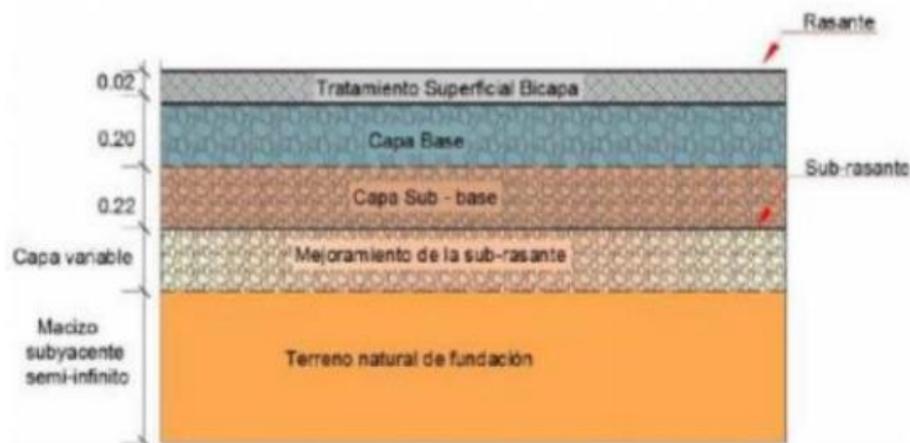
En la investigación realizada por Silvestre (2017), titulada "comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima", las conclusiones señalan que el empleo del plástico reciclado en mezclas asfálticas se mejora significativamente en relación al tipo de desgaste de deformación permanente, pero el mismo estudio propone continuar investigando cambiándoles las densidades de plástico. En Perú se recomienda realizar más investigaciones para este tipo de diseño de asfalto mediante la realización de una prueba de fatiga del asfalto a las muestras ya analizadas para verificar el contenido de plástico (PET) en el asfalto, puesto que este tiende a ser propenso a agrietarse y puede dañarse debido a la fatiga dinámica y las cargas de tráfico pesado.

### **Bases teóricas sobre el tema de investigación**

Para el presente estudio se considera al pavimento, que es una estructura que se encuentra formada por varias capas cimentadas sobre la subrasante de una carretera, a fin de distribuir y resistir esfuerzos ocasionados por los vehículos y

optimizar las condiciones de comodidad y seguridad para el flujo vehicular. Generalmente el pavimento se conforma por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018); el pavimento flexible se encuentra conformado por capas granulares (subbase y base), y una capa de rodadura formada por materiales bituminosos como agregados, aglomerantes y aditivos. Tiene una capa asfáltica ubicada en la superficie de rodamiento, de esta manera minimiza el deterioro de las capas inferiores evitando el daño de la estructura. Tiene una vida útil que oscila entre 10 y 15 años resultando más económico en el inicio de su construcción, sin embargo, requieren mantenimiento periódico y rutinario para cumplir con su vida útil lo que conlleva a ser una desventaja. (Humpiri, 2015), las funciones principales del pavimento flexible son las de brindar una superficie de rodamiento que facilite un adecuado tránsito en forma rápida y oportuna, además de proporcionar una superficie uniforme, de color y textura apropiada resistente al intemperismo y otros agentes perjudiciales.

Figura 1. Estructura del pavimento flexible



Fuente: (Revista Ciencia e Ingeniería, s.f.)

Las propiedades del pavimento flexible son capas que componen el pavimento flexible, tienen como propósito trabajar en conjunto, para: ser flexible, adaptándose a todas las cargas a las que estará sometida, y de esta forma, controlar los daños de la Base o Sub – base en caso de asentamientos, ser resistente y distribuir apropiadamente las cargas producidas por acción del

tránsito, de tal forma que no provoque deformaciones ni fallas excesivas de su diseño, siendo importante el espesor de cada estructura, poseer la capacidad de impermeabilidad para impedir la penetración del agua, afectando directamente la capacidad de soporte del suelo de fundación o subrasante, soportar la acción destructiva de los vehículos, contando con alta resistencia al deterioro y desprendimiento de partículas, resistir a los agentes atmosféricos, que interviene directamente en los materiales que componen el pavimento flexible, afectando la vida útil del mismo, poseer una superficie de rodadura adecuada, de tal manera que permita fluidez y comodidad en los usuarios y vehículos del tránsito, además de tener características de aspecto cómodo, estético, seguro y confortable, para ello el deslizamiento de los vehículos será óptimo y estable. La rugosidad de esta superficie debe garantizar una fricción segura con las llantas de los vehículos y el color adecuado para evitar deslumbramientos y reflejos. (Fernández, 2015).

El asfalto es un componente del pavimento flexible que tiene como característica dar flexibilidad a la mezcla, posee un color marrón oscuro que al combinarlos con otros componentes tiende a ser de color negro. (Franco, 2013).

La resistencia, permeabilidad y flexión, de los pavimentos puede mejorar entre baja, media y alta, dependiendo del diseño de mezcla dando valores de severidad al pavimento.

El plástico es una palabra utilizada para dirigirse a una variedad de materiales sintéticos o semi – sintéticos, que no tienen un punto fijo de evaporación y poseen determinadas propiedades como la flexibilidad y elasticidad lo cual permiten adaptarlas y moldearlas a diferentes formas. (Recytrans, 2021). El plástico tiene la propiedad de ser maleable, además cuentan con una baja densidad, es impermeable, se emplean como aislante eléctrico, térmico, acústico, resistentes a la corrosión, sin embargo, la mayor parte son sencillos de reciclar, biodegradables y al contacto con el fuego generan combustión, contaminan y perjudican el medio ambiente. (Galindo, 2018).

Algunas características del plástico son: Resistencia, temperatura, bajo costo, grado de toxicidad y reciclaje, contaminación, incoloro y sólido, aislante eléctrico y térmico. Los tipos de plásticos son los siguientes: PVC (Policloruro

de vinilo), PP (Polipropileno), PET o PETE (Tereftalato de polietileno), LDPE (Polietileno de baja densidad), PS (Poli – estireno), HDPE (Polietileno de alta densidad)

La finalidad principal del PET y el polipropileno reciclado es el aprovechamiento reutilizando la materia prima para obtener nuevos productos.

El tereftalato de polietileno (PET) es un polímero de condensación termoplástico, este material es muy empleado para producir una gran diversidad de envases de bebida, como los refrescos fibras y textiles (Navarro, 2017).

El polipropileno es un polímero que minimiza el agrietamiento en la etapa de contracción en estado plástico. Esta mezcla se encuentra distribuida uniformemente formando una red tridimensional. (Sika, 2016).

Los agregados son partículas de origen artificial o natural, que pueden ser elaborados o tratados, sus dimensiones se fijan y comprenden entre los límites de la NTP. Se les denomina también áridos. (SENCICO, 2019).

La granulometría es conocida como la distribución por tamaño de las partículas; las mismas que se obtienen mediante el ensayo normalizado, haciendo uso de mallas estandarizadas a fin de pasar los agregados a través de dichas mallas, evaluando la retención en cada una de ellas expresando los porcentajes obtenidos con respecto al peso total de la muestra.

Los aditivos son componentes cuyo principal objetivo es mejorar las propiedades del pavimento flexible. (Montalvo Guevara M, 2018).

Los daños superficiales son fallas que se suscitan en la capa superficial de rodadura asfáltica, por lo que no forman parte de la estructura de la calzada, los trabajos de mantenimiento guardan relación con el restablecimiento de la corrección de la fricción (seguridad), comodidad o rugosidad, esto se logra mediante la colocación de capas asfálticas de bajo espesor que no contribuyen estructuralmente. (Manual de Inventarios Viales, 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

Esta investigación es aplicada porque se investiga sobre la definición, uso y aplicación de la innovación en la construcción referidos a los pavimentos flexibles utilizando: plásticos reciclables según lo estándares nacionales e internacionales.

La tesis es de tipo aplicada porque describirá el objeto de estudio es decir datos y características de la innovación a investigar.

##### Diseño de investigación

El presente estudio experimental manipulará intencionalmente una acción para analizar los posibles resultados. El diseño de la presente investigación es experimental puro por lo que se realizarán ensayos en laboratorio a través de la prueba Marshall empleando cemento asfáltico PEN 60/70 y adicionando al agregado el PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%), luego se hizo una evaluación con la mezcla convencional y las mezclas modificadas que emplea el plástico reciclado. (Sampieri, 2006)

O<sub>1</sub> ----- Z<sub>1</sub> ----- R<sub>1</sub>  
O<sub>1</sub> ----- Z<sub>2</sub> ----- R<sub>1</sub>

Esquema de diseño de investigación.

Fuente: Elaboración propia

O<sub>1</sub> = Mezcla patrón sin aditivo

Z<sub>1</sub> = Dosificación de mezcla patrón + PET reciclado (1%, 3%, 5%)

Z<sub>2</sub> = Dosificación de mezcla patrón + polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%)

R<sub>1</sub> = Resultado de las probetas de diseño experimental

### 3.2 Variables y operacionalización

**Variable independiente (X):** PET y polipropileno reciclado (1%, 3%, 5%)

**Variable dependiente (Y):** resistencia, impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles.

**Operacionalización de variables** (Ver anexo N.º 01)

### 3.3 Población y muestra

#### Población

La población se compone de la muestra de asfalto patrón conformado por la unión de grava 3/4", arena chancada 3/8" y arena procesada 3/8" a la cual se incorporará los polímeros.

#### Muestra

Se considera una muestra de 39 briquetas cilíndricas de asfalto modificado con polímeros con dosificaciones de 1%, 3% y 5% que serán sometidas a ensayos de resistencia a la deformación, flexión e impermeabilidad.

La distribución se realizará de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 1. Distribución de muestras

| <b>DISEÑO MAC-2</b>                 | <b>4.5%</b> | <b>5%</b> | <b>5.5%</b> | <b>6%</b> | <b>6.5%</b> |           |
|-------------------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| <b>Probetas</b>                     | 3           | 3         | 3           | 3         | 3           | 15        |
| <b>Total</b>                        | 3           | 3         | 3           | 3         | 3           | 15        |
| <b>DISEÑO MAC-2 + PET</b>           |             | 0%        | 1%          | 3%        | 5%          |           |
| <b>Probetas</b>                     |             | 3         | 3           | 3         | 3           | 12        |
| <b>Total</b>                        |             | 3         | 3           | 3         | 3           | 12        |
| <b>DISEÑO MAC-2 + Polipropileno</b> |             | 0%        | 1%          | 3%        | 5%          |           |
| <b>Probetas</b>                     |             | 3         | 3           | 3         | 3           | 12        |
| <b>Total</b>                        |             | 3         | 3           | 3         | 3           | 12        |
| <b>Total, probetas</b>              |             |           |             |           |             | <b>39</b> |

Fuente: Elaboración propia

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica**

La presente tesis propone emplear la técnica de observación de datos, información que se obtendrá dentro del plazo de investigación (Arias, 2006).

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Se utilizará la guía o ficha de observación de indicadores, las mismas que contienen de forma detallada la información obtenida en el objeto de estudio, antes y después de la evaluación de la mezcla asfáltica tradicional y con polímeros (Hernández, 2006)

### **3.5 Procedimiento**

#### **Caracterización de los componentes del concreto asfáltico**

La caracterización de los materiales se realizará siguiendo los ensayos establecidos en el Manual de Carreteras 2018; para ello se elegirá al cemento asfáltico para esta investigación, utilizando la clasificación por penetración, en esta investigación se ha utilizado el cemento asfáltico PEN 60/70, luego se realizará los diferentes ensayos requeridos obteniendo resultados que cumplan con la norma.

Seguidamente se escogerán los agregados que deben cumplir con las características necesarias como ser limpios, durables, tener la granulometría de acuerdo a la especificación, ser resistentes al desgaste etc., por lo cual se realizarán diferentes ensayos cuyos resultados deberán cumplir con la exigencia requerida, los agregados utilizados son provenientes de la cantera escogida.

#### **Ensayo de estabilidad Marshall**

Se prepararan probetas de cuatro pulgadas (4") de diámetro y dos pulgadas y media de altura (2.5") con diferentes porcentajes de asfalto y se realizaran tres repeticiones como exige la norma, para

la determinación de los porcentajes del material bituminoso utilizados se realizó el cálculo del cemento asfáltico teórico según el método establecido, de tal manera que los porcentajes utilizados serán de tres por ciento (1%), cinco por ciento (3%) y siete por ciento (5%); seguidamente se procede al calentamiento de asfalto y agregado, hasta obtener una mezcla uniforme en la que el asfalto a recubierto a los agregados esto se realizará a una temperatura de 140°C, luego se vierte el contenido en el molde Marshall el cual fue calentado previamente y se procede a compactar la mezcla se realizarán 75 golpes de compactación por ambos lados simulando un tráfico pesado, luego se dejan enfriar las probetas y se procede a extraerlas de los moldes, todas las probetas deben estar codificadas, a cada probeta se le determinará su peso al aire, peso en agua y el peso con superficie saturada, para los cálculos posteriores de densidades, porcentajes de vacío, etc., antes de las 24 horas se realizará el ensayo Marshall, la probeta, las mordazas serán colocadas a una temperatura de 60°C en baño maría durante 40 minutos para que todas estén expuestas a la misma cantidad de tiempo, luego se sacan una a una y se colocan en las mordazas y en el menor tiempo posible se someten al ensayo aplicando la carga y se determinará el momento de la rotura en el cual la carga tendrá un valor determinado que es la estabilidad Marshall y las mordazas se aproximado una determinada longitud que se denomina deformación Marshall, con la información que se obtenga se elaborarán los gráficos Marshall de estabilidad, deformación y porcentaje de vacíos en función del porcentaje de asfalto.

**Equipo a emplear:**

- Máquina Marshall.
- Balanza de precisión
- Extractor de probetas
- Termómetro digital
- Guantes de cuero y espátula

- Soplador y gas
- Recipientes metálicos
- Bandeja para calentamiento
- Martillo de compactación
- Equipo para baño Maria.
- Pedestal de compactación.
- Cucharón
- Moldes de compactación
- Horno con temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Mezcla de agregados.
- Asfalto.

### **Normas a emplear**

Se empleó la siguiente normatividad:

- MTC E – 114 – Equivalente de arena
- ASTM D 1559, MTC E 504 – Elaboración de briquetas Marshall
- ASTM D 4867 – Prueba estándar para el efecto de la humedad en asfalto.
- ASTM D 2216, NTP 339 – Contenido de humedad.
- ASTM D 2172, MTC E502 – Lavado asfáltico.
- ASTM D 546, MTC E503 – Reporte granulométrico del lavado asfáltico.
- ASTM D 422, NTP 339 – Análisis granulométrico por tamizado.
- ASTM C – 136 – Análisis granulométrico del agregado grueso, fino y global.
- MTC E 205, 206 – Gravedad específica y absorción
- ASTM D 1559, MTC E 504 – Estabilidad y flujo Marshall

### **3.6 Método de análisis de datos**

Los resultados obtenidos serán analizados empleando el sistema SPSS (V.21), incidiendo en el análisis de las variables de estudio, teniendo en cuenta la normativa regida por el Manual de Carreteras 2013.

### **3.7 Aspectos Éticos**

La información obtenida formara parte del trabajo de laboratorio, los mismos que serán obtenidos en la investigación. La recopilación de datos se dará a través del método de la observación y el uso o empleo de la guía de análisis de contenidos, con la cual se requerirá el servicio de profesionales y/o técnicos conocedores de las diferentes áreas del tema en estudio.

#### IV. RESULTADOS

##### Resultado de caracterización de los componentes del pavimento:

Para determinar los resultados del diseño de mezcla asfáltica en caliente con cemento asfáltico PEN 60/70 primero se procedió a realizar la caracterización del agregado grueso y fino, posterior se realizó los ensayos de granulometría para determinar el agregado que se ha empleado en nuestra elaboración de briquetas de mezcla asfáltica, basándonos en las Especificaciones Técnicas de la norma Manual de Carreteras EG-2013, los materiales empleados en laboratorio tanto grueso como fino fueron extraídos de la cantera tres tomas-Ferreñafe.

Tabla 2. Resultado de caracterización del Agregado grueso

| Ensayos                       | Norma        | Requerimiento | Resultados | Observaciones |
|-------------------------------|--------------|---------------|------------|---------------|
| Durabilidad                   | MTC E<br>209 | 18% máx.      | 8.6%       | Cumple        |
| Abrasión<br>de los<br>Ángeles | MTC E<br>207 | 40% máx.      | 23.1%      | Cumple        |
| Adherencia                    | MTC E<br>517 | +95           | +95        | Cumple        |
| Índice de<br>Durabilidad      | MTC E<br>214 | 35% min.      | 55.7       | Cumple        |
| <b>Partículas</b>             |              |               |            |               |
| chatas<br>y<br>alargadas      | ASTM<br>4791 | 10% máx.      | 6.9%       | Cumple        |
| Caras<br>fracturadas          | MTC E<br>210 | 85/50         | 100/100    | Cumple        |
| Sales<br>Solubles<br>Totales  | MTC E<br>219 | 0.5% máx.     | 0.05%      | Cumple        |
| Absorción                     | MTC E<br>206 | 1.00%         | 0.54%      | Cumple        |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Resultado de caracterización del Agregado Fino

| Ensayos                                    | Norma        | Requerimiento | Resultados | Observaciones |
|--|--------------|---------------|------------|---------------|
| <b>Equivalente de Arena</b>                | MTC E 114    | 60% mín.      | 66%        | Cumple        |
| <b>Angularidad del agregado fino</b>       | MTC E 222    | 30% mín.      | 49.8%      | Cumple        |
| <b>Azul de metileno</b>                    | AASTHO TP 57 | 8% máx.       | 1.98%      | Cumple        |
| <b>Índice de Plasticidad (malla N°40)</b>  | MTC E 111    | NP            | N.P.       | Cumple        |
| <b>Índice de durabilidad</b>               | MTC E 214    | 35 mín.       | 60.4       | Cumple        |
| <b>Índice de Plasticidad (malla N°200)</b> | MTC E 111    | Máx. 4        | 2.9%       | Cumple        |
| <b>Adhesividad (Riedel Weber)</b>          | MTC E 220    | 4 mín.        | Grado 5    | Cumple        |
| <b>Sales Solubles Totales</b>              | MTC E 219    | 0.5% máx.     | 0.08%      | Cumple        |

Fuente: Elaboración propia

### **Resultado de análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso y fino**

La mezcla asfáltica en caliente para empleo en pavimentación se compondrá de agregados minerales gruesos, finos y materiales bituminosos.

Tabla 4. análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso y fino

| Tamices | Agregados a intervenir |                    |                      | MAC - 2                 |                |
|---------|------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------|
|         | Tolva 1                | Tolva 2            | Tolva 3              | Combinación teórica (%) | Especificación |
|         | Piedra Chancada (%)    | Arena Chancada (%) | Arena Zarandeada (%) |                         |                |
|         | 38.0                   | 30.0               | 32.0                 | 100.0                   | MAC-2          |
| 3/4"    | 100.0                  | 100.0              | 100.0                | 100.0                   | 100 100        |
| 1/2"    | 54.9                   | 100.0              | 100.0                | 82.9                    | 80 100         |
| 3/8"    | 31.2                   | 100.0              | 100.0                | 73.8                    | 70 88          |
| # 04    | 3.5                    | 95.9               | 91.7                 | 59.5                    | 51 68          |
| # 10    | 0.0                    | 64.3               | 75.2                 | 43.3                    | 38 52          |
| # 40    | 0.0                    | 40.5               | 32.6                 | 22.6                    | 17 28          |
| # 80    | 0.0                    | 12.1               | 20.4                 | 10.1                    | 8 17           |
| # 200   | 0.0                    | 7.4                | 13.2                 | 6.4                     | 4 8            |

Fuente: Elaboración propia

#### Resultado de caracterización de los polímeros:

Tabla 5. Resultados de PET

| Propiedades Mecánicas (23°C)                | Unidad             | Valor     | Comentario |
|---|--------------------|-----------|------------|
| Resistencia a la tracción (Fluencia/Rotura) | kg/cm <sup>2</sup> | 280/-     | D-638      |
| Resistencia a la compresión                 | kg/cm <sup>2</sup> | 90/150    | D-695      |
| Resistencia a la flexión                    | kg/cm <sup>2</sup> | 280       | D-790      |
| Resistencia al choque                       | KJ/m <sup>2</sup>  | SR        | D-256      |
| Alargamiento de rotura                      | %                  | ^400      | D-638      |
| Módulo de elasticidad                       | kg/cm <sup>2</sup> | 12000     | D-638      |
| Dureza                                      | Shore D            | 64-68     | D-2240     |
| Coefficiente de Roce Estático S/Acero       | -                  | 0.30-0.35 | D-1894     |
| Coefficiente de Roce Dinámico S/Acero       | -                  | 0.3       | D-1894     |
| Resistencia al desgaste por roce            | -                  | BUENA     | -          |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Polipropileno

| <b>Propiedades Mecánicas (23°C)</b>            | <b>Unidad</b> | <b>Valor</b> | <b>Comentario</b> |
|--|---------------|--------------|-------------------|
| <b>Resist. a la tracción (Fluencia/Rotura)</b> | kg/cm2        | 300/-        | D-638             |
| <b>Resistencia a la compresión</b>             | kg/cm2        | 80/120       | D-695             |
| <b>Resistencia a la flexión</b>                | kg/cm2        | 230          | D-790             |
| <b>Resistencia al choque</b>                   | KJ/m2         | SR           | D-256             |
| <b>Alargamiento de rotura</b>                  | %             | 600          | D-638             |
| <b>Módulo de elasticidad</b>                   | kg/cm2        | 11500        | D-638             |
| <b>Dureza</b>                                  | Shore D       | 71/74        | D-2240            |
| <b>Coefficiente de Roce Estático S/Acero</b>   | -             | -            | D-1894            |
| <b>Coefficiente de Roce Dinámico S/Acero</b>   | -             | 030-045      | D-1894            |
| <b>Resistencia al desgaste por roce</b>        | -             | REGULAR      | -                 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultado del diseño de la mezcla patrón

| <b>Agregados</b>                       | <b>Diseño<br/>MAC-2</b> |
|--|-------------------------|
| <b>Piedra chancada</b>                 | <b>38.0%</b>            |
| <b>Arena chancada</b>                  | <b>30.0%</b>            |
| <b>Arena zarandeada</b>                | <b>32.0%</b>            |
| <b>Cemento Asfáltico</b>               | <b>5.70%</b>            |
| <b>Aditivo Mejorador de Adherencia</b> | <b>0.5%</b>             |

Fuente: Elaboración propia

### **Desempeño estructural de mezcla asfáltica:**

Tabla 8. Estructura para la muestra patrón

| <b>Contenido asfáltico</b> | <b>Tamaño de<br/>proporción<br/>(gradación)</b> | <b>Proporción de<br/>agregados</b> |               |
|----------------------------|---|------------------------------------|---------------|
|                            |   | <b>AG (%)</b>                      | <b>AF (%)</b> |
| <b>5.7</b>                 | MAC-2   | 38                                 | 62            |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Estructura para la muestra patrón con PET reciclado

| Contenido asfáltico | Tamaño de proporción (gradación) | Proporción de agregados |        |         |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--------|---------|
|                     |                                  | AG (%)                  | AF (%) | PET (%) |
| 5.7                 | MAC-2                            | 38                      | 61     | 1       |
| 5.7                 | MAC-2                            | 38                      | 59     | 3       |
| 5.7                 | MAC-2                            | 38                      | 57     | 5       |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Estructura para la muestra patrón con polipropileno reciclado

| Contenido asfáltico | Tamaño de proporción (gradación) | Proporción de agregados |        |                   |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--------|-------------------|
|                     |                                  | AG (%)                  | AF (%) | polipropileno (%) |
| 5.7                 | MAC-2                            | 38                      | 61     | 1                 |
| 5.7                 | MAC-2                            | 38                      | 59     | 3                 |
| 5.7                 | MAC-2                            | 38                      | 57     | 5                 |

Fuente: Elaboración propia

### Resultados de la muestra asfáltica convencional

Tabla 11. Resultados de muestra asfáltica – Convencional

| N° de muestra | % De cemento asfáltico | Estabilidad (Kg) | Flujo (mm) | % De vacíos con aire | Índice de rigidez (kg/cm) |
|---------------|------------------------|------------------|------------|----------------------|---------------------------|
| 1             | 4.5                    | 427              | 2.54       | 9.49                 | 1680                      |
| 2             | 4.5                    | 454              | 2.54       | 9.38                 | 1787                      |
| 3             | 4.5                    | 395              | 2.79       | 9.89                 | 1415                      |
| 4             | 5                      | 859              | 2.79       | 7.41                 | 3073                      |
| 5             | 5                      | 931              | 3.05       | 7.61                 | 3054                      |
| 6             | 5                      | 810              | 3.05       | 7.44                 | 2659                      |
| 7             | 5.5                    | 1104             | 3.30       | 3.75                 | 3343                      |
| 8             | 5.5                    | 1054             | 3.30       | 3.81                 | 3191                      |
| 9             | 5.5                    | 1162             | 3.30       | 3.89                 | 3520                      |
| 10            | 6                      | 1137             | 3.56       | 4.04                 | 3198                      |
| 11            | 6                      | 1116             | 3.56       | 4.06                 | 3139                      |
| 12            | 6                      | 1095             | 3.30       | 4.04                 | 3317                      |
| 13            | 6.5                    | 970              | 3.81       | 4.47                 | 2545                      |
| 14            | 6.5                    | 911              | 3.56       | 4.76                 | 2562                      |
| 15            | 6.5                    | 953              | 3.81       | 4.82                 | 2501                      |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 11 describe los resultados de estabilidad, fluidez, relación de porosidad e índice de dureza según la prueba de Marshall para betún común, y muestra que el contenido óptimo de cemento bituminoso es 5.7% y logró una estabilidad de 1163 kg, un rendimiento de 3.40 mm, porcentaje de vacíos de 3.7% y rigidez de 3400 kg/cm

### Resultados de la muestra asfáltica convencional + PET

Tabla 12. Resultados de muestra asfáltica con 1 % de PET reciclado

| N° de muestra | % De cemento asfáltico | Estabilidad (Kg) | Flujo (mm) | % De vacíos con aire | Índice de rigidez (kg/cm) |
|---------------|------------------------|------------------|------------|----------------------|---------------------------|
| 1             | 5.7                    | 1160             | 3.30       | 4.38                 | 3514                      |
| 2             | 5.7                    | 1172             | 3.43       | 4.49                 | 3419                      |
| 3             | 5.7                    | 1116             | 3.43       | 4.58                 | 3254                      |

Fuente: Elaboración propia

De manera similar, la Tabla 12 establece los resultados de estabilidad, fluidez, relación de poros e índice de dureza de acuerdo con la prueba de Marshall para betún modificado usando PET reciclado al 1%, obteniéndose una estabilidad de 1,149 kg, flujo de 3.39 mm, porcentaje de vacíos de 4.48% y rigidez de 3,396 kg/cm.

Tabla 13. Resultados de muestra asfáltica con 3 % de PET reciclado

| N° de muestra | % De cemento asfáltico | Estabilidad (Kg) | Flujo (mm) | % De vacíos con aire | Índice de rigidez (kg/cm) |
|---------------|------------------------|------------------|------------|----------------------|---------------------------|
| 1             | 5.7                    | 1022             | 3.81       | 8.83                 | 2681                      |
| 2             | 5.7                    | 1058             | 3.56       | 8.77                 | 2975                      |
| 3             | 5.7                    | 1001             | 3.56       | 8.71                 | 2815                      |

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, en la Tabla 13 se detallan los resultados de estabilidad, fluidez, relación de porosidad e índice de dureza según el ensayo Marshall de betún modificado con 3% de PET reciclado, con una estabilidad de 1027 kg, flujo de 3.64 mm, porcentaje de vacíos de 8.77% y rigidez de 2,824 kg/cm.

Tabla 14. Resultados de muestra asfáltica con 5 % de PET reciclado

| <b>N° de muestra</b> | <b>% De cemento asfáltico</b> | <b>Estabilidad (Kg)</b> | <b>Flujo (mm)</b> | <b>% De vacíos con aire</b> | <b>Índice de rigidez (kg/cm)</b> |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1                    | 5.7                           | 773                     | 4.06              | 10.42                       | 1901                             |
| 2                    | 5.7                           | 791                     | 3.81              | 10.28                       | 2076                             |
| 3                    | 5.7                           | 751                     | 3.81              | 10.45                       | 1972                             |

Fuente: Elaboración propia

De manera similar, la Tabla 14 especifica los resultados de las pruebas de Marshall para la estabilidad, flujo, relación de vacíos e índice de dureza del asfalto modificado con 5% de PET reciclado, logrando así una estabilidad de 772 kg, flujo de 3.89 mm, porcentaje de vacíos de 10.38% y rigidez de 1,983 kg/cm.

### Resultados de la mezcla asfáltica convencional + polipropileno

Tabla 15. Resultados de muestra asfáltica con 1 % de polipropileno reciclado

| <b>N° de muestra</b> | <b>% De cemento asfáltico</b> | <b>Estabilidad (Kg)</b> | <b>Flujo (mm)</b> | <b>% De vacíos con aire</b> | <b>Índice de rigidez (kg/cm)</b> |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1                    | 5.7                           | 1081                    | 3.56              | 4.54                        | 3040                             |
| 2                    | 5.7                           | 1101                    | 3.56              | 5.00                        | 3095                             |
| 3                    | 5.7                           | 1062                    | 3.43              | 4.41                        | 3096                             |

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la Tabla 15 establece los resultados de estabilidad, fluidez, relación de vacíos e índice de dureza según la prueba Marshall de asfalto modificado con 1% de polipropileno reciclado, obteniéndose una estabilidad de 1,081 kg, flujo de 3.51 mm, porcentaje de vacíos de 4.65% y rigidez de 3,077 kg/cm.

Tabla 16. Resultados de muestra asfáltica con 3 % de polipropileno reciclado

| <b>N° de muestra</b> | <b>% De cemento asfáltico</b> | <b>Estabilidad (Kg)</b> | <b>Flujo (mm)</b> | <b>% De vacíos con aire</b> | <b>Índice de rigidez (kg/cm)</b> |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1                    | 5.7                           | 935                     | 3.81              | 9.61                        | 2454                             |
| 2                    | 5.7                           | 908                     | 3.81              | 9.90                        | 2383                             |
| 3                    | 5.7                           | 889                     | 3.81              | 9.56                        | 2334                             |

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, en la Tabla 16, los resultados de estabilidad, fluidez, índice de porosidad e índice de dureza se detallan de acuerdo con la prueba de Marshall para

betún modificado al 3% a partir de polipropileno reciclado, con una estabilidad de 911 kg, flujo de 3.81 mm, porcentaje de vacíos de 9.69% y rigidez de 2,390 kg/cm.

Tabla 17. Resultados de muestra asfáltica con 5 % de polipropileno reciclado

| N° de muestra | % De cemento asfáltico | Estabilidad (Kg) | Flujo (mm) | % De vacíos con aire | Índice de rigidez (kg/cm) |
|---------------|------------------------|------------------|------------|----------------------|---------------------------|
| 1             | 5.7                    | 653              | 4.32       | 12.97                | 1513                      |
| 2             | 5.7                    | 640              | 4.32       | 12.81                | 1481                      |
| 3             | 5.7                    | 616              | 4.32       | 12.89                | 1426                      |

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la Tabla 17 establece los resultados de estabilidad, fluidez, relación de vacíos e índice de dureza de acuerdo con la prueba de Marshall de una mezcla bituminosa modificada utilizando 5% de polipropileno reciclado, logrando así una estabilidad de 636 kg, flujo 4.31 mm, porcentaje de vacíos de 12.89% y rigidez de 1,473 kg/cm.

### Estabilidad en PET (Resistencia a la deformación)

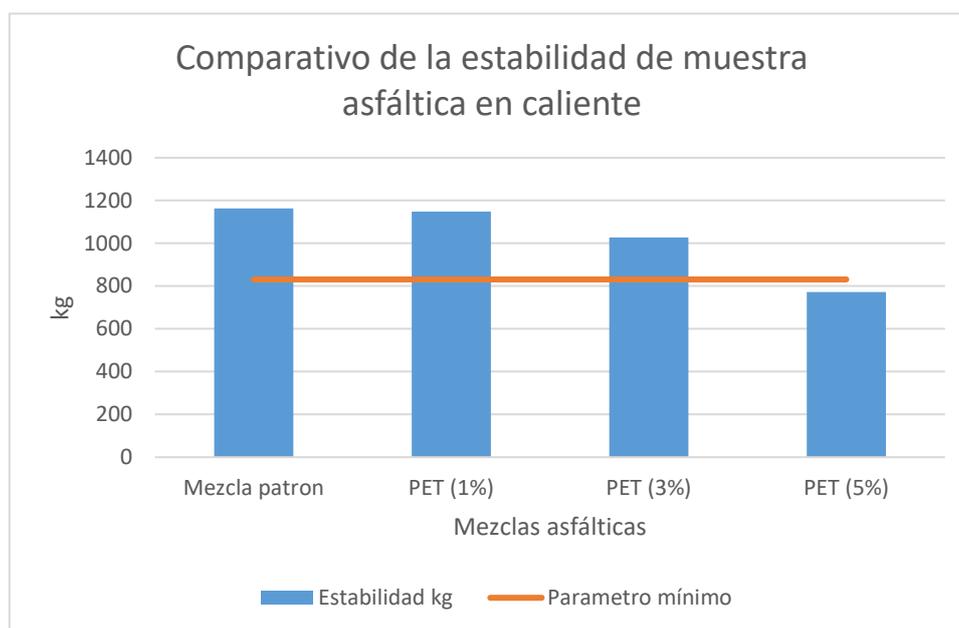
Tabla 18. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas.

| Probeta              | Especificación | Estabilidad | Variación | Observaciones |
|----------------------|----------------|-------------|-----------|---------------|
| <b>Mezcla Patrón</b> | 831.07 Kg      | 1163 kg     |           | CUMPLE        |
| <b>PET (1%)</b>      | 831.07 Kg      | 1149 kg     | -1.20%    | CUMPLE        |
| <b>PET (3%)</b>      | 831.07 Kg      | 1027 kg     | -11.69%   | CUMPLE        |
| <b>PET (5%)</b>      | 831.07 Kg      | 772 kg      | -33.62%   | NO CUMPLE     |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 18 muestra los resultados de estabilidad según la prueba de Marshall, con MAC normal mostrando un valor de 1,163.00 kg y con solo 1% de PET este valor cae levemente a 1,149 kg (-1,20%) en comparación con 3% y 5% de PET reciclado, pues la estabilidad llega a reducirse a 772.00 kg, representando una disminución de - 33.62 %.

Figura 2. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas con PET reciclado



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2 se observa que la muestra modificada con PET al 1.00 % presenta una leve disminución de 14.00 kg en la estabilidad, es decir, 1.20 % menos con respecto a la muestra patrón, pero cumpliendo con el rango mínimo normado en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013) que es de 831.07 kg.

### Flujo en PET (Flexión)

Tabla 19. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas

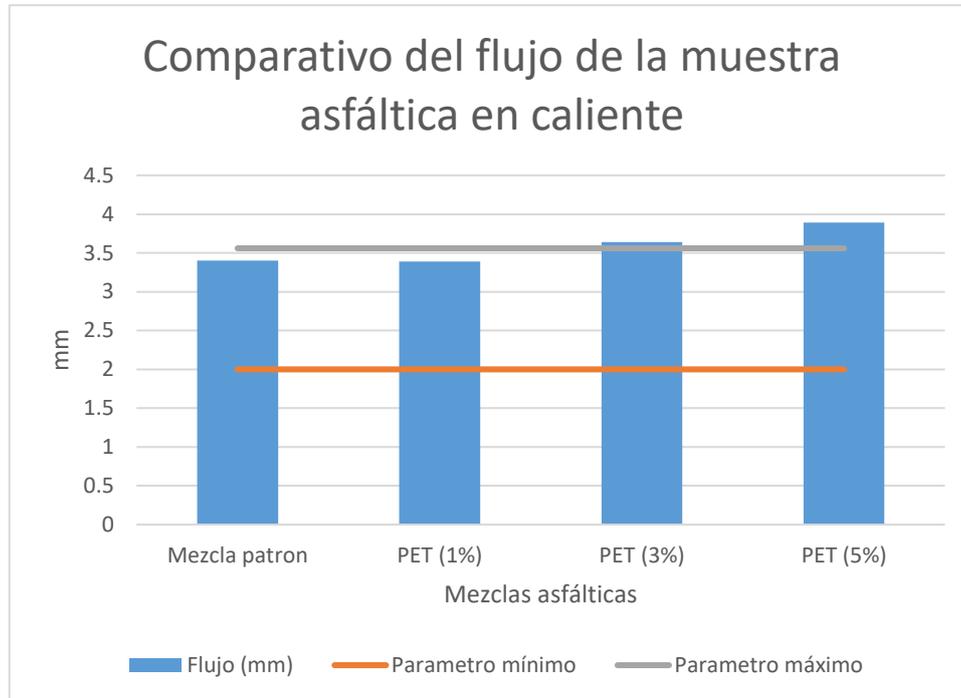
| Probeta              | Especificación |      | Flujo   | Variación | Observaciones |
|----------------------|----------------|------|---------|-----------|---------------|
|                      | Min            | Max  |         |           |               |
| <b>Mezcla patrón</b> | 2              | 3.56 | 3.40 mm |           | CUMPLE        |
| <b>PET (1%)</b>      | 2              | 3.56 | 3.39 mm | -0.29%    | CUMPLE        |
| <b>PET (3%)</b>      | 2              | 3.56 | 3.64 mm | 7.06%     | NO CUMPLE     |
| <b>PET (5%)</b>      | 2              | 3.56 | 3.89 mm | 14.41%    | NO CUMPLE     |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 19 muestra los resultados de flujo según la prueba de Marshall, el MAC normal muestra un valor de 3.40 mm y con solo 1% de PET este valor disminuye

levemente a 3.39 mm (- 0.29%), luego cuando el contenido de PET reciclado aumenta a 5.00% el flujo tiende a aumentar hasta alcanzar los 3,89 mm.

Figura 3. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas con PET reciclado



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 3, está claro que la muestra modificada con PET al 1,00% muestra una pérdida de flujo mínima y una deformación inferior a 0,01 mm, que es un 0,29% menos que la del MAC convencional, pero claramente se observa que está dentro de los parámetros mínimos y máximos según las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013).

## Porcentaje de vacíos en PET (Impermeabilidad)

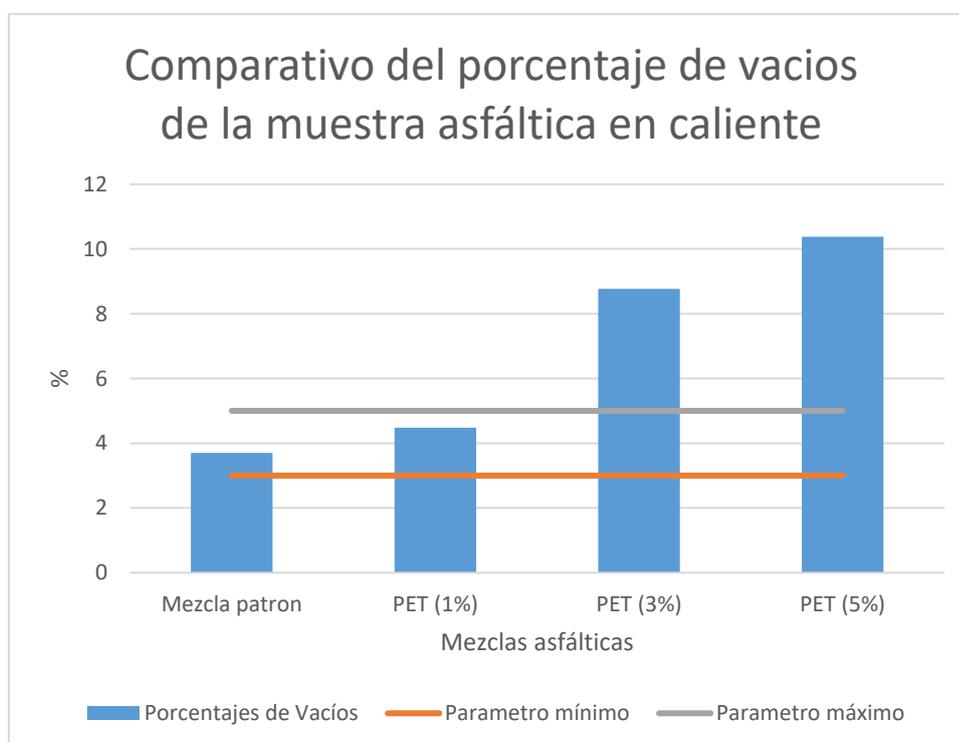
Tabla 20. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas

| Probeta              | Especificación |     | Porcentaje de vacíos | Variación | Observaciones |
|----------------------|----------------|-----|----------------------|-----------|---------------|
|                      | Min            | Max |                      |           |               |
| <b>Mezcla patrón</b> | 3              | 5   | 3.7                  |           | CUMPLE        |
| <b>PET (1%)</b>      | 3              | 5   | 4.48                 | 21.08%    | CUMPLE        |
| <b>PET (3%)</b>      | 3              | 5   | 8.77                 | 137.03%   | NO CUMPLE     |
| <b>PET (5%)</b>      | 3              | 5   | 10.38                | 180.54%   | NO CUMPLE     |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se muestran los resultados del porcentaje de vacíos según la prueba de Marshall, con un valor de MAC normal de 3,7 y con solo 1% de PET este valor aumenta a 4,48 (21,08%) frente al 3% y 5%. PET reciclado, la relación de vacío tiende a aumentar a 10,38, significando un aumento del 180,54%.

Figura 4. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas con PET reciclado.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4 se evidencia que la muestra modificada con PET al 1.00 % muestra una relación de vacío incrementada, resultando ligeramente más permeable en un 21.08 % con respecto al MAC convencional, pero encontrándose dentro de los rangos establecidos en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013), se evidencia además que añadiendo 3% y 5% de polipropileno no cumple con la norma.

### Estabilidad en polipropileno (Resistencia a la deformación)

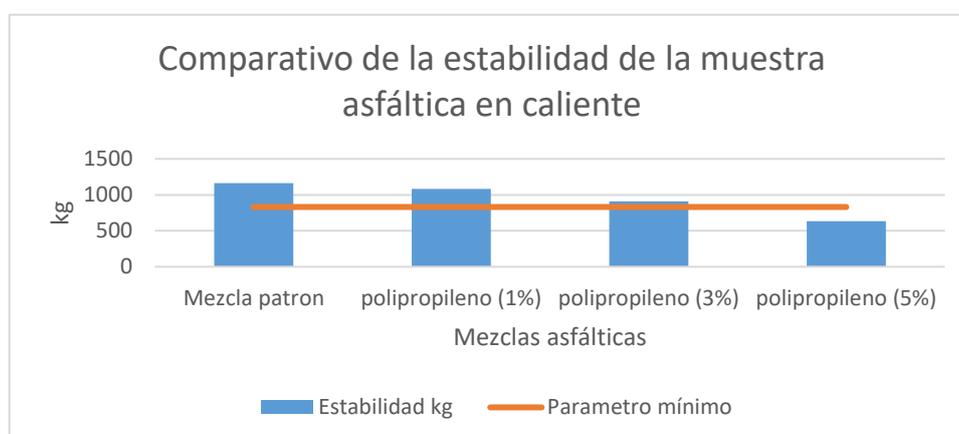
Tabla 21. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas.

| Probeta                   | Especificación | Estabilidad | Variación | OBSERVACIONES |
|---------------------------|----------------|-------------|-----------|---------------|
| <b>Mezcla Patrón</b>      | 831.07 Kg      | 1163 kg     |           | CUMPLE        |
| <b>Polipropileno (1%)</b> | 831.07 Kg      | 1081 kg     | -7.05%    | CUMPLE        |
| <b>Polipropileno (3%)</b> | 831.07 Kg      | 911 kg      | -21.67%   | CUMPLE        |
| <b>Polipropileno (5%)</b> | 831.07 Kg      | 636 kg      | -45.31%   | NO CUMPLE     |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 21 muestra los resultados de estabilidad según la prueba de Marshall, el MAC normal tiene un valor de 1,163.00 kg y para solo el 1% de polipropileno este valor se reduce ligeramente a 1,081 kg (- 7.05%) en comparación con el 3% y el 5% de PET reciclado, pues que la estabilidad disminuyó a 636,00 kg representando una disminución de -45,31%.

Figura 5. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas con polipropileno reciclado.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 5 se observa que la muestra modificada con polipropileno al 1.00 % evidencia una disminución de 82.00 kg en la estabilidad, es decir, 7.05 % menos con respecto a la muestra patrón, pero cumpliendo con el valor mínimo normado en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013) que es de 831.07 kg.

### Flujo en polipropileno (Flexión)

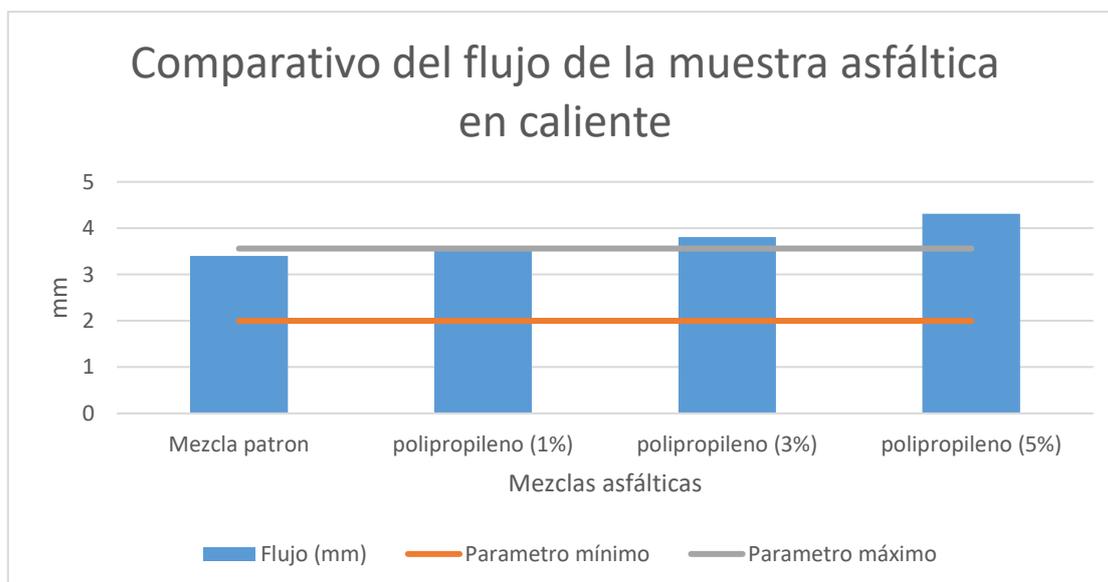
Tabla 22. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas

| Probeta                   | Especificación |      | Flujo | Variación | Observaciones |
|---------------------------|----------------|------|-------|-----------|---------------|
|                           | Min            | Max  |       |           |               |
| <b>Mezcla patrón</b>      | 2              | 3.56 | 3.4   |           | CUMPLE        |
| <b>Polipropileno (1%)</b> | 2              | 3.56 | 3.51  | 3.24%     | CUMPLE        |
| <b>Polipropileno (3%)</b> | 2              | 3.56 | 3.81  | 12.06%    | NO CUMPLE     |
| <b>Polipropileno (5%)</b> | 2              | 3.56 | 4.31  | 26.76%    | NO CUMPLE     |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se muestran los resultados del flujo según la prueba de Marshall, el MAC común muestra un valor de 3,40 mm y cuando el contenido de polipropileno reciclado aumenta al 5,00%, el flujo tiende a aumentar a 4, 31 mm.

Figura 6. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas con polipropileno reciclado



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6, se puede ver que el MAC modificado con polipropileno al 1.00% muestra un aumento de flujo mínimo y es más susceptible a la deformación en 0.11 mm, 3.24% más que el MAC convencional, ello es conveniente en alturas mayores a 3000 m.s.n.m. se debe buscar mezclas asfálticas con valores altos en flujo y estando dentro de los rangos mínimos y máximos establecidos en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013).

### Porcentaje de vacíos en polipropileno (Impermeabilidad)

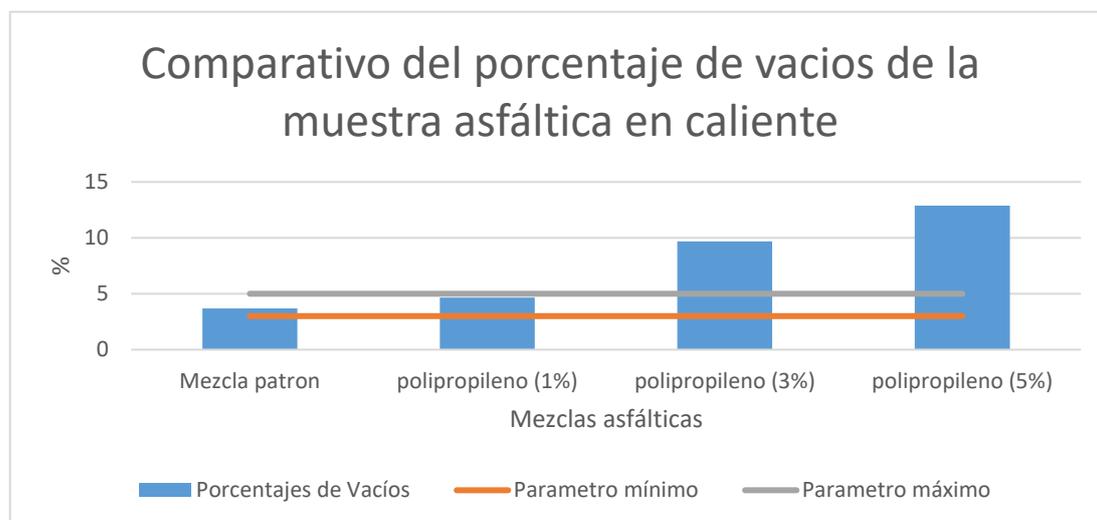
Tabla 23. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas

| Probeta                   | Especificación |     | Porcentaje de vacíos | Variación | Observaciones |
|---------------------------|----------------|-----|----------------------|-----------|---------------|
|                           | Min            | Max |                      |           |               |
| <b>Mezcla patrón</b>      | 3              | 5   | 3.7                  |           | CUMPLE        |
| <b>polipropileno (1%)</b> | 3              | 5   | 4.65                 | 25.68%    | CUMPLE        |
| <b>polipropileno (3%)</b> | 3              | 5   | 9.69                 | 161.89%   | NO CUMPLE     |
| <b>polipropileno (5%)</b> | 3              | 5   | 12.89                | 248.38%   | NO CUMPLE     |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 23 se muestran los resultados del porcentaje de vacío según la prueba de Marshall, donde el MAC común muestra un valor de 3,70 y cuando el contenido de polipropileno reciclado aumenta hasta un 5,00%, el porcentaje de vacíos tiende a aumentar a 12,89.

Figura 7. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas con polipropileno reciclado



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 7 se observa que la muestra modificada con polipropileno al 1.00 % evidencia un aumento del porcentaje de vacíos, resultando ligeramente más permeable en un 36.76 % con respecto al MAC convencional, pero encontrándose dentro de los rangos normados en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013), se evidencia además que añadiendo 3% y 5% de polipropileno no cumple con la norma.

### Comparativo de estabilidad de mezcla patrón, PET y polipropileno

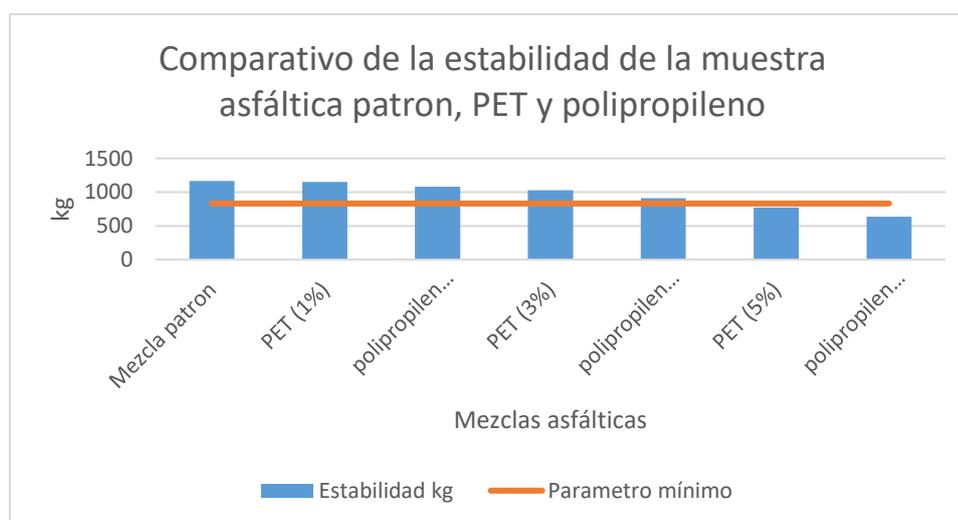
Tabla 24. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas.

| PARAMETROS       | Mezcla patrón | PET (1%) | polipropileno (1%) | PET (3%) | polipropileno (3%) | PET (5%) | polipropileno (5%) |
|------------------|---------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|
| Estabilidad kg   | 1163          | 1149     | 1081               | 1027     | 911                | 772      | 636                |
| Parámetro mínimo | 831.07        | 831.07   | 831.07             | 831.07   | 831.07             | 831.07   | 831.07             |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 24 muestra los resultados de estabilidad según la prueba de Marshall, en el MAC normal muestra un valor de 1,163.00 kg, con 1% PET disminuye ligeramente este valor a 1,149 kg (- 1.20 %) al igual que con el 1% de polipropileno disminuye el valor a 1,081 kg (- 7.05 %) respecto a la mezcla patrón, a comparación de 3% y 5% de PET y polipropileno reciclado la estabilidad llega a disminuir a 772 kg y 636.00 kg, respectivamente.

Figura 8. Estabilidad de la muestra patrón y muestras modificadas con PET y polipropileno reciclado



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 8 se evidencia que la muestra modificada tanto con PET al 1% y con polipropileno al 1.00 % evidencia una disminución de 14.00 kg y 82.00 kg respectivamente en la estabilidad, es decir, 1.20% y 7.05 % menos con respecto al MAC convencional, pero cumpliendo con los rangos mínimos y máximos normados en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013) que es de 831.07 kg.

### Comparativo de flujo (flexión) de mezcla patrón, PET y polipropileno

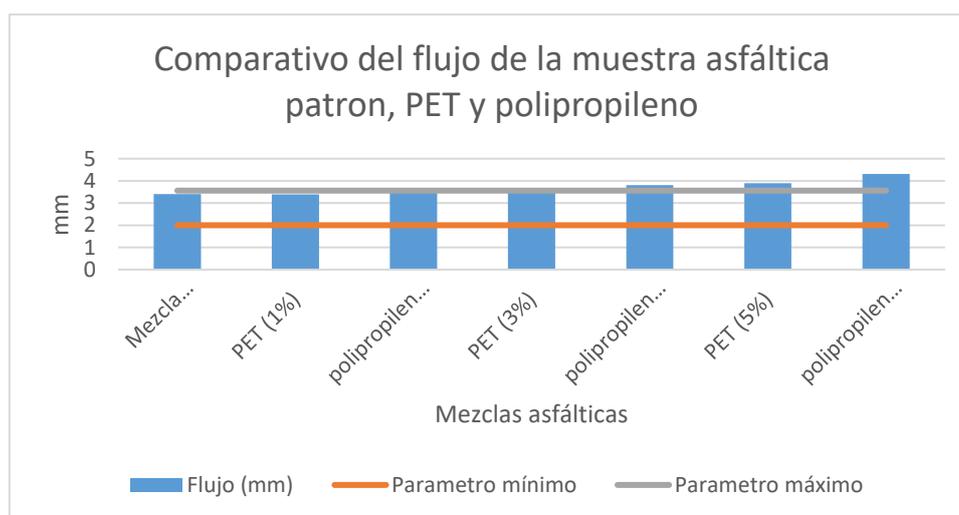
Tabla 25. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas

| PARAMETROS              | Mezcla patrón | PET (1%) | polipropileno (1%) | PET (3%) | polipropileno (3%) | PET (5%) | polipropileno (5%) |
|-------------------------|---------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|
| <b>Flujo (mm)</b>       | 3.4           | 3.39     | 3.51               | 3.64     | 3.81               | 3.89     | 4.31               |
| <b>Parámetro mínimo</b> | 2             | 2        | 2                  | 2        | 2                  | 2        | 2                  |
| <b>Parámetro máximo</b> | 3.56          | 3.56     | 3.56               | 3.56     | 3.56               | 3.56     | 3.56               |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 25 muestra los resultados de rendimiento según la prueba de Marshall, donde el MAC común muestra un valor de 3,40 mm y cuando el contenido de PET y polipropileno reciclado aumenta al 5,00%, el flujo tiende a aumentar hasta 3.89 mm. y 4.31 mm. respectivamente.

Figura 9. Flujo de la muestra patrón y muestras modificadas con PET y polipropileno reciclado



Fuente: Elaboración Propia

La Figura 9 presenta un MAC modificado con PET al 1.00% que muestra una leve disminución en el flujo siendo menos deformable en 0.01 mm, a diferencia del polipropileno al 1.00 % muestra un ligero aumento en el flujo, siendo más deformable en 0.11 mm, es decir, un 3.24 % más con respecto al MAC convencional, por el contrario, el MAC con PET y polipropileno al 3% y 5% respectivamente no cumplen con los rangos mínimos y máximos normados en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013).

### Comparativo de porcentaje de vacíos (impermeabilidad) de mezcla patrón, PET y polipropileno

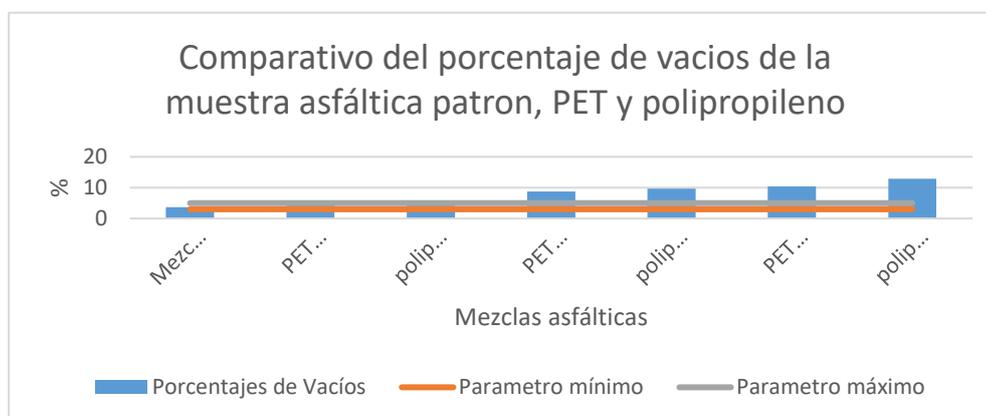
Tabla 26. Porcentaje de vacíos de la muestra patrón y muestras modificadas.

| PARAMETROS            | Mezcla patrón | PET (1%) | polipropileno (1%) | PET (3%) | polipropileno (3%) | PET (5%) | polipropileno (5%) |
|-----------------------|---------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|
| Porcentajes de Vacíos | 3.7           | 4.48     | 4.65               | 8.77     | 9.69               | 10.38    | 12.89              |
| Parámetro mínimo      | 3             | 3        | 3                  | 3        | 3                  | 3        | 3                  |
| Parámetro máximo      | 5             | 5        | 5                  | 5        | 5                  | 5        | 5                  |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 26 se muestra los resultados de porcentaje de vacíos según el ensayo Marshall, donde el MAC común muestra un valor de 3.70 y con el contenido de PET y polipropileno reciclado aumentando a 5.00%, el flujo tiende a aumentar llegando a 10.38 y 12.89 respectivamente lo que conlleva a que el pavimento tienda a agrietarse debido al alto índice de permeabilidad.

Figura 10. Porcentaje de la muestra patrón y muestras modificadas con PET y polipropileno reciclado.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 9 se observa que la muestra modificada con PET y polipropileno al 1.00 % presenta un aumento del porcentaje de vacíos, resultando ligeramente más permeable en un 21.08 % y 36.76 % con respecto al MAC convencional, pero encontrándose dentro de los rangos mínimos y máximos normados en las especificaciones técnicas generales (MTC, 2013).

### **Análisis Estadístico y Prueba de Hipótesis**

La presente investigación considera la hipótesis de trabajo que el PET y el polipropileno reciclado influye favorablemente en la resistencia, impermeabilidad, flexión de los pavimentos flexibles y las hipótesis específicas son el PET y polipropileno reciclado influye favorablemente en la resistencia, de los pavimentos flexibles, el PET y polipropileno reciclado influye favorablemente en la impermeabilidad, de los pavimentos flexibles y el PET y polipropileno reciclado influye favorablemente en la flexión, de los pavimentos flexibles. La prueba estadística a emplear es ANOVA para los diferentes tratamientos y/o dosificaciones.

Tabla 27. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de RESISTENCIA

| <b>Diseño de Mezcla Asfáltica</b> | <b>Hipótesis de Trabajo</b> | <b>Hipótesis Nula</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>MAC + PET a 1%</b>             | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + PET a 3%</b>             | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + PET a 5%</b>             | Se Rechaza                  | Se Acepta             |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de IMPERMEABILIDAD

| <b>Diseño de Mezcla Asfáltica</b> | <b>Hipótesis de Trabajo</b> | <b>Hipótesis Nula</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>MAC + PET a 1%</b>             | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + PET a 3%</b>             | Se Rechaza                  | Se Acepta             |
| <b>MAC + PET a 5%</b>             | Se Rechaza                  | Se Acepta             |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de FLEXIÓN

| <b>Diseño de Mezcla Asfáltica</b> | <b>Hipótesis de Trabajo</b> | <b>Hipótesis Nula</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>MAC + PET a 1%</b>             | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + PET a 3%</b>             | Se Rechaza                  | Se Acepta             |
| <b>MAC + PET a 5%</b>             | Se Rechaza                  | Se Acepta             |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + POLIPROPILENO en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de RESISTENCIA

| <b>Diseño de Mezcla Asfáltica</b> | <b>Hipótesis de Trabajo</b> | <b>Hipótesis Nula</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 1%</b>   | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 3%</b>   | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 5%</b>   | Se Rechaza                  | Se Acepta             |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + POLIPROPILENO en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de IMPERMEABILIDAD

| <b>Diseño de Mezcla Asfáltica</b> | <b>Hipótesis de Trabajo</b> | <b>Hipótesis Nula</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 1%</b>   | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 3%</b>   | Se Rechaza                  | Se Acepta             |
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 5%</b>   | Se Rechaza                  | Se Acepta             |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resumen de los Resultados de la prueba de Hipótesis de la mezcla asfáltica convencional + POLIPROPILENO en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con respecto a la Propiedad de FLEXIÓN

| <b>Diseño de Mezcla Asfáltica</b> | <b>Hipótesis de Trabajo</b> | <b>Hipótesis Nula</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 1%</b>   | Se Acepta                   | Se Rechaza            |
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 3%</b>   | Se Rechaza                  | Se Acepta             |
| <b>MAC + POLIPROPILENO a 5%</b>   | Se Rechaza                  | Se Acepta             |

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

La presente investigación titulada Efecto del PET y polipropileno reciclado en la resistencia, impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles, planteó como objetivos específicos determinar el efecto del PET y polipropileno en dosificaciones de 1%, 3% y 5% con relación a las propiedades de resistencia a la deformación, flexión e impermeabilidad en los pavimentos flexibles, en el caso del tereftalato de polietileno (PET) se encontró que con una dosificación optima de PET de 1% se cumplen con los parámetros y rangos establecidos en la norma.

**Silvestre (2017)**, presento un resultado similar al anteriormente mencionado, llegó a evidenciar que el contenido óptimo de PET con el cual mejora las características físicas y estructurales la mezcla asfáltica es 1%; de igual forma la investigación de **Badejo, et al.(2017)** descubrió que el asfalto modificado con PET al 1% es útil para la construcción de pavimentos, también **Sreeram, et al. (2018)** en el estudio realizado indico que en las mezclas con 2% de aditivos PET mostraron una estabilidad mejorada demostrando una mejor resistencia a la deformación permanente. Asimismo, en nuestra investigación con una dosificación de 5% de PET no se obtuvo mejoras en la propiedad del pavimento puesto que no cumplía con los parámetros establecidos.

Respecto a **Ballena (2016)** se encontró diferencias, donde obtuvo un porcentaje óptimo de PET de 5%, esta investigación solo funciono para el tránsito pesado en ese porcentaje, a la vez **Ramirez, et. al. (2014)** concluyeron que el PET como parcial de arena, cambia el comportamiento de la muestra modificada de una manera considerable, y mejora la estabilidad en un 79% con 5 % de PET. Asimismo, se obtuvo un incremento en la deformación de la muestra, con 8% de PET, que fue de 140% en comparación con la muestra sin modificar.

A su vez **Movilla-Quesada & Raposeiras & Olavarría (2019)** encontraron un porcentaje óptimo de adiciones de PET en esta investigación que fue de 14% de partículas de PET esto generó una mezcla con mayor estabilidad.

Con relación a la propiedad de impermeabilidad (vacíos en el agregado mineral), con una dosificación del 1% de PET se obtuvo un resultado de 17.98%, lo que representa una disminución de 1.27% con respecto a la mezcla patrón.

Sin embargo, **Rodríguez (2018)** con una dosificación similar encuentra diferencias al incorporar PET al asfalto convencional donde resulto que este contiene un 16.65% de vacíos en el agregado mineral, la cual presenta una disminución de 1.15% con respecto a la mezcla convencional; se puede decir que un concreto asfáltico modificado reduce notablemente el porcentaje de vacíos a comparación de un concreto asfáltico convencional, lo cual implica mejoras en la impermeabilidad del mismo; encontrando que existe por lo tanto una relación significativa positiva con la dosificación de 1% de PET a la mezcla convencional. Por el contrario, en lo que respecta al porcentaje de vacíos en aire con una dosificación de 1% de PET en nuestra investigación se obtuvo un resultado de 4.48% lo que representa un aumento de 0.78% respecto al MAC convencional (3.7% como resultado de vacíos).

**Vasudevan et. al. (2018)** indico que con una dosificación de 1% de polímeros de desecho obtuvo un resultado de 2.2% vacíos en aire lo que representa una disminución de 1.8% respecto a la mezcla patrón (4% como resultado de vacíos) lo que indica que el revestimiento de plásticos fundidos sobre la superficie del agregado redujo la absorción de agua, esto muestra que los huecos en la superficie se redujeron.

En relación a la propiedad de flujo en PET al 3.00% de PET la investigación presenta un resultado desfavorable de 3.64 mm en comparación con el parámetro establecido por el MTC que es de 2 – 3.56 por lo que no estaría cumpliendo con la norma.

**Chero (2017)** establece una notable diferencia con relación al impacto de los residuos plásticos PET al 3,0% tiende a ser insignificante, pero se encuentra dentro del requerimiento para ser un pavimento flexible.

Con respecto a la estabilidad en polipropileno al 1% de dosificación se obtuvo un valor de 1081 kg lo que evidencia una disminución de 82.00 kg con respecto

a la estabilidad (1163kg), es decir, 7.05% menos con respecto al MAC convencional.

**Ponce & Villa (2020)** difiere con los resultados anteriormente mencionados, menciona en su investigación que una dosis de 1.3% en peso de agregados de fibra de polipropileno, presenta mejoras en las propiedades tradicionales, como rango de estabilidad, resistencia al desgaste y desempeño por humedad, lo que traerá consigo una mejora de la vida útil de los pavimentos flexibles en el país. Con respecto a la propiedad de flujo se determinó que la incorporación de polipropileno con una dosificación al 1% con relación a la mezcla patrón (3.40 mm) se obtuvo 3.51 mm lo que representa un incremento mínimo del flujo, siendo más deformable en 0.11 mm, es decir, en un 3.24% más con respecto al MAC convencional.

**Saavedra e Ypanaque (2018)** encuentra diferencias en la investigación, ya que obtuvo como resultado con respecto a la propiedad del flujo de 3.27 mm, que es una deformación inferior en comparación de la muestra patrón que se deformó un 3.63 mm, obteniendo una variación de 0.36 mm, teniendo una influencia notable en el polipropileno.

## VI. CONCLUSIONES

1. Respecto al objetivo general planteado, de diseñar pavimento flexible adicionando residuos plásticos (PET) y polipropileno; se obtuvo un diseño con un porcentaje de dosificación del 1% de PET y otro con porcentaje de dosificación de 1% de polipropileno.
2. Con respecto a la dosificación de PET al 1% se obtuvo los siguientes resultados: 1149 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 3.39 mm de flujo (flexión) y 4.48% de vacíos (impermeabilidad).
3. Con respecto a los objetivos específicos en relación a la dosificación de PET al 3% se obtuvo los siguientes resultados: 1027 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 3.64 mm de flujo (flexión) y 8.77% de vacíos (impermeabilidad), de igual forma con respecto a la dosificación de PET al 5% se obtuvo los siguientes resultados: 772 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 3.89 mm de flujo (flexión) y 10.38% de vacíos (impermeabilidad).
4. Con respecto a la dosificación de polipropileno al 1% se obtuvo los siguientes resultados: 1081 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 3.51 mm de flujo (flexión) y 4.65% de vacíos (impermeabilidad).
5. Con respecto a los objetivos específicos en relación a la dosificación de polipropileno al 3% se obtuvo los siguientes resultados: 911 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 3.81 mm de flujo (flexión) y 9.69% de vacíos (impermeabilidad), de igual forma con respecto a la dosificación de polipropileno al 5% se obtuvo los siguientes resultados: 636 kg de estabilidad (resistencia a la deformación), 4.31 mm de flujo (flexión) y 12.89% de vacíos (impermeabilidad).

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear asfalto modificado con PET y polipropileno reciclado tomando en cuenta el diseño de mezcla de 5.7% de cemento asfáltico, 38% de agregado grueso, 61% de agregado fino y 1% de PET y/o 1% de polipropileno reciclado, para carreteras con tránsito denso, puesto que mantiene y mejora las propiedades mecánicas y físicas, de acuerdo a la presente investigación.
2. Se recomienda realizar investigaciones que complementen estudios como son las pruebas de fatiga a las mezclas analizadas, puesto que las mezclas asfálticas al contener un alto índice de rigidez, las mismas pueden ser susceptibles a fisuras, lo que conlleva a obtener fallas por fatiga dinámica (altas cargas de tráfico).
3. Se recomienda evaluar en futuras investigaciones, propiedades físicas y mecánicas adicionales a las ya estudiadas en la presente investigación, a fin de que se cumpla con los parámetros establecidos por el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC).
4. Se sugiere evaluar el costo, la utilidad y el beneficio del uso del polímero PET y polipropileno, comparando su viabilidad económica para su utilización de respecto al MAC convencional.

## REFERENCIAS

ANWAR, Muhammad Kashif, SHAH, Syed Adnan Raheel. (2021). Reciclaje y utilización de polímeros para proyectos de construcción de carreteras: una aplicación del concepto de economía circular. Disponible en la dirección: <http://dx.doi.org/10.3390/polym13081330>.

Maharaj, R., Maharaj, C., & Hosein, A. (2018). Performance of waste polymer modified road paving materials. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*. Disponible en la dirección: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/performance-waste-polymer-modified-road-paving/docview/2111103814/se-2?accountid=37408>.

Vasudevan, R., Velkennedy, R., Sekar, A. R., & Sundarakannan, B. (2018). Utilization of waste polymers for flexible pavement and easy disposal of waste polymers. *International Journal of Pavement Research and Technology*. Disponible en la dirección: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/utilization-waste-polymers-flexible-pavement-easy/docview/211989825/se-2?accountid=37408>.

Khurshid, M.B., Qureshi, N.A., Hussain, A. et al. (2019). Mejora de las propiedades de asfalto de mezcla caliente (HMA) utilizando polímeros de desecho. Disponible en la dirección: <https://doi.org/10.1007/s13369-019-03748-3>

BADEJO, AA et al. (2017) Residuos plásticos como modificadores de resistencia en asfalto para un medio ambiente sostenible. *AJSTID: Revista africana de ciencia, tecnología, innovación y desarrollo [sl]* , v. 9, n. 2, pág. 173-177, 2017. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoah&AN=41945671&lang=es&site=ehost-live>.

SREERAM, A. et al. (2018) Materiales de pavimentación ecológicos que utilizan residuos de PET y pavimento asfáltico recuperado. *Transacciones HKIE* , [sl] , v. 25, n. 4, pág. 237–247, 2018. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoah&AN=48992047&lang=es&site=ehost-live>.

Al-Haydari IS, Al-Haidari HS. (2019). Propiedades mecánicas de la mezcla de pavimento modificado con tereftalato de polietileno. Disponible en la dirección: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoah&AN=53888395&lang=es&site=ehost-live>.

RAMÍREZ LÓPEZ, D. et al. (2014). Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.B9B9E159&Lang=es&site=eds-live>

ELÍAS CHERO, Z. M. (2017) Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico. Universidad César Vallejo; Repositorio Institucional - UCV, [s. l.], 2017. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.650E677C&lang=es&site=eds-live>

PONCE SUBIA, C. F.; VILLA CALVET, C. A. (2020). Análisis comparativo de características y propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente adicionada con fibras de polipropileno respecto a una mezcla asfáltica en caliente adicionada con fibras de polipropileno respecto a una mezcla asfáltica en caliente convencional, empleando los agregados de la cantera: La Poderosa de la provincia de Arequipa. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.CC434076&lang=es&site=eds-live>

SAAVEDRA CORTEZ, R.; YPANAQUE GÓMEZ, R. Y. (2018). Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall – 2018. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.CE3D529D&lang=es&site=eds-live>

DIEGO JOVELLS, F. J. (2016) Estudio técnico experimental de hormigones con fibras de polipropileno, fibras metálicas y áridos reciclados para su utilización en pavimentos de baja intensidad de tráfico. [s. l.], 2016. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&AN=edsair.od.....1560.8efcbcb046796612abb614e329d32a6&lang=es&site=eds-live>.

Rodríguez F. (2018). Análisis de Pavimento Asfáltico Modificado con Polímero. Disponible en la dirección: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/sources/bmfciw961a.pdf>

BRASILEIRO, L. et al. (2019) Polímeros recuperados como modificadores de aglutinantes de asfalto para carreteras más sostenibles: una revisión. [s.l] , 2019. DOI 10.3390 / su11030646. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.6E1B54D7&lang=es&site=eds-live>.

D. MOVILLA-QUESADA; AC RAPOSEIRAS; J. OLAVARRÍA (2019) Efectos del tereftalato de polietileno reciclado (PET) sobre la rigidez de las mezclas asfálticas calientes. Avances en Ingeniería Civil, [s.l], v. 2019, 2019. DOI 10.1155 / 2019/6969826. Disponible:<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.143f1acc888e4de3b3fa2fe17220b721&lang=es&site=eds-live>.

Coicué, L. y Sepulveda, C. (2017). Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente. Disponible:<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.4071FFC5&5lang=es&site=eds-live>

Espinoza, S. (2018). Utilización del plástico PET reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de Huánuco, 2018.

Disponible:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.750061DF&lang=es&site=eds-live>

Ballena, C. (2016). Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas.81BE72B6&lang=es&site=eds-live>

MONROY HERNÁNDEZ, I. (2019) USO DEL POLÍMERO DE TEREFALATO DE POLIETILENO PARA DISMINUIR LA DEFORMACIÓN DE LOS PAVIMENTOS. (Spanish). Congreso Internacional de Investigación Academia Journals, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 1903–1907, 2019. Disponible: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=140758872&lang=es&site=eds-live>.

Chero, E. (2017). Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.650E677C&lang=es&site=eds-live>

Curo, A. y Lizarraga, S. (2017). Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas y parámetros volumétricos de un concreto asfáltico con partículas de polipropileno en porcentajes variables en función al peso de la mezcla asfáltica, elaborados con los agregados de la región Cusco, cemento asfáltico tipo convencional PEN 85/100 y filler respecto a un concreto asfáltico tradicional. Cusco: Universidad Andina del Cusco, Ingeniería Civil, 2017.

Dávalos, R. (2017). Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: Poliestireno expandido. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.

Landinez, A. (2017). Análisis físico – mecánico de mezcla densas en caliente MDC – 19 con adición de tiras de geotextil de 1 cm. Colombia – Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, Ingeniería Civil.

Mejia, C. (2018). Estado del arte de mezcla asfáltica modificadas en los últimos 10 años: Colombia – Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, Ingeniería Civil.

ASSHTO M. las características principales de la base proporciona Resistencia excesiva y absorbe las tensiones del tráfico. (Pág. 5-147).

ASSHTO (1993); La subrasante es la asistencia natural preparada, compactada para cimentar un pavimento. (Pág. 4).

ASTM D1883. (2009). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory - Compacted Soil (Annual book of ASTM Standards Vol. 04.08 Ed.). EEUU.

EG-2013. (2013). Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (Vol. I). Lima: MTC.

GLOSARIO vial, 2. (2013). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima: MTC.

Método de Diseño AASHTO. (1993) (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (20013). Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Perú.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras diseño Geométrico. Perú.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). Manual de carreteras diseño Geométrico. Perú.

Road makers turn to recycled plastic for tougher surfaces, (The economist, 2021).

Plástico Reciclado de botellas servirá como pavimento de carreteras (Plast Perú, 2020). Disponible en: <http://expoplastperu.com/plastnews/plastico-reciclado-de-botellas-servira-como-pavimento-de-carreteras-52/>

Residuos plásticos para la construcción de carreteras (EADIC, 2020). Disponible en: <https://www.eadic.com/residuos-de-plastico-para-la-construccion-de-carreteras/>

Metodología de la Investigación "Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, Pilar Baptista Lucio"( Metodología de la Investigación) Disponible en: <https://institutoprofesionalmr.org/wp-content/uploads/2018/04/Hern%C3%A1ndez-Fern%C3%A1ndez-Baptista-2010-Metodologia-de-la-Investigacion-5ta-edicion.pdf>

El reciclaje del plástico (Recytrans). Disponible en: <https://www.recytrans.com/blog/el-reciclaje-del-plastico/>

Polímeros: generalidades y tendencias de investigación en Colombia. Disponible: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2254375&lang=es&site=eds-live>.

## ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

| Variables               | Definición conceptual  | Definición operacional  | Dimensiones                                     | Indicadores        | Escala de medición |
|-------------------------|--|---|---|--------------------|--------------------|
| PET reciclado           | El PET es un polímero de condensación termoplástico y material muy usado para producir una gran diversidad de envases de bebida, como los refrescos fibras y textiles (Navarro, 2017)            | Este polímero es incorporado a la mezcla asfáltica y posteriormente se miden las propiedades mecánicas a través de los ensayos de laboratorio (0%, 3%, 5% y 7%) | Dosificaciones (% peso) PET reciclado           | 0%, 3%, 5%, 7%     | Nominal            |
| Polipropileno reciclado | Es un polímero que minimiza el agrietamiento durante la contracción en estado plástico. Durante la mezcla esta se esparce uniformemente formando una red tridimensional muy uniforme(Sika, 2016) | La proporción de fibras de polipropileno es empleado en el pavimento flexible al 0%, 3%, 5% y 7% con relación al volumen de la mezcla asfáltica.                | Dosificaciones (% peso) Polipropileno reciclado | 0%, 3%, 5%, 7%     |                    |
| Resistencia             | Es el esfuerzo máximo que un material puede soportar bajo una carga de aplastamiento. (MTC – 2018)   | Se realiza en probetas cilíndricas, a fin de conocer su comportamiento ante fuerzas o cargas de comprensión.  | Resistencia a la comprensión                    | Kg/cm <sup>2</sup> | Nominal            |
| Impermeabilidad         | El pavimento impermeable es una mezcla con un asentamiento cercano o igual a cero que no permite el paso del agua u otra liquidez. (MTC – 2018)  | Las diversas propiedades del pavimento flexible dependen especialmente del porcentaje de vacíos contenido en la mezcla asfáltica.                               | Porcentaje de vacíos                            | %                  |                    |
| Flexión                 | Es la propiedad que se manifiesta como esfuerzos ocurridos justo antes de ceder en una prueba de flexión. (MTC-2018)   | Esfuerzo antes de que se agriete o se rompa una muestra en un ensayo de flexión.  | Flujo   | mm                 |                    |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Husos granulométricos específicos Tabla 423.03

| N° de 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 |
| 0.425 mm (N° 40)  | 14-25               | 17-28  | 16-29 |
| 0.180 mm (N° 80)  | 8-17                | 8-17   | 9-19  |
| 0.075 mm (N° 200) | 4-8                 | 4-8    | 5-10  |

Anexo 3. Tabla de granulometrías ASTM D 3515

| N° de Tamiz      | Tamaño Máximo Nominal |            |            |               |            |        |
|------------------|-----------------------|------------|------------|---------------|------------|--------|
|                  | 50.0<br>mm            | 37.5<br>mm | 25.0<br>mm | 19.0<br>mm    | 12.5<br>mm | 9.5 mm |
|                  | 2.0"                  | 1 1/2"     | 1"         | 3/4"          | 1/2"       | 3/8"   |
| 63.0 mm (2 1/2") | 100                   |            |            |               |            |        |
| 50.0 mm (2")     | 90-100                | 100        |            |               |            |        |
| 37.5 mm (1 1/2") | ---                   | 90-100     | 100        |               |            |        |
| 25.0 mm (1")     | 60-80                 | ---        | 90-100     | <b>100</b>    |            |        |
| 19.0 mm (3/4")   | ---                   | 56-80      | --         | <b>90-100</b> | 100        |        |
| 12.5 mm (1/2")   | 35-65                 | ---        | 56-80      | ---           | 90-100     | 100    |
| 9.5 mm (3/8")    | ---                   | ---        | ---        | <b>56-80</b>  | ---        | 90-100 |
| 4.75 mm (4)      | 17-47                 | 23-53      | 29-59      | <b>35-65</b>  | 44-74      | 55-85  |
| 2.36 mm (8)      | 10-36                 | 15-41      | 19-45      | <b>23-49</b>  | 28-58      | 32-67  |
| 1.18 mm (16)     | ---                   | ---        | ---        | ---           | ---        | ---    |
| 0.590 mm (30)    |                       | ---        | ---        | ---           | ---        | ---    |
| 0.300 mm (50)    | 3-15                  | 4-16       | 5-17       | <b>5-19</b>   | 5-21       | 7-23   |
| 0.149 mm (100)   | ---                   | ---        | ---        | ---           | ---        | ---    |
| 0.075 mm (200)   | 0-5                   | 0-6        | 1-7        | <b>2-8</b>    | 2-10       | 2-10   |

Anexo 4. Requerimiento de agregados gruesos a utilizar en la mezcla asfáltica

Tabla 423-01

| Ensayos                              | Norma     | Requerimiento      |           |
|--------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                                      |           | Altitud (m.s.n.m.) |           |
|                                      |           | < 3000             | > 3000    |
| Durabilidad (al Sulfato de Magnesio) | MTC E 209 | 18% máx.           | 15% máx.  |
| Abrasión Los Ángeles                 | MTC E 207 | 40% máx.           | 35% máx.  |
| Adherencia                           | MTC E 517 | +95                | +95       |
| Índice de Durabilidad                | MTC E 214 | 35% mín.           | 35% mín.  |
| Partículas chatas y alargadas        | ASTM 4791 | 10% máx.           | 10% máx.  |
| Caras fracturadas                    | MTC E 210 | 85/50              | 90/70     |
| Sales Solubles Totales               | MTC E 219 | 0.5% máx.          | 0.5% máx. |
| Absorción *                          | MTC E 206 | 1.0% máx.          | 1.00 máx. |

Anexo 5. Requerimiento de agregados finos a utilizar en la mezcla asfáltica Tabla 423-02

| Ensayos                              | Norma        | Requerimiento      |             |
|--------------------------------------|--------------|--------------------|-------------|
|                                      |              | Altitud (m.s.n.m.) |             |
|                                      |              | < 3000             | > 3000      |
| Equivalente de Arena                 | MTC E 114    | 60                 | 70          |
| Angularidad del agregado fino        | MTC E 222    | 30                 | 40          |
| Azul de Metileno                     | AASHTO TP 57 | 8% máx.            | 8% máx.     |
| Índice de Plasticidad (malla N°40)   | MTC E 111    | NP                 | NP          |
| Durabilidad (Al Sulfato de Magnesio) | MTC E 209    | ---                | 18.0 % máx. |
| Índice de Durabilidad                | MTC E 214    | 35.0 min.          | 35.0 min.   |
| Índice de Plasticidad (malla N°200)  | MTC E 111    | 4.0 % máx.         | NP          |
| Sales Solubles Totales               | MTC E 219    | 0.5% máx.          | 0.5% máx.   |
| Absorción **                         | MTC E 205    | 0.5% máx.          | 0.5 % máx.  |

Anexo 6. Selección del tipo de cemento asfáltico Tabla 415-01

| <b>Temperatura Media Anual</b>   |                    |                   |                       |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>24°C a mas</b>                | <b>24°C - 15°C</b> | <b>15°C - 5°C</b> | <b>Menos de 5°C</b>   |
| 40-50 ò<br>60-70 ò<br>Modificado | 60-70              | 85-100<br>120-150 | Asfalto<br>Modificado |

Anexo 7. Requisitos Para Mezcla de Concreto Bituminoso Tabla 423.06

| <b>Parámetro de Diseño</b>  | <b>Clase de Mezcla</b>  |                      |                      |
|---|-------------------------|----------------------|----------------------|
|   | <b>Mezcla Tipo A</b>    | <b>Mezcla Tipo B</b> | <b>Mezcla Tipo C</b> |
| 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 VMA                                    | <u>Ver Tabla 423.08</u> |                      |                      |
| 6. Inmersión –Compresión (MTC E 518)                                    |                         |                      |                      |
| 6.1. Resistencia a la compresión Mpa min.                               | 2.1                     | 2.1                  | 1.4                  |
| 6.2. Resistencia retenida % (min)                                       | 75                      | 75                   | 75                   |
| 7. Relación Polvo-Asfalto (2)   | 0.6-1.3                 | 0.6-1.3              | 0.6-1.3              |
| 8. Relación Estabilidad/ Flujo (Kg/cm) (3)                              | 1700-4000               |                      |                      |
| 9. Resistencia conservada en la prueba de tracción directa AASHTO T 283 | 80 min                  |                      |                      |

Anexo 8. Proporciones del Diseño de Mezcla Asfáltica MAC

| PROPORCIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA |                 |
|---|-----------------|
| AGREGADO E INSUMO                           | PORCENTAJES (%) |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70                 | 5.7             |
| AGREGADO GRUESO                             | 38              |
| AGREGADO FINO                               | 62              |
| PET Y POLIPROPILENO                         | 0, 3, 5, 7      |

Anexo 9. Ficha de recolección de datos-Resistencia, impermeabilidad y flexión

| Ficha de recolección de datos |   |           |
|-------------------------------|---|-----------|
| Proyecto                      | Efecto del PET y polipropileno reciclado en la resistencia, impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles |           |
| Ensayo                        | Norma   | Resultado |
| Estabilidad                   | MTC 504   |           |
| Flujo                         | MTC 504   |           |
| Porcentaje de vacios          | MTC 504   |           |

## Anexo 10. Formato Ensayo Marshal

|   |    |              |                     |              |                 |
|---|----|--------------|---------------------|--------------|-----------------|
| <b>PROYECTO:</b><br><b>EFEECTO DEL PET Y POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA, IMPERMEABILIDAD Y FLEXIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES</b> |    |              |                     |              |                 |
| <b>FORMATO</b>  |    |              |                     |              |                 |
| <b>ENSAYO MARSHALL</b>  |    |              |                     |              |                 |
| <b>MTC E - 504 / ASTM D 1559</b>  |    |              |                     |              |                 |
| <b>TRAMO</b>  | :  |              | <b>ING. RESP. :</b> |              |                 |
| <b>MUESTRA</b>  | :  |              | <b>TEC. RESP. :</b> |              |                 |
| <b>MATERIAL</b>   | :  |              | <b>FECHA :</b>      |              |                 |
| <b>UBICACIÓN</b>  | :  |              |                     |              |                 |
| <b>CANTERA</b>  | :  |              |                     |              |                 |
| <b>Marshall - Laboratorio</b>   |    |              |                     |              |                 |
| <b>Nº BRIQUETAS</b>   |    | <b>1</b>     | <b>2</b>            | <b>3</b>     | <b>PROMEDIO</b> |
| <b>ESPECIF.</b>   |    |              |                     |              |                 |
| PORCENTAJE DE GRAVA TRITURADA   |    |              |                     |              |                 |
| PORCENTAJE DE AGREGADO FINO   |    |              |                     |              |                 |
| PORCENTAJE DE FILLER  |    |              |                     |              |                 |
| 1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA   |    |              |                     |              |                 |
| 2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA   |    |              |                     |              |                 |
| 3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA   |    |              |                     |              |                 |
| 4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA  |    |              |                     |              |                 |
| 5) PESO ESPECIFICO DEL C.A  |    |              |                     |              |                 |
| 6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO  |    |              |                     |              |                 |
| 7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO  |    |              |                     |              |                 |
| 8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER   |    |              |                     |              |                 |
| 9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA   |    |              |                     |              |                 |
| 10) PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE  |    |              |                     |              |                 |
| 11) PESO DE LA BRIQ. SATURADA   |    |              |                     |              |                 |
| 12) PESO DE LA BRIQ. EN EL AGUA   |    |              |                     |              |                 |
| 13) VOLUMEN DE LA BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (11-12)  |    |              |                     |              |                 |
| 14) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)  |    |              |                     |              |                 |
| 15) VOLUMEN APORTADO  |    |              |                     |              |                 |
| 16) PESO UNITARIO (10 : 18)   |    |              |                     |              |                 |
| 17) MAX. DENS. TEOR. (RICE)   |    |              |                     |              |                 |
| 18) % VACIOS = 100 (20-19)/ 20  |    |              |                     |              |                 |
| 19) ESTABILIDAD SIN CORREGIR  |    |              |                     |              |                 |
| 20) FACTOR DE ESTABILIDAD   |    |              |                     |              |                 |
| 21) ESTABILIDAD CORREGIDA (19 x 20) kg  |    |              |                     |              |                 |
| 22) FLUJO   |    |              |                     |              |                 |
| 23) L = 19 (100-1/100) DENSIDAD AP. ARIDOS  |    |              |                     |              |                 |
| 23) DI - 2 + 3 + 4 (P.ESP. PROM. ARIDOS)  |    |              |                     |              |                 |
| $2/6 + 3/7 + 4/8$   |    |              |                     |              |                 |
| 25) V.M.A = 100 (27-26)/27  |    |              |                     |              |                 |
| 26) VACIOS LLENADOS C.A 1 x 19 x 1 VMA  |    |              |                     |              |                 |
| 27) FLUENCIA (mm) <span style="float: right;">D:</span>   |    |              |                     |              |                 |
| 28) ESTABILIDAD - FLUJO (21 /27)*10   |    |              |                     |              |                 |
| <b>3 - 5</b>  |    |              |                     |              |                 |
| <b>Min. 815</b>   |    |              |                     |              |                 |
| <b>8 - 14</b>   |    |              |                     |              |                 |
| <b>Min. 14</b>  |    |              |                     |              |                 |
| <b>2.0 - 4.0</b>  |    |              |                     |              |                 |
| <b>1700 - 4000</b>  |    |              |                     |              |                 |
| <b>OBSERVACIONES :</b>  |    |              |                     |              |                 |
| Elaborado por   |    | Revisado por |                     | Aprobado por |                 |
| Nombre:   |    | Nombre:      | D:                  | Nombre:      | D:              |
|   | M: |              | M:                  |              | M:              |
| Firma:  | A: | Firma:       | A:                  | Firma:       | A:              |

## Anexo 11: Caracterización de los materiales

- **Caracterización agregado grueso**

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**  
(NTP 400.021, MTC E 206)

|                    |  |                                |  |
|--------------------|--|--------------------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |  |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |  |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |  |
| <b>MATERIAL</b>    | : Grava Chancada T. Máx. 3/4"  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |  |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Danie   | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |  |

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MUESTRA** : M-01

| AGREGADO GRUESO |   |       |        |              |
|-----------------|---|-------|--------|--------------|
| A               | Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)    | 894.6 | 1026.5 |              |
| B               | Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)    | 559.8 | 639.9  |              |
| C               | Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)     | 334.8 | 386.6  |              |
| D               | Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr) | 889.8 | 1021.0 |              |
| E               | Vol. de masa = C - ( A - D ) (gr)           | 330.0 | 381.1  | PROMEDIO     |
|                 | Pe bulk ( Base seca ) = D/C                 | 2.658 | 2.641  | 2.650        |
|                 | Pe bulk ( Base saturada ) = A/C             | 2.672 | 2.655  | 2.664        |
|                 | Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E             | 2.696 | 2.679  | <b>2.688</b> |
|                 | % de absorción = (( A - D ) / D * 100 )     | 0.54  | 0.53   | <b>0.54%</b> |

**Observaciones :**



**CONCHA DIAZ SALVEDRA**  
TÉCNICO LABORATORISTA



**SEGUNDO FLORES**  
INGENIERO



- Durabilidad al sulfato de magnesio

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO

(NTP 400.016, MTC E-209)

|                    |  |                               |
|--------------------|--|-------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                               |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                               |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.:</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | : Grava Chancada T. Máx. 3/4"  | <b>TEC. LAB.:</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA:</b> Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

| FRACCION       |         | GRADACION ORIGINAL % |            | Peso de fracción ensayada | Peso retenido después del ensayo | Pérdida después del ensayo (gr) | Pérdida después del ensayo (%) | Pérdida corregida |
|----------------|---------|----------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| PASA           | RETIENE | Peso retenido        | % retenido |                           |                                  |                                 |                                |                   |
|                |         |                      | A          | B                         | C                                | D                               | E                              | F                 |
| 2 1/2"         | 2"      |                      |            |                           |                                  |                                 |                                |                   |
| 2"             | 1 1/2"  |                      |            |                           |                                  |                                 |                                |                   |
| 1 1/2"         | 1"      |                      |            |                           |                                  |                                 |                                |                   |
| 1"             | 3/4"    |                      |            |                           |                                  |                                 |                                |                   |
| 3/4"           | 1/2"    | 3512.0               | 47.9       | 675.0                     | 650.8                            | 24.2                            | 3.6                            | 1.72              |
| 1/2"           | 3/8"    | 1808.0               | 24.6       | 300.0                     | 261.5                            | 38.5                            | 12.8                           | 3.16              |
| 3/8"           | N° 4    | 2016.0               | 27.5       | 300.0                     | 259.6                            | 40.4                            | 13.5                           | 3.70              |
|                | < N° 4  |                      |            |                           |                                  |                                 |                                |                   |
| <b>TOTALES</b> |         | 7336.0               | 100.0      | 1275.0                    |                                  |                                 |                                | 8.6               |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
César A. Díaz Sáavedra  
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Blasco Fernández  
ING. CIVIL  
REG. CUR. 165078



- Ensayo de abrasión

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES ) (NTP 400.019, MTC E - 207)

|                    |  |                   |                 |
|--------------------|--|-------------------|-----------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                 |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                 |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | S.B.F.          |
| <b>MATERIAL</b>    | Grava Chancada T. Máx. 3/4"  | <b>TEC. LAB.</b>  | C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

| TAMIZ                       |         | A | B    | C | D |
|-----------------------------|---------|---|------|---|---|
| PASA                        | RETIENE |   |      |   |   |
| 2"                          | 1 1/2"  |   |      |   |   |
| 1 1/2"                      | 1"      |   |      |   |   |
| 1"                          | 3/4"    |   |      |   |   |
| 3/4"                        | 1/2"    |   | 2500 |   |   |
| 1/2"                        | 3/8"    |   | 2500 |   |   |
| 3/8"                        | 1/4"    |   |      |   |   |
| 1/4"                        | N°4     |   |      |   |   |
| N°4                         | N°8     |   |      |   |   |
| PESO TOTAL                  |         |   | 5000 |   |   |
| PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12 |         |   | 3845 |   |   |
| PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO  |         |   | 1155 |   |   |
| N° DE ESFERAS               |         |   | 11   |   |   |
| PESO DE LAS ESFERAS         |         |   | 4532 |   |   |
| TIEMPO DE ROTACIONES (m)    |         |   | 15   |   |   |
| <b>% DE DESGASTE</b>        |         |   | 23.1 |   |   |

Observaciones:

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
César Díaz Stevedra  
TECNICO LABORATORISTA

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
Secundino Blazquez Fernandez  
ING. CIVIL  
REG. CHI 48978



- Ensayo de afinidad agregado-bitumen

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Russo Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**ENSAYOS DE AFINIDAD - AGREGADO - BITUMEN**

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE ADHERENCIA (ASTM D 1064)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------|--|
| <b>PROYECTO</b> : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>DESCRIPCION</b> : Cemento Asfalto Pen 60/70   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>CANTERA</b> : Tres Tomas - Ferreñafe  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>MATERIAL</b> : Grava Chancada T. Máx. 3/4"  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>SOLICITANTE</b> : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |  |

| MATERIAL        | METODO DE ENSAYO | ESPECIFICACION | ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA |        |        |        |        |        |        |        | ASFALTO TEMPERATURA DE ENSAYO °C | ENSAYO SIN ADITIVO | ENSAYO CON ADITIVO |   |
|-----------------|------------------|----------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|--------------------|--------------------|---|
|                 |                  |                | % 0.30                          | % 0.40 | % 0.50 | % 0.60 | % 0.70 | % 0.80 | % 0.90 | % 1.00 |                                  |                    |                    |   |
| Piedra chancada | MTC E 519        | +95            | -                               | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -                                | 90°                | -95                | - |

Observaciones : **LOS VALORES INDICAN PORCENTAJES DE ADHERENCIA DESPUES DEL ENSAYO LA ADHERENCIA PASIVA ESTA REFERIDA AL PORCENTAJE DE REVESTIMIENTO OBSERVADO LUEGO DE CULMINADO EL ENSAYO**



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Russo Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**ENSAYOS DE AFINIDAD - AGREGADO - BITUMEN**

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE ADHERENCIA (ASTM D 1064)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------|--|
| <b>PROYECTO</b> : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>DESCRIPCION</b> : Cemento Asfalto Pen 60/70   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>CANTERA</b> : Tres Tomas - Ferreñafe  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>MATERIAL</b> : Grava Chancada T. Máx. 3/4"  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
| <b>SOLICITANTE</b> : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |  |

| MATERIAL        | METODO DE ENSAYO | ESPECIFICACION | ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA |        |        |        |        |        |        |        | ASFALTO TEMPERATURA DE ENSAYO °C | ENSAYO SIN ADITIVO | ENSAYO CON ADITIVO |     |
|-----------------|------------------|----------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|--------------------|--------------------|-----|
|                 |                  |                | % 0.30                          | % 0.40 | % 0.50 | % 0.60 | % 0.70 | % 0.80 | % 0.90 | % 1.00 |                                  |                    |                    |     |
| Piedra chancada | MTC E 519        | +95            | -                               | -      | 0.50   | -      | -      | -      | -      | -      | -                                | 90°                | -                  | +95 |

Observaciones : **LOS VALORES INDICAN PORCENTAJES DE ADHERENCIA DESPUES DEL ENSAYO LA ADHERENCIA PASIVA ESTA REFERIDA AL PORCENTAJE DE REVESTIMIENTO OBSERVADO LUEGO DE CULMINADO EL ENSAYO**



- Índice de durabilidad agregado grueso

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

**INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO**  
(MTC E214)

|                    |  |                   |                   |
|--------------------|--|-------------------|-------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                   |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Astáltico Pen 60/70  |                   |                   |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | : S.B.F.          |
| <b>MATERIAL</b>    | : Grava Chancada T. Máx. 3/4"  | <b>TEC. LAB.</b>  | : C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gorzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | : Septiembre 2021 |

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MUESTRA** : M-01

**DATOS DEL ENSAYO**

| TAMAÑOS DE MALLAS |          |  |            | Muestra    | Agitación Muestra | Contenido de        |
|-------------------|----------|--|------------|------------|-------------------|---------------------|
| PASA              | RETENIDO |  | PESO (gr.) | Peso (gr.) | (10 minutos)      | Agua Destilada (ml) |
| 3/4"              | 1/2"     |  | 1070       | 1060       | 10'               | 1000.0              |
| 1/2"              | 3/8"     |  | 570        | 560        |                   |                     |
| 3/8"              | N° 4     |  | 910        | 900        |                   |                     |

| DESCRIPCION                                | IDENTIFICACION |             |             |
|--|----------------|-------------|-------------|
| N° DE ENSAYO                               | 1              | 2           | Promedio    |
| Hora de entrada a decantación              | 11:23          | 11:25       |             |
| Hora de salida de decantación (mas 20')    | 11:43          | 11:45       |             |
| Altura máxima de material fino (pulg.0.1") | 1.81           | 1.82        |             |
| Índice de Durabilidad (De la tabla)        | <b>56.3</b>    | <b>55.0</b> | <b>55.7</b> |

**Observaciones :**

César A. Díez Silveira  
TÉCNICO LABORATORISTA

Secundino Blandino Fernández  
REG. C.º. 15276



- **Porcentaje de partículas chatas y alargadas en los agregados**

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

**PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS**  
(NTP 400.040, MTC 223)

|                    |  |                   |                 |
|--------------------|--|-------------------|-----------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                 |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                 |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | S.B.F.          |
| <b>MATERIAL</b>    | Grava Chancada T. Máx. 3/4"  | <b>TEC. LAB.</b>  | C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | Septiembre 2021 |

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MUESTRA** : M-01

**INDICE DE APLANAMIENTO ( PARTICULAS CHATAS ) :**

| TAMAÑO DEL AGREGADO                             |                   | DATOS DEL ENSAYO  |                   |                                 |                    |                               |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| PASA TAMIZ                                      | RETENIDO EN TAMIZ | MUESTRA TOTAL (g) | PARTICULAS CHATAS | PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE PARTICULAS CHATAS |
| 1 1/2"  | 1"                |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 1"  | 3/4"              |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 3/4"  | 1/2"              | 3512.0            | 92.0              | 2.62                            | 66.0               | 173                           |
| 1/2"  | 3/8"              | 1808.0            | 98.0              | 5.42                            | 34.0               | 184                           |
|   |                   | <b>5320.0</b>     |                   |                                 | <b>100.0</b>       | <b>357</b>                    |
| <b>PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS ( ΣE / ΣD )</b> |                   |                   |                   | <b>= 3.6 %</b>                  |                    |                               |

**INDICE DE ALARGAMIENTO (PARTICULAS ALARGADAS) :**

| TAMAÑO DEL AGREGADO                                 |                   | DATOS DEL ENSAYO  |                      |                                    |                    |                                  |
|---|-------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| PASA TAMIZ  | RETENIDO EN TAMIZ | MUESTRA TOTAL (g) | PARTICULAS ALARGADAS | PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE PARTICULAS ALARGADAS |
| 1 1/2"  | 1"                |                   |                      |                                    |                    |                                  |
| 1"  | 3/4"              |                   |                      |                                    |                    |                                  |
| 3/4"  | 1/2"              | 3512.0            | 84.0                 | 2.39                               | 66.0               | 158                              |
| 1/2"  | 3/8"              | 1808.0            | 91.0                 | 5.03                               | 34.0               | 171                              |
|   |                   | <b>5320.0</b>     |                      |                                    | <b>100.0</b>       | <b>329</b>                       |
| <b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (ΣE / ΣD)</b> |                   |                   |                      | <b>= 3.3 %</b>                     |                    |                                  |

**% PARTICULAS CHATAS + % PARTICULAS ALARGADAS = 6.9**

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**César A. Díaz Sotvedra**  
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Secundino Blasco Fernández**  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 18327a



- Partículas fracturadas en el agregado grueso

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

### PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO

(MTC E210-2000)

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | : Grava Chancada T. Máx. 3/4"  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

#### A.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS:

##### DATOS DEL ENSAYO

| TAMAÑO DEL AGREGADO                                |                   | MUESTRA TOTAL (g) | CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| PASA TAMIZ   | RETENIDO EN TAMIZ |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 1 1/2"   | 1"                |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 1"   | 3/4"              |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 3/4"   | 1/2"              | 3512.0            | 3512.0            | 100.00                          | 66.0               | 6602                          |
| 1/2"   | 3/8"              | 1808.0            | 1808.0            | 100.00                          | 34.0               | 3398                          |
|  |                   | <b>5320.0</b>     |                   |                                 | <b>100.0</b>       | <b>10000</b>                  |
| <b>% DE DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (ΣE / ΣD )</b> |                   |                   |                   | <b>= 100.0 %</b>                |                    |                               |

#### B.- CON UNA CARA FRACTURADA:

##### DATOS DEL ENSAYO

| TAMAÑO DEL AGREGADO                                  |                   | MUESTRA TOTAL (g) | CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| PASA TAMIZ   | RETENIDO EN TAMIZ |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 1 1/2"   | 1"                |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 1"   | 3/4"              |                   |                   |                                 |                    |                               |
| 3/4"   | 1/2"              | 3512.0            | 3512.0            | 100.00                          | 66.0               | 6602                          |
| 1/2"   | 3/8"              | 1808.0            | 1808.0            | 100.00                          | 34.0               | 3398                          |
|  |                   | <b>5320.0</b>     |                   |                                 | <b>100.0</b>       | <b>10000</b>                  |
| <b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (ΣE / ΣD )</b> |                   |                   |                   | <b>= 100.0 %</b>                |                    |                               |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**César A. Díaz-SBBVedra**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Secundino Buzza Fernandez**  
 ING. CIVIL



- Contenido de sales solubles en los suelos

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

(NTP 339.152, MTC E 219)

|                    |  |                     |                 |
|--------------------|--|---------------------|-----------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                     |                 |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                     |                 |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB. :</b> | S.B.F.          |
| <b>MATERIAL</b>    | Grava Chancada T. Máx. 3/4"  | <b>TEC. LAB. :</b>  | C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA :</b>      | Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

| MUESTRA                                | IDENTIFICACION |        |  |  | Promedio |
|--|----------------|--------|--|--|----------|
|  | 1              | 2      |  |  |          |
| (1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. ) Pyres | 131.46         | 146.84 |  |  |          |
| (2) Peso Tarro + agua + sal            | 176.02         | 197.84 |  |  |          |
| (3) Peso Tarro Seco + sal              | 131.48         | 146.87 |  |  |          |
| (4) Peso de Sal (3 -1)                 | 0.02           | 0.03   |  |  |          |
| (5) Peso de Agua ( 2-3 )               | 44.56          | 51.00  |  |  |          |
| (6) Porcentaje de Sal                  | 0.04 %         | 0.05 % |  |  | 0.05 %   |

**Observaciones :**

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 César A. Díaz Saavedra  
 TÉCNICO LABORATORISTA

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Buzza Fernandez  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 159278



- **CARACTERIZACIÓN AGREGADO FINO**

- *Gravedad específica y absorción de los agregados*

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

## GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 205)

|                    |  |                   |                   |
|--------------------|--|-------------------|-------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                   |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                   |
| <b>MATERIAL</b>    | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | : S.B.F.          |
| <b>PROCEDENCIA</b> | : Arena Chancada + Arena Zarandeada  | <b>TEC. LAB.</b>  | : C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | : Septiembre 2021 |

### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

### AGREGADO FINO

| A | Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr) | 300.0  | 300.0  |              |
|---|---|--------|--------|--------------|
| B | Peso Frasco + agua                        | 691.5  | 694.8  |              |
| C | Peso Frasco + agua + A (gr)               | 991.5  | 994.8  |              |
| D | Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)    | 875.5  | 878.5  |              |
| E | Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)     | 116    | 116.3  |              |
| F | Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)   | 295.97 | 295.98 |              |
| G | Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)          | 112.0  | 112.3  | PROMEDIO     |
|   | Pe bulk ( Base seca ) = F/E               | 2.551  | 2.545  | 2.548        |
|   | Pe bulk ( Base saturada ) = A/E           | 2.586  | 2.580  | 2.583        |
|   | Pe aparente ( Base Seca ) = F/G           | 2.643  | 2.636  | <b>2.640</b> |
|   | % de absorción = ((A - F)/F)*100          | 1.36   | 1.36   | <b>1.36%</b> |

**Observaciones :**

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Cesar A. Diaz Saavedra**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Secundino Burgos Fernandez**  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 16927B



- Equivalente de arena

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### EQUIVALENTE DE ARENA (NTP 339.146, MTC E 114)

|                    |  |  |                                |
|--------------------|--|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |  |                                |
| <b>MATERIAL</b>    | : Tres Tomas - Ferreñafe   |  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>PROCEDENCIA</b> | : Arena Chancada + Arena Zarandeada  |  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jnon Felix - Sotero Yengie Christian<br>: Daniel   |  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

| MUESTRA                           | 01    | 02    | 03    |  |  |  |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|--|--|--|
| HORA DE ENTRADA                   | 02:36 | 02:38 | 02:40 |  |  |  |
| HORA DE SALIDA                    | 02:46 | 02:48 | 02:50 |  |  |  |
| HORA DE ENTRADA                   | 02:48 | 02:50 | 02:52 |  |  |  |
| HORA DE SALIDA                    | 03:08 | 03:10 | 03:12 |  |  |  |
| ALTURA DE NIVEL MATERIAL FINO (A) | 5.3   | 5.4   | 5.3   |  |  |  |
| ALTURA DE NIVEL ARENA (B)         | 3.5   | 3.6   | 3.5   |  |  |  |
| EQUIVALENTE DE ARENA (B x 100/A)  | 66.0% | 66.7% | 66.0% |  |  |  |
| PROMEDIO:                         | 66%   |       |       |  |  |  |

**Observaciones :**

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Cesar A. Diaz Saavedra  
 TECNICO LABORATORISTA

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Buzza Fernandez  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP 150278



- Angularidad del agregado fino

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

(MTC E 222)

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>MATERIAL</b>    | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>PROCEDENCIA</b> | : Arena Chancada + Arena Zarandeada  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

|                |        |
|----------------|--------|
| <b>MUESTRA</b> | : M-01 |
|----------------|--------|

#### DATOS DEL ENSAYO

| ENSAYO                               | Nº              | 1      | 2      | 3      |
|--------------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|
| PESO DEL AGREGADO FINO + MOLDE       | gr.             | 250.50 | 249.50 | 248.50 |
| PESO DEL MOLDE                       | gr.             | 108.60 | 108.60 | 108.60 |
| PESO DEL AGREGADO FINO               | (w)             | 141.90 | 140.90 | 139.90 |
| VOLUMEN DEL CILINDRO                 | (v)             | 105.29 | 105.29 | 105.29 |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO | G <sub>sp</sub> | 2.640  | 2.640  | 2.640  |
| VACÍOS NO COMPACTADOS                | %               | 48.9   | 49.3   | 49.7   |
|                                      |                 |        |        |        |
|                                      |                 |        |        |        |
|                                      |                 |        |        |        |
|                                      |                 |        |        |        |
|                                      |                 |        |        |        |
| <b>PROMEDIO</b>                      | %               | 49.3   |        |        |

Observaciones :

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 César A. Díaz Saavedra  
 TÉCNICO LABORATORISTA

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Burgos Fernández  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP 189378



- Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES. (NORMA ASSHTO TP 57)

|                    |  |                   |                   |
|--------------------|--|-------------------|-------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                   |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                   |
| <b>MATERIAL</b>    | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | : S.B.F.          |
| <b>PROCEDENCIA</b> | : Arena Chancada + Arena Zarandeada  | <b>TEC. LAB.</b>  | : C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | : Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

| MUESTRA   | 1      | 2    | 3    | PROMEDIO (mg/gr) |  |
|---|--------|------|------|------------------|--|
| :   |        |      |      |                  |  |
| PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (gr)                  | : 11.0 | 11.0 | 11.0 |                  |  |
| AGUA DESTILADA (ml)                                       | : 30.0 | 30.0 | 30.0 |                  |  |
| PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA                | : 41.0 | 41.0 | 41.0 |                  |  |
| SOLUCION AZUL DE METILENO                                 | : 0.5  | 0.5  | 0.5  |                  |  |
| SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml) | : 42.5 | 44.0 | 44.0 |                  |  |
| VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)                         | : 1.93 | 2.00 | 2.00 | <b>1.98</b>      |  |

Observaciones:

  
E.M.P. ASFALTOS  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Cesar A. Diaz Saavedra  
TECNICO LABORATORISTA

  
E.M.P. ASFALTOS  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Buzza Fernandez  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 119278



- Límites de consistencia material pasante de la malla N°40

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°40 (NTP 339.129, MTC E - 110, MTC E 111)

|                    |  |                   |                 |
|--------------------|--|-------------------|-----------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                 |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                 |
| <b>MATERIAL</b>    | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | S.B.F.          |
| <b>PROCEDENCIA</b> | Arena Chancada + Arena Zarandeada  | <b>TEC. LAB.</b>  | C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | Septiembre 2021 |

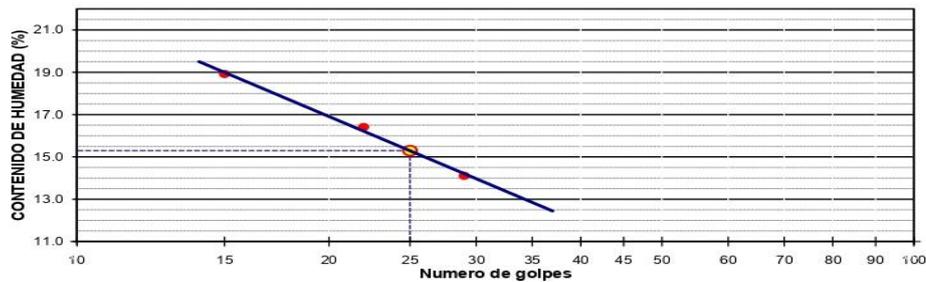
#### DATOS DE LA MUESTRA

|                |      |
|----------------|------|
| <b>MUESTRA</b> | M-01 |
|----------------|------|

#### DATOS DE ENSAYO

| LIMITE LIQUIDO       |             |          |             |             |
|----------------------|-------------|----------|-------------|-------------|
| N° TARRO             | 6           | 24       | 45          |             |
| TARRO + SUELO HUMEDO | 29.56       | 33.29    | 35.48       |             |
| TARRO + SUELO SECO   | 27.28       | 30.86    | 33.26       |             |
| AGUA                 | 2.28        | 2.43     | 2.22        |             |
| PESO DEL TARRO       | 15.23       | 16.05    | 17.52       |             |
| PESO DEL SUELO SECO  | 12.05       | 14.81    | 15.74       |             |
| % DE HUMEDAD         | 18.92       | 16.41    | 14.10       |             |
| N° DE GOLPES         | 15          | 22       | 29          |             |
| LIMITE PLASTICO      |             |          |             |             |
| N° TARRO             |             |          |             |             |
| TARRO + SUELO HUMEDO |             |          |             |             |
| TARRO + SUELO SECO   |             |          |             |             |
| AGUA                 |             |          |             |             |
| PESO DEL TARRO       |             |          |             |             |
| PESO DEL SUELO SECO  |             |          |             |             |
| % DE HUMEDAD         |             |          |             |             |
| <b>LL :</b>          | <b>15.3</b> | <b>%</b> | <b>LP :</b> | <b>NP %</b> |
| <b>IP :</b>          | <b>NP</b>   | <b>%</b> | <b>IP :</b> | <b>NP %</b> |

#### % DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Cesar A. Diaz Salvadora**  
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Secundino Buzza Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CIP 189278



- Índice de durabilidad agregado fino

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO

(MTC E 214)

|                    |  |  |                                |
|--------------------|--|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |  |                                |
| <b>MATERIAL</b>    | : Tres Tomas - Ferreñafe   |  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>PROCEDENCIA</b> | : Arena Chancada + Arena Zarandeada  |  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

|                |        |
|----------------|--------|
| <b>MUESTRA</b> | : M-01 |
|----------------|--------|

#### DATOS DEL ENSAYO

| TAMAÑOS DE MALLAS |          |  |            | Agitación Muestra | Contenido de        | Muestra Lata |
|-------------------|----------|--|------------|-------------------|---------------------|--------------|
| PASA              | RETENIDO |  | PESO (gr.) | (10 minutos)      | Agua Destilada (ml) | (ml.)        |
| # 4               | N°200    |  | 500        |                   | 1000.0              | 85           |

| DESCRIPCION   | IDENTIFICACION |             |             |
|---|----------------|-------------|-------------|
| N° DE ENSAYO  | 1              | 2           | Promedio    |
| Hora de entrada a saturación                        | 03:16          | 03:18       |             |
| Hora de salida de saturación (mas 10')              | 03:26          | 03:28       |             |
| Hora de entrada a decantación                       | 03:28          | 03:30       |             |
| Hora de salida de decantación (mas 20')             | 03:48          | 03:50       |             |
| Altura máxima de la arcilla (pulg.0.1")             | 5.30           | 5.40        |             |
| Altura máxima de la arena (pulg.0.1")               | 3.23           | 3.23        |             |
| Índice de Durabilidad (Df = L.arena/L.arcilla*100 ) | <b>60.9</b>    | <b>59.8</b> | <b>60.4</b> |

Observaciones :

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
**Cesar A. Diaz Saavedra**  
 TECNICO LABORATORISTA

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**  
**Secundino Buitrago Fernandez**  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 189278



- **Limites de consistencia material pasante de la malla N°200**

# SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

## LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°200

(NTP 339.129 MTC E - 110, MTC E 111)

|                    |  |                                |  |
|--------------------|--|--------------------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |  |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |  |
| <b>MATERIAL</b>    | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |  |
| <b>PROCEDENCIA</b> | Arena Chancada + Arena Zarandeada  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |  |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |  |

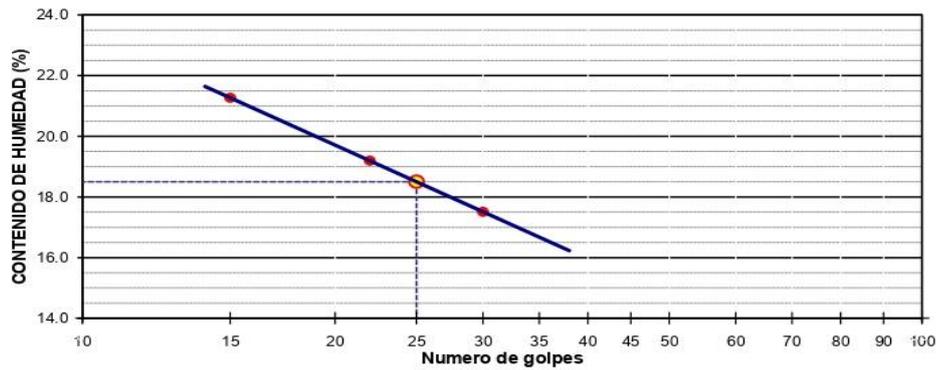
### DATOS DE LA MUESTRA

|                |        |
|----------------|--------|
| <b>MUESTRA</b> | : M-01 |
|----------------|--------|

### DATOS DE ENSAYO

| LIMITE LIQUIDO       |               |             |               |             |              |
|----------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|--------------|
| N° TARRO             | 11            | 16          | 25            |             |              |
| TARRO + SUELO HUMEDO | 38.56         | 35.62       | 32.47         |             |              |
| TARRO + SUELO SECO   | 35.47         | 32.85       | 30.29         |             |              |
| AGUA                 | 3.09          | 2.77        | 2.18          |             |              |
| PESO DEL TARRO       | 20.94         | 18.42       | 17.84         |             |              |
| PESO DEL SUELO SECO  | 14.53         | 14.43       | 12.45         |             |              |
| % DE HUMEDAD         | 21.27         | 19.20       | 17.51         |             |              |
| N° DE GOLPES         | 15            | 22          | 30            |             |              |
| LIMITE PLASTICO      |               |             |               |             |              |
| N° TARRO             | 18            | 5           |               |             |              |
| TARRO + SUELO HUMEDO | 18.45         | 18.36       |               |             |              |
| TARRO + SUELO SECO   | 17.34         | 17.23       |               |             |              |
| AGUA                 | 1.11          | 1.13        |               |             |              |
| PESO DEL TARRO       | 10.23         | 10.00       |               |             |              |
| PESO DEL SUELO SECO  | 7.11          | 7.23        |               |             |              |
| % DE HUMEDAD         | 15.61         | 15.63       |               |             |              |
| <b>LL :</b>          | <b>18.5 %</b> | <b>LP :</b> | <b>15.6 %</b> | <b>IP :</b> | <b>2.9 %</b> |

### % DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Observaciones :

**Cesar A. Diaz Saavedra**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

**Secundino Buzza Fernandez**  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 189278



- Adhesividad de los ligantes bituminosos a los aridos finos

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS

#### (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)

(MTC E 220)

|                    |  |                   |                 |
|--------------------|--|-------------------|-----------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                 |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                 |
| <b>MATERIAL</b>    | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | S.B.F.          |
| <b>PROCEDENCIA</b> | Arena Chancada + Arena Zarandeada  | <b>TEC. LAB.</b>  | C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Danie   | <b>FECHA</b>      | Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

| DENOMINACION                      |       | DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO | RESULTADOS |
|-----------------------------------|-------|---------------------------------|------------|
| AGUA DESTILADA                    |       | 0                               | NULO       |
| Concentración de carbonato sódico | M/256 | 1                               | NULO       |
|                                   | M/128 | 2                               | NULO       |
|                                   | M/64  | 3                               | NULO       |
|                                   | M/32  | 4                               | NULO       |
|                                   | M/16  | 5                               | NULO       |
|                                   | M/8   | 6                               | PARCIAL    |
|                                   | M/4   | 7                               | PARCIAL    |
|                                   | M/2   | 8                               | PARCIAL    |
|                                   | M/1   | 9                               | PARCIAL    |
|                                   |       | <b>PARCIAL:</b>                 | 6          |
|                                   |       | <b>TOTAL:</b>                   | 10         |

Observaciones :

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Cesar A. Diaz Saavedra  
 TECNICO LABORATORISTA

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Buzza Fernandez  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 169279



- Contenido de sales solubles en los suelos

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

(NTP 339.152, MTC E 219)

|                    |  |                   |                   |
|--------------------|--|-------------------|-------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                   |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                   |
| <b>MATERIAL</b>    | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> | : S.B.F.          |
| <b>PROCEDENCIA</b> | : Arena Chancada + Arena Zarandeada  | <b>TEC. LAB.</b>  | : C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | : Septiembre 2021 |

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MUESTRA** : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

| MUESTRA                                | IDENTIFICACION |        |  |  | Promedio |
|--|----------------|--------|--|--|----------|
|  | 1              | 2      |  |  |          |
| (1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. ) Pyres | 57.84          | 67.92  |  |  |          |
| (2) Peso Tarro + agua + sal            | 102.40         | 117.92 |  |  |          |
| (3) Peso Tarro Seco + sal              | 57.88          | 67.96  |  |  |          |
| (4) Peso de Sal ( 3 -1)                | 0.04           | 0.04   |  |  |          |
| (5) Peso de Agua ( 2-3 )               | 44.56          | 50.00  |  |  |          |
| (6) Porcentaje de Sal                  | 0.09 %         | 0.08 % |  |  | 0.08 %   |

**Observaciones :**

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 César A. Díaz Saavedra  
 TÉCNICO LABORATORISTA

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Buzza Fernandez  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 183278



- Arcilla en terrones y partículas desmenuzables

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

### ARCILLA EN TERRONES Y PARTICULAS DESMENUZABLES

(NORMA NTP 400.015, MTC E 212)

|                    |  |                   |                   |
|--------------------|--|-------------------|-------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                   |                   |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                   |                   |
| <b>MATERIAL</b>    | : San Martín y Buener  | <b>RESP. LAB.</b> | : S.B.F.          |
| <b>PROCEDENCIA</b> | : Agregado Global  | <b>TEC. LAB.</b>  | : C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b>      | : Septiembre 2021 |

| DATOS DE LA MUESTRA |        |
|---------------------|--------|
| <b>MUESTRA</b>      | : M-01 |

| DATOS DEL ENSAYO                        |             |                 |        |     |
|---|-------------|-----------------|--------|-----|
| Peso Inicial de muestra : Agregado Fino | Pasa (3/8") | Retiene (N°04") | 1000.0 | gr. |
| Peso Final de muestra                   |             |                 | 999.8  | gr. |
| Porcentaje de Terrones de arcilla       |             |                 | 0.022  | %   |

Observaciones:

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 César A. Díaz Saavedra  
 TÉCNICO LABORATORISTA

E.M.P. SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Blandin Fernandez  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 109278



# Anexo 11: Diseño de mezcla asfáltica

- Análisis granulométrico de los agregados**

## SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

f Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
t 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

### ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñate   | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | : Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |     |
|------------------|-----|
| Grava Chancada   | 38% |
| Arena Chancada   | 30% |
| Arena Zarandeada | 32% |
| PEN 60/70        |     |

| DATOS ENSAYO |                  |               |                     |                    |                     |                        | DESCRIPCION DE LA MUESTRA   |
|--------------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|---|
| TAMIZ        | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION MAC - 2 |   |
| 1"           | 25.000           |               |                     |                    |                     |                        | <b>TAMAÑO MAXIMO</b> 3/4"<br><b>Peso inicial seco</b> : 10000.0 gr<br><b>Peso fraccion fino</b> : 700.0 gr<br><b>Peso humedo</b> : 900.0 gr<br><b>Peso seco</b> : 890.0 gr<br><b>Humedad</b> : 1.12 % |
| 3/4"         | 19.000           |               |                     |                    | 100.0               | 100                    |   |
| 1/2"         | 12.500           | 1685.0        | 16.9                | 16.9               | 83.2                | 80                     |   |
| 3/8"         | 9.500            | 947.0         | 9.5                 | 26.3               | 73.7                | 70                     |   |
| Nº 4         | 4.750            | 1426.0        | 14.3                | 40.6               | 59.4                | 51                     |   |
| Nº 10        | 2.000            | 189.2         | 16.1                | 56.6               | 43.4                | 38                     |   |
| Nº 40        | 0.425            | 244.6         | 20.8                | 77.4               | 22.6                | 17                     |   |
| Nº 80        | 0.180            | 140.5         | 11.9                | 89.3               | 10.7                | 8                      |   |
| Nº 200       | 0.074            | 48.5          | 4.1                 | 93.4               | 6.6                 | 4                      |   |
| < Nº 200     | FONDO            | 77.2          | 6.6                 | 100.0              |                     | 8                      |   |

**CURVA GRANULOMETRICA**

The graph plots 'Porcentaje que pasa (%)' on the y-axis (0 to 100) against 'Diámetro de las Partículas (mm)' on the x-axis (logarithmic scale from 0.075 to 100). Two curves are shown: a red curve representing the sample and a blue curve representing the specification limits. The sample curve is slightly above the specification curve in the middle range.

**Observaciones :**

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Cesar A. Diaz Saavedra**  
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Secundino Burgos Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CIR. 19978

- Dosificación de concreto asfáltico(4.5%)**

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | : Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |     |
|------------------|-----|
| Grava Chancada   | 38% |
| Arena Chancada   | 30% |
| Arena Zarandeada | 32% |
|                  |     |
| <b>PEN 60/70</b> |     |

| Material                | % Mezcla     | % Diseño     | % Que Pasa el Tamiz |              |              |                |                |             |            |       |        |          |  |  |  |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-------------|------------|-------|--------|----------|--|--|--|
|                         |              |              | 1"                  | 3/4"         | 1/2"         | 3/8"           | Nº 4           | Nº 10       | Nº 40      | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |  |  |  |
| A Grava Triturada       | 40.58        | 38.75        |                     |              |              |                |                |             |            |       |        |          |  |  |  |
| B Arena                 | 59.42        | 56.75        |                     |              |              |                |                |             |            |       |        |          |  |  |  |
| <b>Mezcla</b>           | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>83.2</b>         | <b>73.7</b>  | <b>59.4</b>  | <b>43.4</b>    | <b>22.6</b>    | <b>10.7</b> | <b>6.6</b> |       |        |          |  |  |  |
| <b>Especificaciones</b> | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>80-100</b>       | <b>70-88</b> | <b>51-68</b> | <b>38 - 52</b> | <b>17 - 28</b> | <b>8-17</b> | <b>4-8</b> |       |        |          |  |  |  |

| 1  | Numero de probeta   | #      | 1      | 2      | 3      | Prom.        |
|----|---|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %      | 4.5    | 4.5    | 4.5    |              |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %      | 38.75  | 38.75  | 38.75  |              |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %      | 56.75  | 56.75  | 56.75  |              |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)                             | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |              |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc. | 1.021  | 1.021  | 1.021  |              |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc. | 2.650  | 2.650  | 2.650  |              |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc. | 2.688  | 2.688  | 2.688  | <b>2.669</b> |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc. | 2.548  | 2.548  | 2.548  |              |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc. | 2.640  | 2.640  | 2.640  | <b>2.594</b> |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc. | 0.86   | 0.86   | 0.86   |              |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm.    |        |        |        |              |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr.    | 1204.5 | 1203.0 | 1202.9 |              |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr.    | 1207.8 | 1206.9 | 1208.0 |              |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr.    | 665.5  | 665.9  | 664.0  |              |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.   | 542.3  | 541.0  | 544.0  |              |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc. | 2.221  | 2.224  | 2.211  | <b>2.219</b> |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc. | 2.454  | 2.454  | 2.454  |              |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3*2/(7*8)+(4*2/(9*10)))           | gr/cc. | 2.451  | 2.451  | 2.451  |              |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %      | 9.49   | 9.38   | 9.89   | <b>9.59</b>  |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/((3/7)+(4/9)+(3/11))                 | gr/cc. | 2.624  | 2.624  | 2.624  |              |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(3/11))            | gr/cc. | 2.659  | 2.659  | 2.659  |              |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4) / ((3P-8)+(4P-10))                  | gr/cc. | 2.628  | 2.628  | 2.628  |              |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %      | 0.06   | 0.06   | 0.06   |              |
| 25 | % del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*7/21                       | %      | 80.84  | 80.93  | 80.48  |              |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100*(25+20)                    | %      | 9.67   | 9.68   | 9.63   |              |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %      | 19.16  | 19.07  | 19.52  | <b>19.25</b> |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)                               | %      | 4.45   | 4.45   | 4.45   |              |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %      | 50.48  | 50.79  | 49.33  | <b>50.20</b> |
| 30 | Lectura del aro.  | kg     | 108    | 115    | 100    |              |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg     | 458.7  | 488.0  | 425.2  |              |
| 32 | Factor de estabilidad   |        | 0.93   | 0.93   | 0.93   |              |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg     | 427    | 454    | 395    | <b>425</b>   |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)   | pul.   | 10     | 10     | 11     | <b>10</b>    |
| 34 | Fluencia  | m.m    | 2.54   | 2.54   | 2.79   |              |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm  | 1680   | 1787   | 1415   | <b>1627</b>  |

Observaciones :



• Dosificación de concreto asfáltico (5%)

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

|                    |  |  |                                |
|--------------------|--|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   |  | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | : Combinación de agregados   |  | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |     |
|------------------|-----|
| Grava Chancada   | 38% |
| Arena Chancada   | 30% |
| Arena Zarandeada | 32% |
| PEN 60/70        |     |

| Material                | % Mezcla     | % Durelo     | % Que Pasa el Tamiz |              |              |                |                |             |            |       |        |          |  |  |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-------------|------------|-------|--------|----------|--|--|
|                         |              |              | 1"                  | 3/4"         | 1/2"         | 3/8"           | Nº 4           | Nº 10       | Nº 40      | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |  |  |
| A Grava Triturada       | 40.58        | 38.55        |                     |              |              |                |                |             |            |       |        |          |  |  |
| B Arena.                | 59.42        | 56.45        |                     |              |              |                |                |             |            |       |        |          |  |  |
| <b>Mezcla</b>           | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>83.2</b>         | <b>73.7</b>  | <b>59.4</b>  | <b>43.4</b>    | <b>22.6</b>    | <b>10.7</b> | <b>6.6</b> |       |        |          |  |  |
| <b>Especificaciones</b> | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>80-100</b>       | <b>70-88</b> | <b>51-68</b> | <b>38 - 52</b> | <b>17 - 28</b> | <b>8-17</b> | <b>4-8</b> |       |        |          |  |  |

| #  | 1   | 2            | 3      | Prom.  |
|----|---|--------------|--------|--------|
| 1  | Numero de probeta   |              |        |        |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | 5.0          | 5.0    | 5.0    |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | 38.55        | 38.55  | 38.55  |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | 56.45        | 56.45  | 56.45  |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 63% pasa malla #200)                             | 0.00         | 0.00   | 0.00   |
| 6  | Peso especifico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc: 1.021 | 1.021  | 1.021  |
| 7  | Peso especifico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc: 2.650 | 2.650  | 2.650  |
| 8  | Peso especifico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc: 2.688 | 2.688  | 2.688  |
| 9  | Peso especifico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc: 2.548 | 2.548  | 2.548  |
| 10 | Peso especifico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc: 2.640 | 2.640  | 2.640  |
| 11 | Peso especifico aparente del filler   | gr/cc: 0.86  | 0.86   | 0.86   |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm: 6.2      | 6.2    | 6.2    |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr: 1205.6   | 1206.3 | 1203.6 |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr: 1208.6   | 1210.0 | 1207.8 |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr: 677.1    | 677.0  | 677.0  |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c: 531.5   | 533.0  | 530.8  |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc: 2.268 | 2.263  | 2.268  |
| 18 | Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc: 2.450 | 2.450  | 2.450  |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))            | gr/cc: 2.433 | 2.433  | 2.433  |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %: 7.41      | 7.61   | 7.44   |
| 21 | Peso especifico Bulk del Agregado Total (100-21)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                 | gr/cc: 2.624 | 2.624  | 2.624  |
| 22 | Peso especifico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc: 2.659 | 2.659  | 2.659  |
| 23 | Peso especifico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4/P-10))                  | gr/cc: 2.644 | 2.644  | 2.644  |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %: 0.30      | 0.30   | 0.30   |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %: 82.12     | 81.94  | 82.10  |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %: 10.47     | 10.45  | 10.47  |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %: 17.88     | 18.06  | 17.90  |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)                               | %: 4.71      | 4.71   | 4.71   |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %: 58.57     | 57.85  | 58.46  |
| 30 | Lectura del aro.  | kg: 212      | 230    | 200    |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg: 894      | 970    | 844    |
| 32 | Factor de estabilidad   | kg: 0.96     | 0.96   | 0.96   |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg: 859      | 931    | 810    |
| 34 | Lectura del flexometro (0.01") (35/0.254)   | pul: 11      | 12     | 12     |
| 35 | Fluencia  | m.m: 2.79    | 3.05   | 3.05   |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm: 3073  | 3054   | 2659   |

Observaciones :



• **Dosificación de concreto asfáltico (5.5%)**

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles. |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |     |
|------------------|-----|
| Grava Chancada   | 38% |
| Arena Chancada   | 30% |
| Arena Zarandeada | 32% |
| PEN 60/70        |     |

| Material          | % Mezcla | % Durelo |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 40.58    | 38.35    |
| B Arena.          | 59.42    | 56.15    |

|                  | % Que Pasa el Tamiz |       |        |       |       |         |         |       |        |          |
|------------------|---------------------|-------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|
|                  | 1"                  | 3/4"  | 1/2"   | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10   | Nº 40   | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |
| Mezcla           | 100.0               | 100.0 | 83.2   | 73.7  | 59.4  | 43.4    | 22.6    | 10.7  | 6.6    |          |
| Especificaciones | 100                 | 100   | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8-17  | 4-8    |          |

| #  | Numero de probeta   | #     | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|-------|--------|--------|--------|-------|
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %     | 5.5    | 5.5    | 5.5    |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %     | 38.35  | 38.35  | 38.35  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %     | 56.15  | 56.15  | 56.15  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 6% pasa malla #200)                              | %     | 0.00   | 0.00   | 0.00   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.689 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm    |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr    | 1202.0 | 1203.3 | 1203.3 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr    | 1205.6 | 1205.0 | 1204.9 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr    | 692.5  | 691.0  | 690.5  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.  | 513.1  | 514.0  | 514.4  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc | 2.343  | 2.341  | 2.339  | 2.341 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc | 2.434  | 2.434  | 2.434  |       |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))           | gr/cc | 2.415  | 2.415  | 2.415  |       |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %     | 3.75   | 3.81   | 3.89   | 3.82  |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc | 2.624  | 2.624  | 2.624  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc | 2.659  | 2.659  | 2.659  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))                  | gr/cc | 2.647  | 2.647  | 2.647  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %     | 0.34   | 0.34   | 0.34   |       |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %     | 84.37  | 84.31  | 84.25  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %     | 11.88  | 11.88  | 11.87  |       |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %     | 15.63  | 15.69  | 15.75  | 15.69 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24*100)/(3+4)                               | %     | 5.18   | 5.18   | 5.18   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %     | 76.03  | 75.70  | 75.33  | 75.69 |
| 30 | Lectura del aro   | kg    | 262    | 250    | 276    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg    | 1104   | 1054   | 1162   |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |       | 1.00   | 1.00   | 1.00   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg    | 1104   | 1054   | 1162   | 1107  |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254)   | pul   | 13     | 13     | 13     | 13    |
| 34 | Fluencia  | m.m.  | 3.30   | 3.30   | 3.30   |       |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm | 3343   | 3191   | 3520   | 3351  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 César A. Díaz Saavedra  
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundina Blanca Fernández  
 ING. CIVIL  
 REG. CIR. 10279



• **Dosificación de concreto asfáltico (6%)**

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |                    |                 |
|--------------------|--|--------------------|-----------------|
| <b>PROYECTO</b>    | "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                    |                 |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                    |                 |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB.:</b> | S.B.F.          |
| <b>MATERIAL</b>    | Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB.:</b>  | C.A.D.S.        |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA:</b>      | Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |     |
|------------------|-----|
| Grava Chancada   | 38% |
| Arena Chancada   | 30% |
| Arena Zarandeada | 32% |
| PEN 60/70        |     |

| Material          | % Mezcla | % Diseño | % Que Pasa el Tamiz |       |       |       |       |       |       |       |        |         |
|-------------------|----------|----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| A Grava Triturada | 40.58    | 38.15    | 1"                  | 3/4"  | 1/2"  | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10 | Nº 40 | Nº 80 | Nº 200 | <Nº 200 |
| B Arena.          | 59.42    | 55.85    |                     |       |       |       |       |       |       |       |        |         |
| Mezcla            | 100      | 100.0    | 100.0               | 83.2  | 73.7  | 59.4  | 43.4  | 22.6  | 10.7  | 6.6   |        |         |
| Especificaciones  | 100      | 100      | 80-100              | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17  | 4-8   |       |        |         |

| #  | Descripción   | Unidad | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1  | Numero de probeta   | #      | 1      | 2      | 3      |       |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %      | 6.0    | 6.0    | 6.0    |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %      | 38.15  | 38.15  | 38.15  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %      | 55.85  | 55.85  | 55.85  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)                             | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc. | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)            | gr/cc. | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)        | gr/cc. | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.669 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)             | gr/cc. | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)         | gr/cc. | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc. | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm.    |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr     | 1201.3 | 1202.2 | 1200.6 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr     | 1202.9 | 1204.6 | 1202.8 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr     | 689.8  | 691.0  | 690.0  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.   | 513.1  | 513.6  | 512.8  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc. | 2.341  | 2.341  | 2.341  | 2.341 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc. | 2.440  | 2.440  | 2.440  |       |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100((26)/(3*2)+(7*8)+(4*2)/(9+10))           | gr/cc. | 2.398  | 2.398  | 2.398  |       |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %      | 4.04   | 4.06   | 4.04   | 4.05  |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc. | 2.624  | 2.624  | 2.624  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc. | 2.659  | 2.659  | 2.659  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4) / ((3P-8)+(4P-10))                  | gr/cc. | 2.677  | 2.677  | 2.677  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %      | 0.78   | 0.78   | 0.78   |       |
| 25 | % del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)/1721                       | %      | 83.87  | 83.85  | 83.87  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(23+20)                    | %      | 12.08  | 12.08  | 12.08  |       |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %      | 16.13  | 16.15  | 16.13  | 16.13 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)                               | %      | 5.27   | 5.27   | 5.27   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %      | 74.94  | 74.83  | 74.94  | 74.90 |
| 30 | Lectura del aro.  | kg     | 270    | 265    | 260    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg     | 1137   | 1116   | 1095   |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |        | 1.00   | 1.00   | 1.00   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg     | 1137   | 1116   | 1095   | 1116  |
| 34 | Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)   | pu.    | 14     | 14     | 13     | 14    |
| 34 | Fluencia  | m.m.   | 3.56   | 3.56   | 3.30   |       |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm  | 3198   | 3139   | 3317   | 3218  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Oscar A. Diaz-Salvador  
 TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Busta Fernandez  
 REG. GP. 189278





- Gravedad específica de mezcla bituminosa

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b> : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> : Cemento Asfáltico Pen 60/70   |                                |
| <b>CANTERA</b> : Tres Tomas - Ferreñafe  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b> : Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel   | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

| PORCENTAJE DE ASFALTO                           | 4.5    | 5.0    | 5.5    | 6.0    | 6.5    |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL MATERIAL                           | 1201.2 | 1203.3 | 1204.5 | 1200.9 | 1203.0 |
| 2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE                 | 3236.3 | 3236.3 | 3236.3 | 3236.3 | 3236.3 |
| 3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE) | 4437.5 | 4439.6 | 4440.8 | 4437.2 | 4439.3 |
| 4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA) | 3948.0 | 3948.4 | 3945.9 | 3945.0 | 3947.0 |
| 5.- VOLUMEN DEL MATERIAL                        | 489.5  | 491.2  | 494.9  | 492.2  | 492.3  |
| 6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO                      | 2.454  | 2.450  | 2.434  | 2.440  | 2.444  |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA            | 2.454  | 2.450  | 2.434  | 2.440  | 2.444  |

| CONTENIDO C.A % | FECHA PRODUCCION | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------|---------------|
| 5.70            | DISEÑO           |               |

Observaciones :



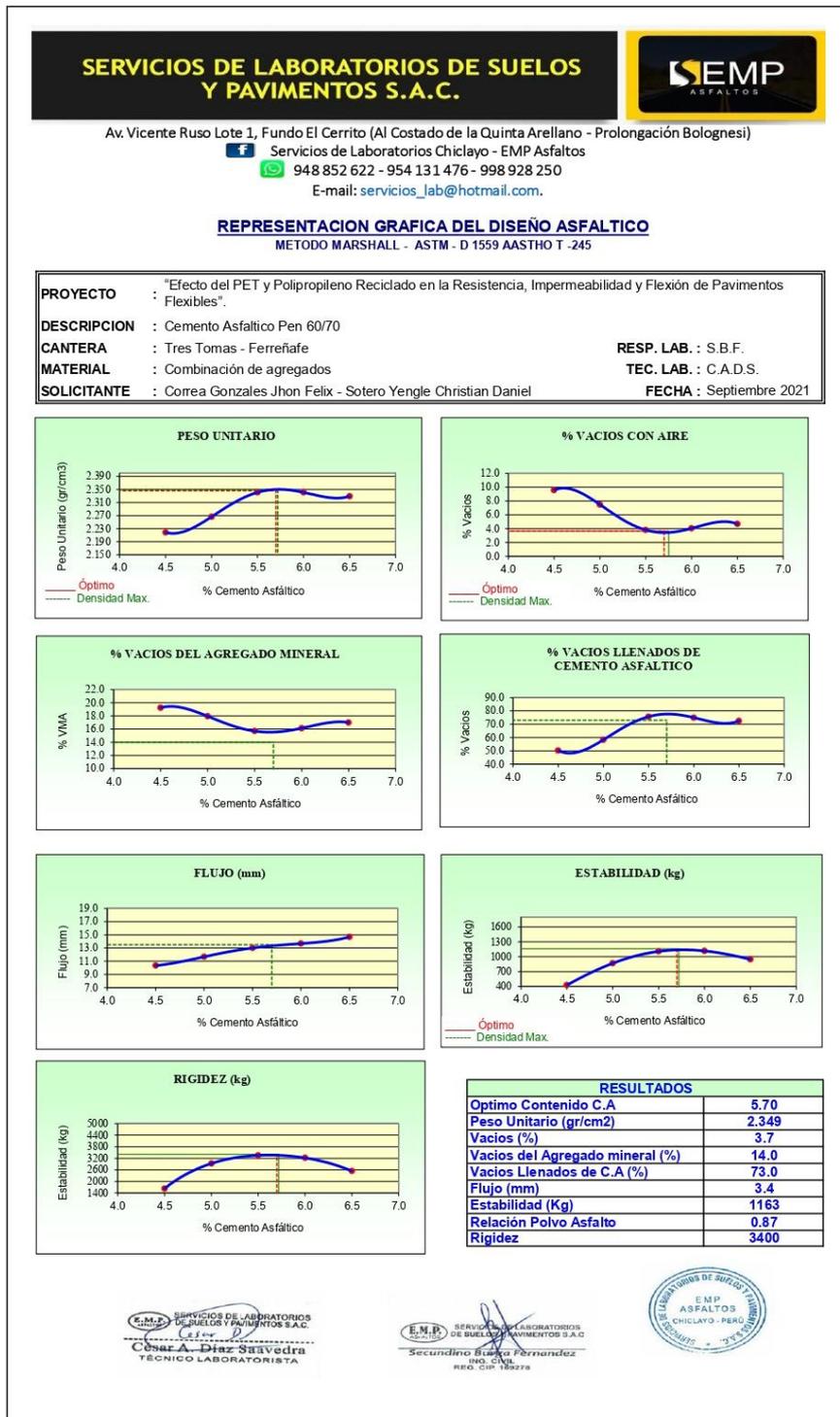
**Cesar Diaz Servedra**  
TECNICO LABORATORISTA



**Secundino Diaz Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 159278



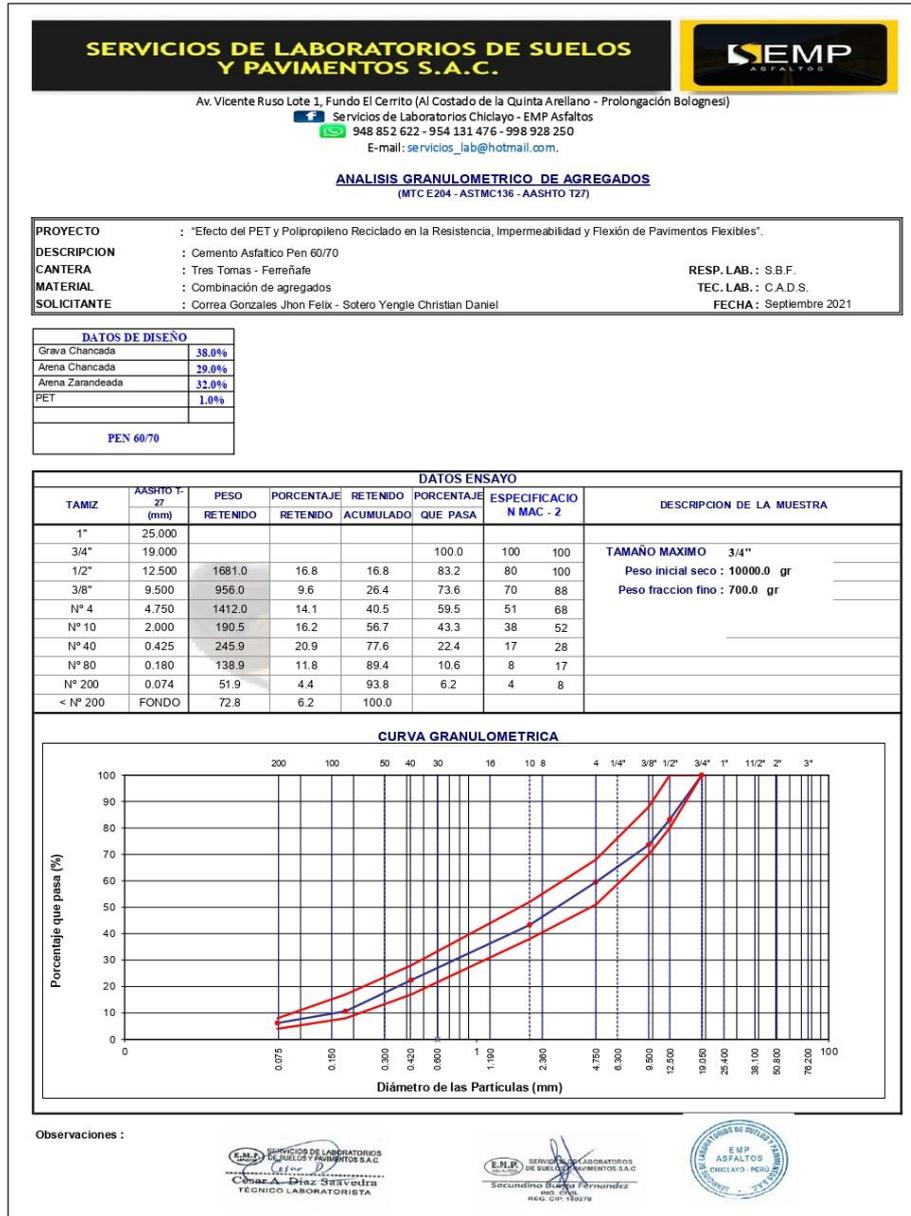
- Representación gráfica del diseño asfáltico



## Anexo 12: Diseño de mezcla asfáltica con polímeros

### DISEÑO MAC-2 optimo + 1.0% PET

- Análisis granulométrico de agregados



• Dosificación de concreto asfáltico

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles. |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 29.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| PET              | 1.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| Material          | % Mezcla | % Durelo | % Que Pasa el Tamiz |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |  |
|-------------------|----------|----------|---------------------|-------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|--|--|--|--|
|                   |          |          | 1"                  | 3/4"  | 1/2"   | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10   | Nº 40   | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |  |  |  |  |
| A Grava Triturada | 40.49    | 38.18    |                     |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |  |
| B Arena.          | 59.51    | 56.12    |                     |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |  |
| Mezcla            |          |          | 100.0               | 100.0 | 83.2   | 73.6  | 59.5  | 43.3    | 22.4    | 10.6  | 6.2    |          |  |  |  |  |
| Especificaciones  |          |          | 100                 | 100   | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8-17  | 4-8    |          |  |  |  |  |

| #  | Descripción   | Unidad | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1  | Numero de probeta   | #      | 1      | 2      | 3      | Prom. |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %      | 5.70   | 5.70   | 5.70   |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %      | 38.18  | 38.18  | 38.18  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %      | 56.12  | 56.12  | 56.12  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)                             | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc. | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc. | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc. | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.689 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc. | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc. | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc. | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm.    |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr.    | 1218.8 | 1221.1 | 1220.6 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr.    | 1222.9 | 1224.6 | 1223.9 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr.    | 689.4  | 689.5  | 688.5  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.   | 533.5  | 535.1  | 535.4  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc. | 2.285  | 2.282  | 2.280  | 2.282 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc. | 2.389  | 2.389  | 2.389  |       |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))           | gr/cc. | 2.408  | 2.408  | 2.408  |       |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %      | 4.38   | 4.49   | 4.38   | 4.48  |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc. | 2.624  | 2.624  | 2.624  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc. | 2.659  | 2.659  | 2.659  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))                  | gr/cc. | 2.600  | 2.600  | 2.600  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %      | -0.36  | -0.36  | -0.36  |       |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %      | 82.11  | 82.01  | 81.93  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %      | 13.52  | 13.50  | 13.49  |       |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %      | 17.89  | 17.99  | 18.07  | 17.98 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)                               | %      | 6.04   | 6.04   | 6.04   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %      | 75.53  | 75.06  | 74.66  | 75.08 |
| 30 | Lectura del aro   | kg     | 287    | 290    | 276    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg     | 1209   | 1221   | 1162   |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |        | 0.96   | 0.96   | 0.96   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg     | 1160   | 1172   | 1116   | 1149  |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254)   | pul.   | 13     | 13.5   | 13.5   | 13    |
| 34 | Fluencia  | m.m.   | 3.30   | 3.43   | 3.43   |       |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm  | 3514   | 3419   | 3254   | 3396  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
César A. Diaz Saavedra  
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Buzza Fernandez  
ING. CIVIL  
REG. CIP 169278



- Gravedad específica de mezcla bituminosa




Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|  |                                |  |
|--|--------------------------------|--|
| <b>PROYECTO</b> : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |  |
| <b>DESCRIPCION</b> : Cemento Asfáltico Pen 60/70   |                                |  |
| <b>CANTERA</b> : Tres Tomas - Ferreñafe  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |  |
| <b>MATERIAL</b> : Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |  |
| <b>SOLICITANTE</b> : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel   | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |  |

| PORCENTAJE DE ASFALTO                           |       |       |        |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|
|   |       |       | 5.7    |       |       |
| 1.- PESO DEL MATERIAL                           |       |       | 1208.2 |       |       |
| 2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE                 |       |       | 3236.3 |       |       |
| 3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE) |       |       | 4444.5 |       |       |
| 4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA) |       |       | 3938.8 |       |       |
| 5.- VOLUMEN DEL MATERIAL                        | 489.5 | 481.2 | 505.7  | 455   |       |
| 6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO                      |       |       | 2.389  | 2.440 | 2.4   |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA            | 2.391 | 2.370 | 2.389  | 2.440 | 2.444 |

| CONTENIDO C.A % | FECHA PRODUCCION | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------|---------------|
| 5.70            | DISEÑO           |               |

Observaciones :



**César A. Diaz Sarvedra**  
TÉCNICO LABORATORISTA



**Secundino Buzza Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 15278



# DISEÑO MAC-2 optimo + 3% PET

- Análisis granulométrico de agregados




Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS**  
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCIÓN</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | : Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengie Christian Daniel  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

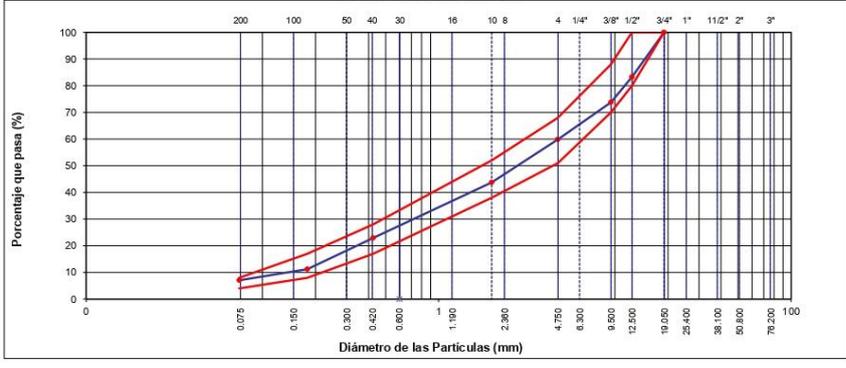
| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 27.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| PET              | 3.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| DATOS ENSAYO |                |               |                     |                    |                     |                          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  |
|--------------|----------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|--|
| TAMIZ        | ASTM T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN N MAC - 2 |  |
| 1"           | 25.000         |               |                     |                    | 100.0               | 100 100                  | <b>TAMAÑO MÁXIMO</b> 3/4"<br><b>Peso inicial seco</b> : 10000.0 gr<br><b>Peso fracción fino</b> : 700.0 gr |
| 3/4"         | 19.000         |               |                     |                    | 100.0               | 100 100                  |  |
| 1/2"         | 12.500         | 1672.0        | 16.7                | 16.7               | 83.3                | 80 100                   |  |
| 3/8"         | 9.500          | 951.0         | 9.5                 | 26.2               | 73.8                | 70 88                    |  |
| Nº 4         | 4.750          | 1391.0        | 13.9                | 40.1               | 59.9                | 51 68                    |  |
| Nº 10        | 2.000          | 188.7         | 16.1                | 56.3               | 43.7                | 38 52                    |  |
| Nº 40        | 0.425          | 243.5         | 20.8                | 77.1               | 22.9                | 17 28                    |  |
| Nº 80        | 0.180          | 136.8         | 11.7                | 88.8               | 11.2                | 8 17                     |  |
| Nº 200       | 0.074          | 48.5          | 4.1                 | 92.9               | 7.1                 | 4 8                      |  |
| < Nº 200     | FONDO          | 82.5          | 7.1                 | 100.0              |                     |                          |  |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



The graph plots 'Porcentaje que pasa (%)' on the y-axis (0 to 100) against 'Diámetro de las Partículas (mm)' on the x-axis (logarithmic scale from 0.075 to 75.000). Two curves are shown: a red curve representing the sample and a blue curve representing the specification limits. The sample curve is slightly above the specification curve in the middle range.

Observaciones :



**Cesar A. Diaz Sasvedra**  
TECNICO LABORATORISTA



**Secundino B. Fernandez**  
ING. CIVIL



• Dosificación de concreto asfáltico

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |  |                                |
|--------------------|--|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles. |  |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   |  | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | Combinación de agregados   |  | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 27.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| PET              | 3.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| Material          | % Mezcla | % Durelo | % Que Pasa el Tamiz |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |
|-------------------|----------|----------|---------------------|-------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|--|--|--|
|                   |          |          | 1"                  | 3/4"  | 1/2"   | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10   | Nº 40   | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |  |  |  |
| A Grava Triturada | 40.14    | 37.85    |                     |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |
| B Arena.          | 59.86    | 56.45    |                     |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |
| Mezcla            |          |          | 100.0               | 100.0 | 83.3   | 73.8  | 59.9  | 43.7    | 22.9    | 11.2  | 7.1    |          |  |  |  |
| Especificaciones  |          |          | 100                 | 100   | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8-17  | 4-8    |          |  |  |  |

| #  | Descripción   | Unidad | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1  | Numero de probeta   | #      | 1      | 2      | 3      |       |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %      | 5.70   | 5.70   | 5.70   |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %      | 37.85  | 37.85  | 37.85  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %      | 56.45  | 56.45  | 56.45  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 6% pasa malla #200)                              | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc  | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc  | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc  | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.689 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc  | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc  | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc  | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm     |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr     | 1212.7 | 1212.6 | 1210.2 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr     | 1218.4 | 1216.5 | 1215.1 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr     | 666.0  | 664.5  | 664.6  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.   | 552.4  | 552.0  | 550.5  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc  | 2.195  | 2.197  | 2.198  | 2.197 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc  | 2.408  | 2.408  | 2.408  |       |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))           | gr/cc  | 2.408  | 2.408  | 2.408  |       |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %      | 8.83   | 8.77   | 8.71   | 8.77  |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc  | 2.624  | 2.624  | 2.624  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc  | 2.659  | 2.659  | 2.659  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))                  | gr/cc  | 2.623  | 2.623  | 2.623  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |       |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %      | 78.91  | 78.96  | 79.02  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %      | 12.26  | 12.27  | 12.28  |       |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %      | 21.09  | 21.04  | 20.98  | 21.04 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)                               | %      | 5.70   | 5.70   | 5.70   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %      | 58.13  | 58.30  | 58.51  | 58.31 |
| 30 | Lectura del aro   | kg     | 279    | 282    | 267    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg     | 1148   | 1189   | 1125   |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |        | 0.89   | 0.89   | 0.89   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg     | 1022   | 1058   | 1001   | 1027  |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254)   | pul    | 15     | 14     | 14     | 14    |
| 34 | Fluencia  | m.m.   | 3.81   | 3.56   | 3.56   |       |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm  | 2681   | 2975   | 2815   | 2824  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
César A. Díaz Saavedra  
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Burgos Fernandez  
ING. CIVIL



- Gravedad específica de mezcla bituminosa




Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b> : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> : Cemento Asfáltico Pen 60/70   |  |                                |
| <b>CANTERA</b> : Tres Tomas - Ferreñafe  |  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b> : Combinación de agregados   |  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel   |  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

| PORCENTAJE DE ASFALTO                           |       |       | 5.7    |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1.- PESO DEL MATERIAL                           |       |       | 1206.9 |       |       |
| 2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE                 |       |       | 3236.3 |       |       |
| 3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE) |       |       | 4443.2 |       |       |
| 4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA) |       |       | 3942.0 |       |       |
| 5.- VOLUMEN DEL MATERIAL                        | 489.5 | 481.2 | 501.2  | 485.0 |       |
| 6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO                      |       |       | 2.408  | 2.440 | 2.440 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA            | 2.404 | 2.430 | 2.408  | 2.440 | 2.444 |

| CONTENIDO C.A % | FECHA PRODUCCION | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------|---------------|
| 5.70            | DISEÑO           |               |

Observaciones :



**César A. Diaz Sarvedra**  
TÉCNICO LABORATORISTA



**Secundino Buzza Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 15278



# DISEÑO MAC-2 optimo + 5% PET

- Análisis granulométrico de agregados




Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS**  
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

|             |  |                 |  |
|-------------|--|-----------------|--|
| PROYECTO    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                 |  |
| DESCRIPCION | : Cemento Asfático Pen 60/70   |                 |  |
| CANTERA     | : Tres Tomas - Ferreñafe   |                 |  |
| MATERIAL    | : Combinación de agregados   |                 |  |
| SOLICITANTE | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |                 |  |
|             | RESP. LAB.:  | S.B.F.          |  |
|             | TEC. LAB.:   | C.A.D.S.        |  |
|             | FECHA:   | Septiembre 2021 |  |

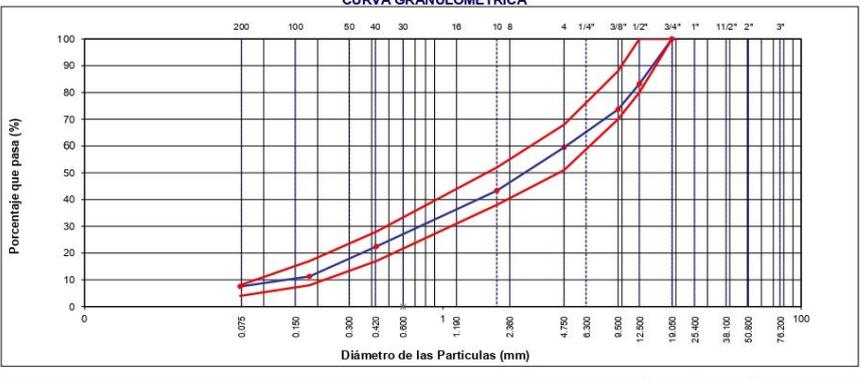
| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 25.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| PET              | 5.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| DATOS ENSAYO |                  |               |                     |                    |                     |                        | DESCRIPCION DE LA MUESTRA  |
|--------------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|--|
| TAMIZ        | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION MAC - 2 |  |
| 1"           | 25.000           |               |                     |                    | 100.0               | 100                    | <b>TAMAÑO MAXIMO 3/4"</b><br><b>Peso inicial seco : 10000.0 gr</b><br><b>Peso fraccion fino : 700.0 gr</b> |
| 3/4"         | 19.000           |               |                     |                    | 100.0               | 100                    |  |
| 1/2"         | 12.500           | 1681.0        | 16.8                | 16.8               | 83.2                | 80                     |  |
| 3/8"         | 9.500            | 956.0         | 9.6                 | 26.4               | 73.6                | 70                     |  |
| Nº 4         | 4.750            | 1412.0        | 14.1                | 40.5               | 59.5                | 51                     |  |
| Nº 10        | 2.000            | 190.5         | 1.9                 | 56.7               | 43.3                | 38                     |  |
| Nº 40        | 0.425            | 245.6         | 2.5                 | 77.6               | 22.4                | 17                     |  |
| Nº 80        | 0.180            | 131.1         | 1.3                 | 88.7               | 11.3                | 8                      |  |
| Nº 200       | 0.075            | 44.5          | 0.4                 | 92.5               | 7.5                 | 4                      |  |
| < Nº 200     | FONDO            | 88.3          | 0.8                 | 100.0              | 100.0               | 8                      |  |

**CURVA GRANULOMETRICA**



The graph plots 'Porcentaje que pasa (%)' on the y-axis (0 to 100) against 'Diámetro de las Partículas (mm)' on the x-axis (logarithmic scale from 0.075 to 100). Two curves are shown: a red curve representing the sample and a blue curve representing the specification limits. The sample curve is slightly above the specification curve in the intermediate range, indicating a slightly finer aggregate than required.

Observaciones :



**Cesar A. Dize**  
SREVEDRA  
TÉCNICO LABORATORISTA



**Secundino Benito Fernandéz**  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 125274



EMP ASFALTOS  
CHICLAYO - PERU  
REG. CIP. 125274

• Dosificación de concreto asfáltico

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles. |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 25.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| PET              | 5.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| Material          | % Mezcla | % Durelo |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 40.49    | 38.18    |
| B Arena.          | 59.51    | 56.12    |

|                  | % Que Pasa el Tamiz |       |        |       |       |         |         |       |        |          |
|------------------|---------------------|-------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|
|                  | 1"                  | 3/4"  | 1/2"   | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10   | Nº 40   | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |
| Mezcla           | 100.0               | 100.0 | 83.2   | 73.6  | 59.5  | 43.3    | 22.4    | 11.3  | 7.5    |          |
| Especificaciones | 100                 | 100   | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8-17  | 4-8    |          |

| #  | Descripción   | Unidad | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1  | Numero de probeta   | #      | 1      | 2      | 3      | Prom. |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %      | 5.70   | 5.70   | 5.70   |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %      | 38.18  | 38.18  | 38.18  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %      | 56.12  | 56.12  | 56.12  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)                             | %      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc. | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc. | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc. | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.669 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc. | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc. | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc. | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm.    |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr.    | 1211.2 | 1202.3 | 1208.0 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr.    | 1221.3 | 1218.3 | 1220.7 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr.    | 648.3  | 650.4  | 649.0  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.   | 573.0  | 567.9  | 571.7  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc. | 2.114  | 2.117  | 2.113  | 2.115 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc. | 2.360  | 2.360  | 2.360  |       |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))           | gr/cc. | 2.408  | 2.408  | 2.408  |       |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %      | 10.42  | 10.28  | 10.45  | 10.38 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc. | 2.624  | 2.624  | 2.624  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc. | 2.659  | 2.659  | 2.659  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4/P-10))                  | gr/cc. | 2.563  | 2.563  | 2.563  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %      | -0.93  | -0.93  | -0.93  |       |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %      | 75.97  | 76.09  | 75.94  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %      | 13.61  | 13.64  | 13.61  |       |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %      | 24.03  | 23.91  | 24.06  | 24.00 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24*100)/(3+4)                               | %      | 6.58   | 6.58   | 6.58   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %      | 56.65  | 57.02  | 56.56  | 56.75 |
| 30 | Lectura del aro   | kg     | 213    | 218    | 207    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg     | 899    | 920    | 873    |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |        | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg     | 773    | 791    | 751    | 772   |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254)   | pul.   | 16     | 15     | 15     | 15    |
| 34 | Fluencia  | m.m.   | 4.06   | 3.81   | 3.81   |       |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm  | 1901   | 2076   | 1972   | 1983  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
César A. Díaz Saavedra  
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Bustos Fernandez  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 18824



- Gravedad específica de mezcla bituminosa



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b> : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> : Cemento Asfáltico Pen 60/70   |                                |
| <b>CANTERA</b> : Tres Tomas - Ferreñafe  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b> : Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel   | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

| PORCENTAJE DE ASFALTO                           |       |       |  | 5.7    |       |       |  |
|---|-------|-------|--|--------|-------|-------|--|
| 1.- PESO DEL MATERIAL                           |       |       |  | 1207.4 |       |       |  |
| 2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE                 |       |       |  | 3236.3 |       |       |  |
| 3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE) |       |       |  | 4443.7 |       |       |  |
| 4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA) |       |       |  | 3932.0 |       |       |  |
| 5.- VOLUMEN DEL MATERIAL                        | 489.5 | 481.2 |  | 511.7  | 455   |       |  |
| 6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO                      |       |       |  | 2.360  | 2.440 | 2.4   |  |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA            | 2.360 | 2.360 |  | 2.360  | 2.440 | 2.444 |  |

| CONTENIDO C.A % | FECHA PRODUCCION | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------|---------------|
| 5.70            | DISEÑO           |               |

Observaciones :



**Cesar A. Diaz Sarvedra**  
TECNICO LABORATORISTA



**Secundino Balleza Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. COP. 158278



# DISEÑO MAC-2 optimo + 1% polipropileno

- Análisis granulométrico de agregados




Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

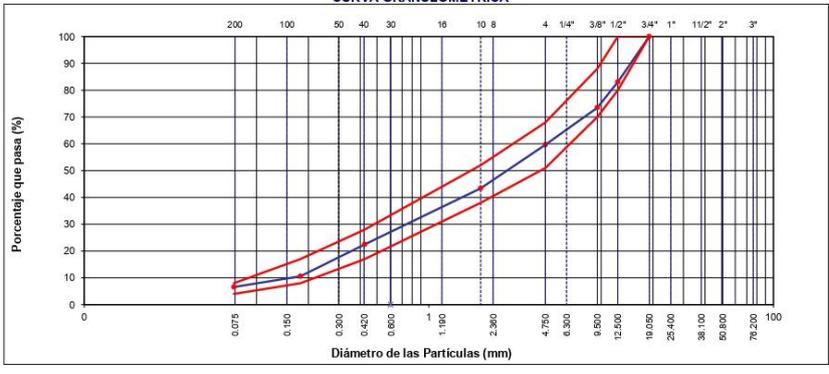
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS**  
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

|             |  |                 |  |
|-------------|--|-----------------|--|
| PROYECTO    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                 |  |
| DESCRIPCIÓN | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                 |  |
| CANtera     | : Tres Tomas - Ferreñafe   |                 |  |
| MATERIA     | : Combinación de agregados   |                 |  |
| SOLICITANTE | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |                 |  |
|             | RESP. LAB. :   | S.B.F.          |  |
|             | TEC. LAB. :  | C.A.D.S.        |  |
|             | FECHA :  | Septiembre 2021 |  |

| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 29.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| Polipropileno    | 1.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| DATOS ENSAYO |                  |               |                     |                    |                     |                          |  |
|--------------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|--|
| TAMIZ        | AASHTO - 27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION N MAC - 2 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  |
| 1"           | 25.000           |               |                     |                    | 100.0               | 100 100                  | <b>TAMAÑO MÁXIMO</b> 3/4"<br><b>Peso inicial seco</b> : 10000.0 gr<br><b>Peso fracción fino</b> : 700.0 gr |
| 3/4"         | 19.000           |               |                     |                    | 100.0               | 100                      |  |
| 1/2"         | 12.500           | 1692.0        | 16.9                | 16.9               | 83.1                | 80 100                   |  |
| 3/8"         | 9.500            | 962.0         | 9.6                 | 26.5               | 73.5                | 70 88                    |  |
| Nº 4         | 4.750            | 1381.0        | 13.8                | 40.4               | 59.7                | 51 68                    |  |
| Nº 10        | 2.000            | 190.5         | 1.9                 | 56.6               | 43.4                | 38 52                    |  |
| Nº 40        | 0.425            | 245.6         | 2.5                 | 77.5               | 22.5                | 17 28                    |  |
| Nº 80        | 0.180            | 139.9         | 1.4                 | 89.4               | 10.6                | 8 17                     |  |
| Nº 200       | 0.075            | 46.9          | 0.5                 | 93.4               | 6.6                 | 4 8                      |  |
| < Nº 200     | FONDO            | 77.1          | 0.8                 | 100.0              | 0.0                 |                          |  |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Observaciones :



**César A. Díaz Salvedra**  
TECNICO LABORATORISTA



**Secundino Huera Fernandez**  
ING. CIVIL



• Dosificación de concreto asfáltico

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |                                |
|--------------------|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles. |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 29.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| Polipropileno    | 1.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| Material          | % Mezcla | % Desecho |
|-------------------|----------|-----------|
| A Grava Triturada | 40.35    | 38.05     |
| B Arena.          | 59.65    | 54.47     |

| Mezcla           | % Que Pasa el Tamiz |      |        |       |       |         |         |       |        |          |
|------------------|---------------------|------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|
|                  | 1"                  | 3/4" | 1/2"   | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10   | Nº 40   | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |
| Especificaciones | 100                 | 100  | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8-17  | 4-8    |          |

| #  | Descripción   | Unidad | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1  | Numero de probeta   | #      | 1      | 2      | 3      | Prom. |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %      | 5.70   | 5.70   | 5.70   |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %      | 38.05  | 38.05  | 38.05  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %      | 54.47  | 54.47  | 54.47  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)                             | %      | 1.78   | 1.78   | 1.78   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc  | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc  | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc  | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.689 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc  | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc  | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc  | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm     |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr     | 1216.9 | 1218.5 | 1215.6 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr     | 1221.5 | 1224.5 | 1220.6 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr     | 683.6  | 683.3  | 684.0  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.   | 537.9  | 541.2  | 536.6  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc  | 2.262  | 2.251  | 2.265  | 2.260 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc  | 2.370  | 2.370  | 2.370  |       |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))           | gr/cc  | 2.449  | 2.449  | 2.449  |       |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %      | 4.54   | 5.00   | 4.41   | 4.65  |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc  | 2.526  | 2.526  | 2.526  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc  | 2.711  | 2.711  | 2.711  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4/P-10))                  | gr/cc  | 2.576  | 2.576  | 2.576  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %      | 0.77   | 0.77   | 0.77   |       |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %      | 84.44  | 84.04  | 84.56  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %      | 11.01  | 10.96  | 11.03  |       |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %      | 15.56  | 15.96  | 15.44  | 15.65 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24*100)/(3+4)                               | %      | 4.98   | 4.98   | 4.98   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %      | 70.81  | 68.68  | 71.43  | 70.31 |
| 30 | Lectura del aro   | kg     | 276    | 281    | 271    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg     | 1162   | 1183   | 1142   |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |        | 0.93   | 0.93   | 0.93   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg     | 1081   | 1101   | 1062   | 1081  |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254)   | pul    | 14     | 14     | 13.5   | 14    |
| 34 | Fluencia  | m.m.   | 3.56   | 3.56   | 3.43   | 3.51  |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm  | 3040   | 3095   | 3096   | 3077  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 César A. Díaz Sotero  
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Baeza Fernández  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP: 12324



- Gravedad específica de mezcla bituminosa

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



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

|                    |  |  |                                |  |  |
|--------------------|--|--|--------------------------------|--|--|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |                                |  |  |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |  |                                |  |  |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   |  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |  |  |
| <b>MATERIAL</b>    | : Combinación de agregados   |  | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |  |  |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |  | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |  |  |

| PORCENTAJE DE ASFALTO                           |       |       |        |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|
|   |       |       | 5.7    |       |       |
| 1.- PESO DEL MATERIAL                           |       |       | 1206.3 |       |       |
| 2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE                 |       |       | 3236.3 |       |       |
| 3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE) |       |       | 4442.6 |       |       |
| 4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA) |       |       | 3933.6 |       |       |
| 5.- VOLUMEN DEL MATERIAL                        | 489.5 | 481.2 | 509.0  | 485.0 |       |
| 6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO                      |       |       | 2.370  | 2.440 | 2.440 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA            | 2.370 | 2.370 | 2.370  | 2.440 | 2.444 |

| CONTENIDO C.A % | FECHA PRODUCCION | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------|---------------|
| 5.70            | DISEÑO           |               |

Observaciones :



**Cesar A. Diaz Saravedra**  
TECNICO LABORATORISTA



**Secundino Blasco Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CIV. 159278



# DISEÑO MAC-2 optimo + 3% polipropileno

- Análisis granulométrico de agregados

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano- Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS**  
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

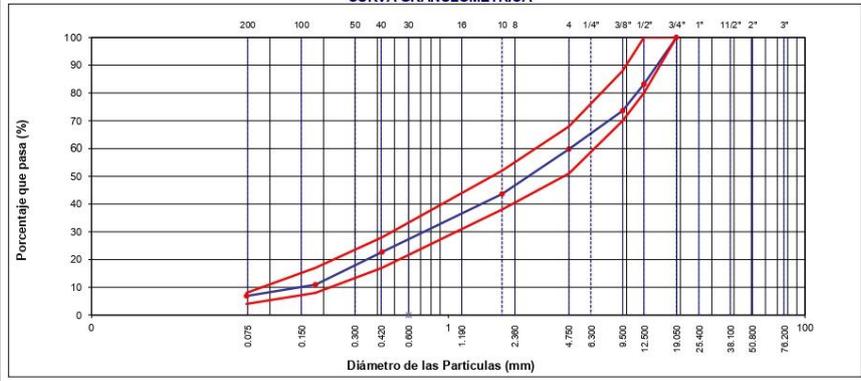
|                    |  |  |                               |
|--------------------|--|--|-------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |  |                               |
| <b>DESCRIPCIÓN</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  |  |                               |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   |  | <b>RESP. LAB.:</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | : Combinación de agregados   |  | <b>TEC. LAB.:</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Soltero Yengle Christian Daniel   |  | <b>FECHA:</b> Septiembre 2021 |

**DATOS DE DISEÑO**

|                  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 27.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| Polipropileno    | 3.0%  |
| <b>PEN 60/70</b> |       |

| DATOS ENSAYO |                  |               |                     |                    |                     |                        | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  |
|--------------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|--|
| TAMIZ        | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION MAC - 2 |  |
| 1"           | 25.000           |               |                     |                    |                     | 100 100                | <b>TAMAÑO MÁXIMO</b> 3/4"<br><b>Peso inicial seco</b> : 10000.0 gr<br><b>Peso fracción fino</b> : 700.0 gr |
| 3/4"         | 19.000           |               |                     |                    | 100.0               | 100 100                |  |
| 1/2"         | 12.500           | 1682.0        | 16.8                | 16.8               | 83.2                | 80 100                 |  |
| 3/8"         | 9.500            | 954.0         | 9.5                 | 26.4               | 73.6                | 70 88                  |  |
| Nº 4         | 4.750            | 1384.0        | 13.8                | 40.2               | 59.8                | 51 68                  |  |
| Nº 10        | 2.000            | 189.5         | 1.9                 | 56.4               | 43.6                | 38 52                  |  |
| Nº 40        | 0.425            | 244.5         | 2.4                 | 77.3               | 22.7                | 17 28                  |  |
| Nº 80        | 0.180            | 137.8         | 1.4                 | 89.0               | 11.0                | 8 17                   |  |
| Nº 200       | 0.075            | 47.8          | 0.5                 | 93.1               | 6.9                 | 4 8                    |  |
| < Nº 200     | FONDO            | 80.4          | 0.8                 | 100.0              |                     |                        |  |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



The graph plots 'Porcentaje que pasa (%)' on the y-axis (0 to 100) against 'Diámetro de las Partículas (mm)' on the x-axis (logarithmic scale from 0.075 to 100). Two curves are shown: a red curve representing the sample and a blue curve representing the MAC-2 specification. The sample curve is slightly above the specification curve in the 0.075 to 0.425 mm range and slightly below it in the 0.425 to 19.0 mm range.

Observaciones :



**Cesar A. Diez-Silveira**  
TÉCNICO LABORATORISTA



**Secundino Flores Patrumbez**  
ING. CIVIL  
REG. CH. 13678



• Dosificación de concreto asfáltico

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |                     |                 |
|--------------------|--|---------------------|-----------------|
| <b>PROYECTO</b>    | : Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles. | <b>RESP. LAB. :</b> | S.B.F.          |
| <b>DESCRIPCION</b> | : Cemento Asfáltico Pen 60/70  | <b>TEC. LAB. :</b>  | C.A.D.S.        |
| <b>CANTERA</b>     | : Tres Tomas - Ferreñafe   | <b>FECHA :</b>      | Septiembre 2021 |
| <b>MATERIAL</b>    | : Combinación de agregados   |                     |                 |
| <b>SOLICITANTE</b> | : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |                     |                 |

| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 27.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| Polipropileno    | 3.0%  |
| PEN 60/70        |       |

| Material          | % Mezcla | % Durelo | % Que Pasa el Tamiz |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |
|-------------------|----------|----------|---------------------|-------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|--|--|--|
|                   |          |          | 1"                  | 3/4"  | 1/2"   | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10   | Nº 40   | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |  |  |  |
| A Grava Triturada | 40.20    | 37.91    |                     |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |
| B Arena.          | 59.80    | 54.61    |                     |       |        |       |       |         |         |       |        |          |  |  |  |
| Mezcla            |          |          | 100.0               | 100.0 | 83.2   | 73.6  | 59.8  | 43.6    | 22.7    | 11.0  | 6.9    |          |  |  |  |
| Especificaciones  |          |          | 100                 | 100   | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8-17  | 4-8    |          |  |  |  |

| #  | Descripción   | #     | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|-------|--------|--------|--------|-------|
| 1  | Numero de probeta   |       |        |        |        |       |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %     | 5.70   | 5.70   | 5.70   |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %     | 37.91  | 37.91  | 37.91  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %     | 54.61  | 54.61  | 54.61  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)                             | %     | 1.78   | 1.78   | 1.78   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.689 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm    |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr    | 1210.0 | 1200.0 | 1205.5 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr    | 1219.8 | 1210.4 | 1216.2 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr    | 659.0  | 652.4  | 657.8  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.  | 560.8  | 558.0  | 558.4  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc | 2.158  | 2.151  | 2.159  | 2.156 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc | 2.387  | 2.387  | 2.387  |       |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))           | gr/cc | 2.449  | 2.449  | 2.449  |       |
| 20 | % de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %     | 9.61   | 9.90   | 9.56   | 9.69  |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc | 2.526  | 2.526  | 2.526  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc | 2.711  | 2.711  | 2.711  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4/P-10))                  | gr/cc | 2.597  | 2.597  | 2.597  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %     | 1.10   | 1.10   | 1.10   |       |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %     | 80.54  | 80.27  | 80.58  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %     | 9.85   | 9.82   | 9.86   |       |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25  | %     | 19.46  | 19.73  | 19.42  | 19.53 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24*100)/(3+4)                               | %     | 4.68   | 4.68   | 4.68   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %     | 50.64  | 49.79  | 50.79  | 50.41 |
| 30 | Lectura del aro   | kg    | 258    | 242    | 237    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg    | 1087   | 1020   | 999    |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |       | 0.86   | 0.89   | 0.89   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg    | 955    | 908    | 889    | 911   |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254)   | pul   | 15     | 15     | 15     | 15    |
| 34 | Fluencia  | m.m.  | 3.81   | 3.81   | 3.81   |       |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm | 2454   | 2383   | 2334   | 2390  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 César A. Díaz Sotero  
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Burgos Fernandez  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 12324



- Gravedad específica de mezcla bituminosa

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA**

ENSAYO RICE AASHTO T- 209 ASTM D- 2041

PROYECTO : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles".

DESCRIPCION : Cemento Asfáltico Pen 60/70

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe RESP. LAB. : S.B.F.

MATERIAL : Combinación de agregados TEC. LAB. : C.A.D.S.

SOLICITANTE : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel FECHA : Septiembre 2021

| PORCENTAJE DE ASFALTO                           | 5.7   |       |        |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1.- PESO DEL MATERIAL                           |       |       | 1204.2 |       |       |
| 2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE                 |       |       | 3236.3 |       |       |
| 3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE) |       |       | 4440.5 |       |       |
| 4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA) |       |       | 3936.0 |       |       |
| 5.- VOLUMEN DEL MATERIAL                        | 489.5 | 481.2 | 504.5  | 485.0 |       |
| 6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO                      |       |       | 2.387  | 2.440 | 2.440 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA            | 2.394 | 2.370 | 2.387  | 2.440 | 2.444 |

| CONTENIDO C.A % | FECHA PRODUCCION | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------|---------------|
| 5.70            | DISEÑO           |               |

Observaciones :



**Cesar A. Diaz Sarvedra**  
TECNICO LABORATORISTA



**Secundino Blasco Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CIP. 159278



# DISEÑO MAC-2 optimo + 5% polipropileno

- Análisis granulométrico de agregados




Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS**  
(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

---

**PROYECTO** : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles".  
**DESCRIPCIÓN** : Cemento Asfáltico Pen 60/70  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**MATERIAL** : Combinación de agregados  
**SOLICITANTE** : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel

**RESP. LAB.:** S.B.F.  
**TEC. LAB.:** C.A.D.S.  
**FECHA:** Septiembre 2021

---

**DATOS DE DISEÑO**

|                  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 25.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| Polipropileno    | 5.0%  |
| PEN 60/70        |       |

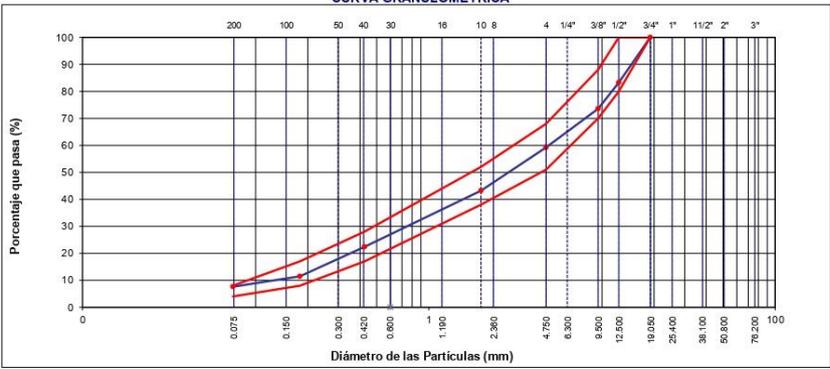
---

**DATOS ENSAYO**

| TAMIZ    | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION MAC - 2 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|--|
| 1"       | 25.000           |               |                     |                    | 100.0               | 100 100                | <b>TAMAÑO MÁXIMO</b> 3/4"<br><b>Peso inicial seco</b> : 10000.0 gr<br><b>Peso fracción fino</b> : 700.0 gr |
| 3/4"     | 19.000           |               |                     |                    | 83.3                | 80 100                 |  |
| 1/2"     | 12.500           | 1675.0        | 16.8                | 16.8               | 73.6                | 70 88                  |  |
| 3/8"     | 9.500            | 967.0         | 9.7                 | 26.4               | 59.2                | 51 68                  |  |
| Nº 4     | 4.750            | 1435.0        | 14.4                | 40.8               | 43.2                | 38 52                  |  |
| Nº 10    | 2.000            | 189.5         | 16.0                | 56.8               | 22.4                | 17 28                  |  |
| Nº 40    | 0.425            | 246.2         | 20.8                | 77.6               | 11.5                | 8 17                   |  |
| Nº 80    | 0.180            | 128.8         | 10.9                | 88.5               | 7.6                 | 4 8                    |  |
| Nº 200   | 0.074            | 45.5          | 3.8                 | 92.4               | 100.0               |                        |  |
| < Nº 200 | FONDO            | 90.0          | 7.6                 | 100.0              |                     |                        |  |

---

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Observaciones :



CONCHA-DÍAZ-SABIEDRA  
TÉCNICO LABORATORISTA



Secundino Bracho Fernández  
ING. CIVIL  
REG. CIP 15578



• Dosificación de concreto asfáltico

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

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

|                    |  |  |                                |
|--------------------|--|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>    | Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles. |  |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> | Cemento Asfáltico Pen 60/70  |  |                                |
| <b>CANTERA</b>     | Tres Tomas - Ferreñafe   |  | <b>RESP. LAB. :</b> S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b>    | Combinación de agregados   |  | <b>TEC. LAB. :</b> C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> | Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel  |  | <b>FECHA :</b> Septiembre 2021 |

| DATOS DE DISEÑO  |       |
|------------------|-------|
| Grava Chancada   | 38.0% |
| Arena Chancada   | 25.0% |
| Arena Zarandeada | 32.0% |
| Polipropileno    | 5.0%  |
| <b>PEN 60/70</b> |       |

| Material          | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 40.77    | 38.45    |
| B Arena.          | 59.23    | 54.07    |

|                  | % Que Pasa el Tamiz |       |        |       |       |         |         |       |        |          |
|------------------|---------------------|-------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|----------|
|                  | 1"                  | 3/4"  | 1/2"   | 3/8"  | Nº 4  | Nº 10   | Nº 40   | Nº 80 | Nº 200 | < Nº 200 |
| Mezcla           | 100.0               | 100.0 | 83.3   | 73.6  | 59.2  | 43.2    | 22.4    | 11.5  | 7.6    |          |
| Especificaciones | 100                 | 100   | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8-17  | 4-8    |          |

| #  | Descripción   | Unidad | 1      | 2      | 3      | Prom. |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1  | Numero de probeta   | #      | 1      | 2      | 3      | Prom. |
| 2  | C.A. en peso de la mezcla   | %      | 5.70   | 5.70   | 5.70   |       |
| 3  | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)                                   | %      | 38.45  | 38.45  | 38.45  |       |
| 4  | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)                                    | %      | 54.07  | 54.07  | 54.07  |       |
| 5  | % de filler en peso de mezcla(minimo 6% pasa malla #200)                              | %      | 1.78   | 1.78   | 1.78   |       |
| 6  | Peso específico aparente de cemento asfáltico   | gr/cc  | 1.021  | 1.021  | 1.021  |       |
| 7  | Peso específico Bulk de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)           | gr/cc  | 2.650  | 2.650  | 2.650  |       |
| 8  | Peso específico Aparente de la grava (=#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)       | gr/cc  | 2.688  | 2.688  | 2.688  | 2.689 |
| 9  | Peso específico Bulk de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)            | gr/cc  | 2.548  | 2.548  | 2.548  |       |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(=#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)        | gr/cc  | 2.640  | 2.640  | 2.640  | 2.594 |
| 11 | Peso específico aparente del filler   | gr/cc  | 0.86   | 0.86   | 0.86   |       |
| 12 | Altura promedio de la probeta   | cm     |        |        |        |       |
| 13 | Peso de la probeta en el aire   | gr     | 1215.3 | 1215.9 | 1217.5 |       |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca                                     | gr     | 1238.1 | 1235.6 | 1239.5 |       |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C   | gr     | 645.6  | 644.9  | 646.5  |       |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15   | c.c.   | 592.5  | 590.7  | 593.0  |       |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)                            | gr/cc  | 2.051  | 2.055  | 2.053  | 2.053 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)          | gr/cc  | 2.357  | 2.357  | 2.357  |       |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2/(7+8))+4*2/(9+10))           | gr/cc  | 2.449  | 2.449  | 2.449  |       |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)                           | %      | 12.97  | 12.81  | 12.89  | 12.89 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))                  | gr/cc  | 2.527  | 2.527  | 2.527  |       |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))            | gr/cc  | 2.711  | 2.711  | 2.711  |       |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4/P-10))                  | gr/cc  | 2.559  | 2.559  | 2.559  |       |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | %      | 0.52   | 0.52   | 0.52   |       |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21                      | %      | 76.55  | 76.70  | 76.63  |       |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)                    | %      | 10.47  | 10.49  | 10.48  |       |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25  | %      | 23.45  | 23.30  | 23.37  | 23.37 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)                               | %      | 5.22   | 5.22   | 5.22   |       |
| 29 | Relacion betun vacios (26/27)*100   | %      | 44.67  | 45.03  | 44.86  | 44.85 |
| 30 | Lectura del aro   | kg     | 191    | 187    | 180    |       |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)                            | kg     | 806    | 790    | 760    |       |
| 32 | Factor de estabilidad   |        | 0.81   | 0.81   | 0.81   |       |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32   | kg     | 653    | 640    | 616    | 636   |
| 34 | Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)   | pul    | 17     | 17     | 17     | 17    |
| 34 | Fluencia  | m.m.   | 4.32   | 4.32   | 4.32   |       |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia   | kg/cm  | 1513   | 1481   | 1426   | 1473  |

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
César A. Díaz Saavedra  
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Buzco Fernandez  
ING. CIVIL  
REG. CIP 182278



- Gravedad específica de mezcla bituminosa

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



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

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>PROYECTO</b> : "Efecto del PET y Polipropileno Reciclado en la Resistencia, Impermeabilidad y Flexión de Pavimentos Flexibles". |                                |
| <b>DESCRIPCION</b> : Cemento Asfáltico Pen 60/70   |                                |
| <b>CANTERA</b> : Tres Tomas - Ferreñafe  | <b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.     |
| <b>MATERIAL</b> : Combinación de agregados   | <b>TEC. LAB.</b> : C.A.D.S.    |
| <b>SOLICITANTE</b> : Correa Gonzales Jhon Felix - Sotero Yengle Christian Daniel   | <b>FECHA</b> : Septiembre 2021 |

| PORCENTAJE DE ASFALTO                           |       |       |        |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|
|   |       |       | 5.7    |       |       |
| 1.- PESO DEL MATERIAL                           |       |       | 1203.2 |       |       |
| 2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE                 |       |       | 3236.3 |       |       |
| 3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE) |       |       | 4439.5 |       |       |
| 4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA) |       |       | 3929.0 |       |       |
| 5.- VOLUMEN DEL MATERIAL                        | 489.5 | 481.2 | 510.5  | 455   |       |
| 6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO                      |       |       | 2.357  | 2.440 | 2.4   |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA            | 2.357 | 2.350 | 2.357  | 2.440 | 2.444 |

| CONTENIDO C.A % | FECHA PRODUCCION | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------|---------------|
| 5.70            | DISEÑO           |               |

Observaciones :



**Cesar A. Diaz Silvedra**  
TECNICO LABORATORISTA



**Secundino Baza Fernandez**  
ING. CIVIL  
REG. CHL 159278



- Ficha técnica polipropileno

PP



El Polipropileno (PP) es un material cuya ventaja es su excelente resistencia química, especialmente a los reactivos orgánicos y a los ácidos. Puede emplearse en la manipulación de alimentos. Tiene una gran dureza y rigidez y posee una excelente resistencia al impacto.

| Propiedades Generales | Metodo de Test | Unit                | Valor |
|-----------------------|----------------|---------------------|-------|
| Color                 | –              | –                   | Beige |
| Peso Específico       | D - 792        | g / cm <sup>3</sup> | 0.91  |

| Propiedades Térmicas                            | Metodo de Test | Unit           | Valor                 |
|---|----------------|----------------|-----------------------|
| Calor Específico                                | C - 351        | Kcal / Kg · °C | 0.48                  |
| Temperatura de Fusión                           | –              | °C             | 160                   |
| Conductividad Termica                           | C - 177        | W / (K · m)    | 0.19                  |
| Coefficiente de Dilatación Lineal (23 - 100 °C) | D - 696        | por °C         | 18 · 10 <sup>-5</sup> |
| Temperatura de Deformación por Carga            | D - 648        | °C             | 55                    |
| Temperatura de Uso Continuo en Aire             | –              | °C             | 0 / 100               |

| Propiedades Mecánicas (23°C)                  | Metodo de Test | Unit                 | Valor       |
|---|----------------|----------------------|-------------|
| Resistencia a la Tracción (Fluencia / Rotura) | D - 638        | Kg / cm <sup>2</sup> | 300 / –     |
| Resistencia a la Comprensión                  | D - 695        | Kg / cm <sup>2</sup> | 80 / 120    |
| Resistencia a la Flexión                      | D - 790        | Kg / cm <sup>2</sup> | 230         |
| Resistencia al Choque (sin entella)           | D - 256        | kJ / m <sup>2</sup>  | SR          |
| Alargamiento a la Rotura                      | D - 638        | %                    | 600         |
| Módulo de Elasticidad (Tracción)              | D - 638        | Kg / cm <sup>2</sup> | 11,500      |
| Dureza  | D - 2240       | Shore D              | 71 / 74     |
| Coefficiente de Roce Estático S/Acero         | D - 1894       | –                    | –           |
| Coefficiente de Roce Dinámico S/Acero         | D - 1894       | –                    | 0.30 - 0.45 |
| Resistencia al Desgaste por Roce              | –              | –                    | REGULAR     |

| Propiedades Eléctricas        | Metodo de Test | Unit    | Valor   |
|-------------------------------|----------------|---------|---------|
| Constante Dieléctrica a 60 Hz | D - 150        | –       | 2.25    |
| Constante Dieléctrica a 1 kHz | D - 150        | –       | 2.4     |
| Constante Dieléctrica a 1 MHz | D - 150        | –       | 2.4     |
| Absorción de Humedad al Aire  | D - 570        | %       | < 0.01  |
| Resistencia Superficial       | D - 257        | Ω       | 10 a 16 |
| Resistencia Volumétrica       | D - 257        | Ω · cm  | 10 a 15 |
| Rigidez Dieléctrica           | D - 149        | kV / mm | 50      |

Nota: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1,000 kg/m<sup>3</sup> ; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> ; 1 kV/mm = 1 MV/m

SR: Sin Rotura

PP



| Propiedades Químicas                           | Observaciones       |
|--|---------------------|
| Resistencia a Hidrocarburos                    | REGULAR             |
| Resistencia a Acidos Débiles a Temp. Ambiente  | MUY BUENA           |
| Resistencia a Alcalis Débiles a Temp. Ambiente | MUY BUENA           |
| Resistencia a Productos Químicos Definidos     | -                   |
| Efecto de los Rayos Solares                    | LO AFECTA           |
| Aprobado para Contacto con Alimentos           | SI                  |
| Comportamiento a la Combustión                 | ARDE FACILMENTE     |
| Propagación de Llama                           | MANTIENE LA LLAMA   |
| Comportamiento al Quemarlo                     | FUNDE y GOTEA       |
| Color de la Llama                              | AZUL PUNTA AMARILLA |
| Olor al Quemarlo                               | PARAFINA            |

Nota: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1,000 kg/m<sup>3</sup> ; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> ; 1 kV/mm = 1 MV/m

SR: Sin Rotura

- Ficha técnica polietileno

HDPE



El HDPE es un material termoplástico parcialmente amorfo y parcialmente cristalino. Además es resistente a las bajas temperaturas, impermeable, con poca estabilidad dimensional y no tóxico. También presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión.

| Propiedades Generales | Metodo de Test | Unit                | Valor  |
|-----------------------|----------------|---------------------|--------|
| Color                 | –              | –                   | Blanco |
| Peso Específico       | D - 792        | g / cm <sup>3</sup> | 0.95   |

| Propiedades Térmicas                            | Metodo de Test | Unit           | Valor                 |
|---|----------------|----------------|-----------------------|
| Calor Específico                                | C - 351        | Kcal / Kg · °C | 0.45                  |
| Temperatura de Fusión                           | –              | °C             | 130                   |
| Conductividad Termica                           | C - 177        | W / (K · m)    | 0.35                  |
| Coefficiente de Dilatación Lineal (23 - 100 °C) | D - 696        | por °C         | 20 · 10 <sup>-5</sup> |
| Temperatura de Deformación por Carga            | D - 648        | °C             | 45                    |
| Temperatura de Uso Continuo en Aire             | –              | °C             | 0 / 80                |

| Propiedades Mecánicas (23°C)                  | Metodo de Test | Unit                 | Valor       |
|---|----------------|----------------------|-------------|
| Resistencia a la Tracción (Fluencia / Rotura) | D - 638        | Kg / cm <sup>2</sup> | 280 / –     |
| Resistencia a la Comprensión                  | D - 695        | Kg / cm <sup>2</sup> | 90 / 150    |
| Resistencia a la Flexión                      | D - 790        | Kg / cm <sup>2</sup> | 280         |
| Resistencia al Choque (sin entella)           | D - 256        | kJ / m <sup>2</sup>  | SR          |
| Alargamiento a la Rotura                      | D - 638        | %                    | > 400       |
| Módulo de Elasticidad (Tracción)              | D - 638        | Kg / cm <sup>2</sup> | 12,000      |
| Dureza  | D - 2240       | Shore D              | 64 - 68     |
| Coefficiente de Roce Estático S/Acero         | D - 1894       | –                    | 0.30 - 0.35 |
| Coefficiente de Roce Dinámico S/Acero         | D - 1894       | –                    | 0.25        |
| Resistencia al Desgaste por Roce              | –              | –                    | BUENA       |

| Propiedades Eléctricas        | Metodo de Test | Unit    | Valor     |
|-------------------------------|----------------|---------|-----------|
| Constante Dieléctrica a 60 Hz | D - 150        | –       | 2.3       |
| Constante Dieléctrica a 1 kHz | D - 150        | –       | 2.3       |
| Constante Dieléctrica a 1 MHz | D - 150        | –       | 2.3       |
| Absorción de Humedad al Aire  | D - 570        | %       | < 0.01    |
| Resistencia Superficial       | D - 257        | Ω       | > 10 - 15 |
| Resistencia Volumétrica       | D - 257        | Ω · cm  | > 10 - 14 |
| Rigidez Dieléctrica           | D - 149        | kV / mm | 50        |

Nota: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1,000 kg/m<sup>3</sup> ; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> ; 1 kV/mm = 1 MV/m

SR: Sin Rotura

HDPE



| Propiedades Químicas                           | Observaciones       |
|--|---------------------|
| Resistencia a Hidrocarburos                    | REGULAR             |
| Resistencia a Acidos Débiles a Temp. Ambiente  | BUENA               |
| Resistencia a Alcalis Débiles a Temp. Ambiente | BUENA               |
| Resistencia a Productos Químicos Definidos     | -                   |
| Efecto de los Rayos Solares                    | AFECTAN             |
| Aprobado para Contacto con Alimentos           | SI                  |
| Comportamiento a la Combustión                 | ARDE FACILMENTE     |
| Propagación de Llama                           | MANTIENE LA LLAMA   |
| Comportamiento al Quemarlo                     | FUNDE y GOTEA       |
| Color de la Llama                              | AZUL PUNTA AMARILLA |
| Olor al Quemarlo                               | PARAFINA            |

Nota: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1,000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m

SR: Sin Rotura

## Anexo 13: Pruebas estadísticas de la investigación

Resultados de la mezcla asfáltica convencional + PET y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a ESTABILIDAD (KG)

### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR (DIA) N° 01

#### HIPÓTESIS:

Hipótesis Nula. -

$$H_0 : T_i = 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son iguales}$$

Hipótesis Alternativa. -

$$H_i : T_i \neq 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son diferentes}$$

NIVEL DE SIGNIFICANCIA:  $\alpha = 0.05$

ESTADÍSTICA DE PRUEBA: ANOVA

#### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio              | Prueba F          |
|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| Media               | $M_{yy}$          | 1                  | $M = \frac{M_{yy}}{1}$      |                   |
| Tratamiento         | $T_{yy}$          | $t-1$              | $T = \frac{T_{yy}}{t-1}$    | $F = \frac{T}{E}$ |
| Error               | $E_{yy}$          | $t(n-1)$           | $E = \frac{E_{yy}}{t(n-1)}$ |                   |
| Total               | $\sum Y_{ij}^2$   | $n_t$              |                             |                   |

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt} \quad T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy} \quad E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

$$M_{yy} = \frac{13303.33^2}{14} = 12641334.13$$

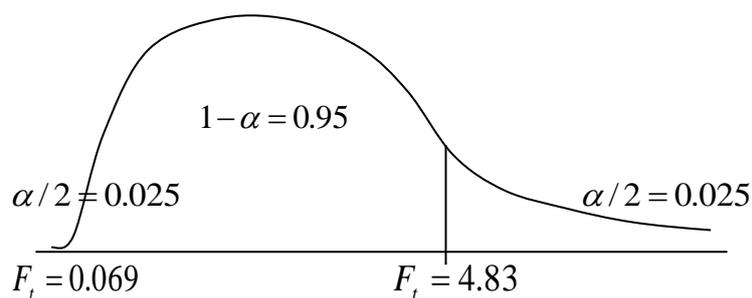
$$T_{yy} = \frac{4459.33^2}{5} + \frac{3448^2}{3} + \frac{3081^2}{3} + \frac{2315^2}{3} - 12641334.13 = 249293.30$$

$$E_{yy} = 13212281.78 - 12641334.13 - 249293.30 = 321654.36$$

### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Prueba F   |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|
| Media               | 12641334.13       | 1                  |                |            |
| Tratamiento         | 249293.30         | 3                  | 83097.76<br>51 | 2.58344909 |
| Error               | 321654.36         | 10                 | 32165.43<br>56 |            |
| Total               | 13212281.78       | 14                 |                |            |

#### Regiones:



#### Decision

Ho se Rechaza, por lo tanto, los tratamientos mezcla asfáltica convencional + PET y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a ESTABILIDAD (KG) (T1; T2; T3, T4) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%.

**Resultados de la mezcla asfáltica convencional + PET y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a FLUJO (mm)**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR (DIA) N° 02**

**HIPÓTESIS:**

**Hipótesis Nula.-**

$$H_0 : T_i = 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son iguales}$$

**Hipótesis Alternativa. -**

$$H_i : T_i \neq 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son diferentes}$$

**NIVEL DE SIGNIFICANCÍA:**  $\alpha = 0.05$

**ESTADÍSTICA DE PRUEBA:** ANOVA

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR**

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio              | Prueba F          |
|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| Media               | $M_{yy}$          | 1                  | $M = \frac{M_{yy}}{1}$      |                   |
| Tratamiento         | $T_{yy}$          | $t-1$              | $T = \frac{T_{yy}}{t-1}$    | $F = \frac{T}{E}$ |
| Error               | $E_{yy}$          | $t(n-1)$           | $E = \frac{E_{yy}}{t(n-1)}$ |                   |
| Total               | $\sum Y_{ij}^2$   | $n_i t$            |                             |                   |

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt}$$

$$T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy}$$

$$E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

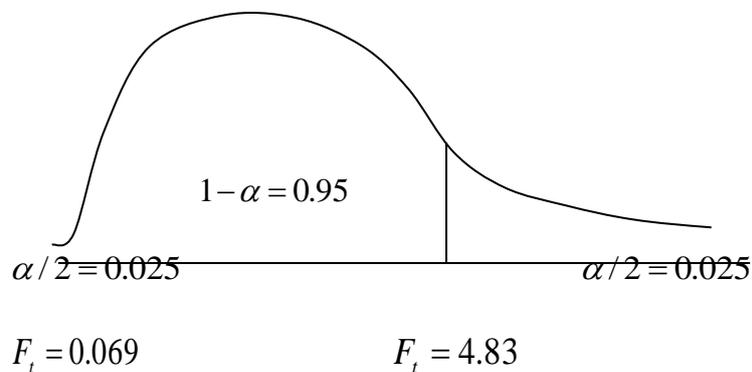
$$M_{yy} = \frac{48.86^2}{14} = 170.50 \quad T_{yy} = \frac{10.69^2}{5} + \frac{10.16^2}{3} + \frac{10.93^2}{3} + \frac{11.68^2}{3} - 170.50 = 0.96$$

$$E_{yy} = 172.30 - 170.50 - 0.96 = 0.84$$

### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO IMCOMPLETO AL AZAR

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Prueba F       |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Media               | 170.50            | 1                  |                |                |
| Tratamiento         | 0.96              | 3                  | 0.32077825     | 3.8018513<br>9 |
| Error               | 0.84              | 10                 | 0.08437422     |                |
| Total               | 172.30            | 14                 |                |                |

### REGIONES:



### DECISION

Ho se Rechaza, por lo tanto la mezcla asfáltica convencional + PET y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a FLUJO (mm) los tratamientos (T1; T2; T3, T4) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%,

**Resultados de la mezcla asfáltica convencional + PET y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a % De vacíos con aire**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR (DIA) N° 03**

**HIPÓTESIS:**

**Hipótesis Nula. -**

$$H_0 : T_i = 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son iguales}$$

**Hipótesis Alternativa. -**

$$H_i : T_i \neq 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son diferentes}$$

**NIVEL DE SIGNIFICANCIA:**  $\alpha = 0.05$

**ESTADÍSTICA DE PRUEBA:** ANOVA

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR**

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio              | Prueba F          |
|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| Media               | $M_{yy}$          | 1                  | $M = \frac{M_{yy}}{1}$      |                   |
| Tratamiento         | $T_{yy}$          | $t-1$              | $T = \frac{T_{yy}}{t-1}$    | $F = \frac{T}{E}$ |
| Error               | $E_{yy}$          | $t(n-1)$           | $E = \frac{E_{yy}}{t(n-1)}$ |                   |
| Total               | $\sum Y_{ij}^2$   | $n_i t$            |                             |                   |

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt} \quad T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy} \quad E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

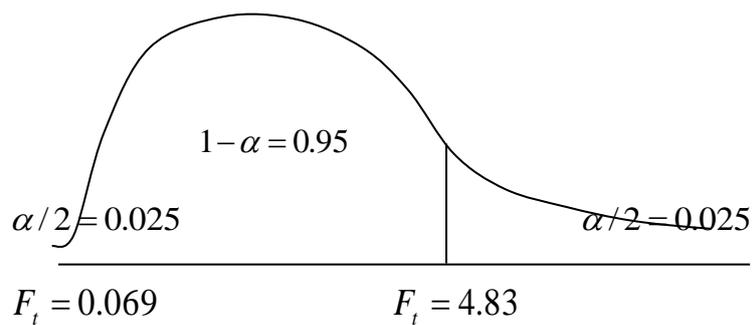
$$M_{yy} = \frac{100.53^2}{14} = 721.88 \quad T_{yy} = \frac{21.62^2}{5} + \frac{13.45^2}{3} + \frac{26.31^2}{3} + \frac{31.15^2}{3} - 721.88 = 68.07$$

$$E_{yy} = 815.35 - 721.88 - 68.07 = 25.41$$

## ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Prueba F   |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|
| Media               | 721.88            | 1                  |                |            |
| Tratamiento         | 68.07             | 3                  | 22.6906798     | 8.93148346 |
| Error               | 25.41             | 10                 | 2.54052756     |            |
| Total               | 815.35            | 14                 |                |            |

### REGIONES:



### DECISION

$H_0$  se Rechaza, por lo tanto, mezcla asfáltica convencional + PET y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a % De vacíos con aire, los tratamientos (T1; T2; T3, T4) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%

**Resultados de la mezcla asfáltica convencional + polipropileno y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a ESTABILIDAD (KG)**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR (DIA) N° 04**

**HIPÓTESIS:**

**Hipótesis Nula. -**

$$H_0 : T_i = 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son iguales}$$

**Hipótesis Alternativa. -**

$$H_i : T_i \neq 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son diferentes}$$

**NIVEL DE SIGNIFICANCÍA:**  $\alpha = 0.05$

**ESTADÍSTICA DE PRUEBA:** ANOVA

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR**

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio              | Prueba F          |
|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| Media               | $M_{yy}$          | 1                  | $M = \frac{M_{yy}}{1}$      |                   |
| Tratamiento         | $T_{yy}$          | $t-1$              | $T = \frac{T_{yy}}{t-1}$    | $F = \frac{T}{E}$ |
| Error               | $E_{yy}$          | $t(n-1)$           | $E = \frac{E_{yy}}{t(n-1)}$ |                   |
| Total               | $\sum Y_{ij}^2$   | $n_i t$            |                             |                   |

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt}$$

$$T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy}$$

$$E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

$$M_{yy} = \frac{12344.33^2}{14} = 10884468.96$$

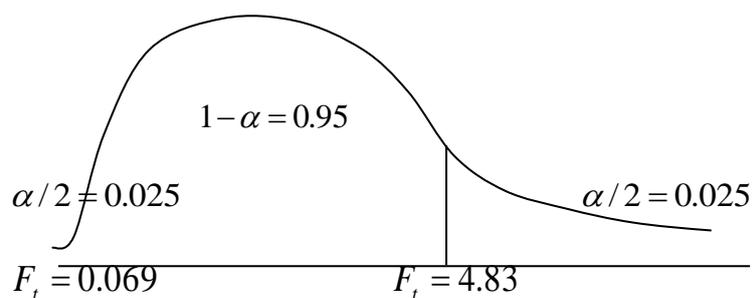
$$T_{yy} = \frac{4459.33^2}{5} + \frac{3244^2}{3} + \frac{2732^2}{3} + \frac{1909^2}{3} - 10884468.96 = 303208.80$$

$$E_{yy} = 11507662.78 - 10884468.96 - 303208.80 = 319985.02$$

### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Prueba F   |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|
| Media               | 10884468.96       | 1                  |                |            |
| Tratamiento         | 303208.80         | 3                  | 101069.598     | 3.15857279 |
| Error               | 319985.02         | 10                 | 31998.5022     |            |
| Total               | 11507662.78       | 14                 |                |            |

### REGIONES:



**DECISION:** Ho se Rechaza, por lo tanto, la **mezcla asfáltica convencional + polipropileno y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a ESTABILIDAD (KG)** los tratamientos (T1; T2; T3, T4) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%.

**Resultados de la mezcla asfáltica convencional + polipropileno y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a FLUJO (mm)**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR (DIA) N° 05**

**HIPÓTESIS:**

**Hipótesis Nula. -**

$$H_0 : T_i = 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son iguales}$$

**Hipótesis Alternativa. -**

$$H_i : T_i \neq 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son diferentes}$$

**NIVEL DE SIGNIFICANCIA:**  $\alpha = 0.05$

**ESTADÍSTICA DE PRUEBA:** ANOVA

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR**

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio                | Prueba F          |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Media               | $M_{yy}$          | 1                  | $M = \frac{M_{yy}}{1}$        |                   |
| Tratamiento         | $T_{yy}$          | $t - 1$            | $T = \frac{T_{yy}}{t - 1}$    | $F = \frac{T}{E}$ |
| Error               | $E_{yy}$          | $t(n - 1)$         | $E = \frac{E_{yy}}{t(n - 1)}$ |                   |
| Total               | $\sum Y_{ij}^2$   | $n_i t$            |                               |                   |

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt} \quad T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy} \quad E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

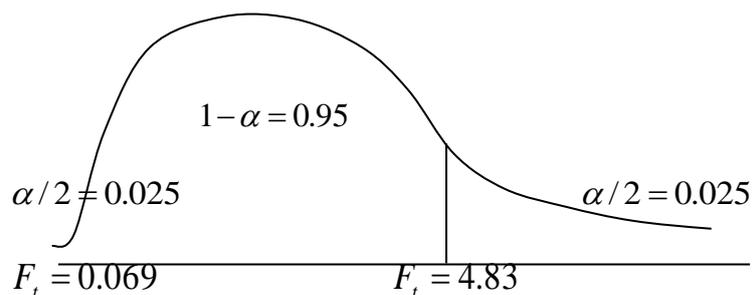
$$M_{yy} = \frac{51.03^2}{14} = 185.98 \quad T_{yy} = \frac{10.69^2}{5} + \frac{10.55^2}{3} + \frac{11.43^2}{3} + \frac{12.96^2}{3} - 185.98 = 2.41$$

$$E_{yy} = 189.15 - 185.98 - 2.41 = 0.76$$

### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO IMCOMPLETO AL AZAR

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Prueba F   |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|
| Media               | 185.98            | 1                  |                |            |
| Tratamiento         | 2.41              | 3                  | 0.80415048     | 3.80185139 |
| Error               | 0.76              | 10                 | 0.07604089     |            |
| Total               | 189.15            | 14                 |                |            |

### REGIONES:



**DECISION:** Ho se Rechaza, por lo tanto, la **mezcla asfáltica convencional + polipropileno y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a FLUJO (mm)** los tratamientos (T1; T2; T3, T4) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%.

**Resultados de la mezcla asfáltica convencional + polipropileno y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a % De vacíos con aire**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR (DIA) N° 06**

**HIPÓTESIS:**

**Hipótesis Nula. -**

$$H_0 : T_i = 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son iguales}$$

**Hipótesis Alternativa. -**

$$H_i : T_i \neq 0 \text{ Los promedios de los tratamientos son diferentes}$$

**NIVEL DE SIGNIFICANCIA:**  $\alpha = 0.05$

**ESTADÍSTICA DE PRUEBA:** ANOVA

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO INCOMPLETO AL AZAR**

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio                | Prueba F          |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Media               | $M_{yy}$          | 1                  | $M = \frac{M_{yy}}{1}$        |                   |
| Tratamiento         | $T_{yy}$          | $t - 1$            | $T = \frac{T_{yy}}{t - 1}$    | $F = \frac{T}{E}$ |
| Error               | $E_{yy}$          | $t(n - 1)$         | $E = \frac{E_{yy}}{t(n - 1)}$ |                   |
| Total               | $\sum Y_{ij}^2$   | $n_i t$            |                               |                   |

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt}$$

$$T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy}$$

$$E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

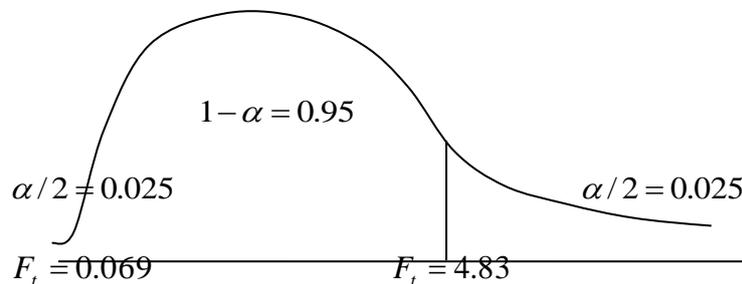
$$M_{yy} = \frac{111.31^2}{14} = 884.99 \quad T_{yy} = \frac{29.62^2}{5} + \frac{13.95^2}{3} + \frac{29.07^2}{3} + \frac{38.67^2}{3} - 884.99 = 135.49$$

$$E_{yy} = 1046.11 - 884.99 - 135.49 = 25.63$$

### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN MODELO DISEÑO IMCOMPLETO AL AZAR

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Prueba F   |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|
| Media               | 884.99            | 1                  |                |            |
| Tratamiento         | 135.49            | 3                  | 45.1623243     | 17.6181736 |
| Error               | 25.63             | 10                 | 2.56339422     |            |
| Total               | 1046.11           | 14                 |                |            |

### REGIONES:



**DECISION:** Ho se Rechaza, por lo tanto **mezcla asfáltica convencional + polipropileno y con los porcentajes del 1%, 3% y 5% con respecto a % De vacíos con aire** los tratamientos (T1; T2; T3, T4) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%.

Anexo 14. Panel Fotográfico

Imagen 1. Agregado fino y agregado grueso



Fuente: 2022

Imagen 2. PET y polipropileno reciclado



Fuente: 2022

Imagen 3. Granulometría de agregados



Fuente: 2022

Imagen 4. Molde marshal, horno electrico y muestra asfaltica



Fuente: 2022

Imagen 5. Calentamiento de los agregados



Fuente: 2022

Imagen 6. Calentamiento de la mezcla asfáltica entre 120°C y 140°C en horno eléctrico



Fuente: 2022

Imagen 7. Vertido de la mezcla asfáltica a molde marshal



Fuente: 2022

Imagen 8. Compactación mezcla asfáltica en aparato marshal 75 golpes por ambos lados de la briqueta



Fuente: 2022

Imagen 9. Extracción de las briquetas de asfalto



Fuente: 2022

Imagen 10. Medición y pesaje en seco, mojadas y sumergidas briquetas asfálticas



Fuente: 2022

Imagen 11. Briquetas asfálticas sometidas a baño maría a 60°C por un lapso de 30 minutos



Fuente: 2022

Imagen 12. Briquetas sometidas a rotura en prensa marshall



Fuente: 2022