



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022”

**TESIS PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Ravelo Lanasca, Waldir Alfred ([orcid.org/0000-0003-4534-9559](https://orcid.org/0000-0003-4534-9559))

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique ([orcid.org/0000-0002-0684-5114](https://orcid.org/0000-0002-0684-5114))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a Dios, creador del cielo y de la tierra, por brindarme una vida saludable y bendecirme con una familia que me llena de amor y sabiduría.

A mi abuelo Leoncio Lanasca y a mi abuela Clara Rupay, por haberme inculcado el respeto y la perseverancia, por haber luchado y trabajado duro para poder cumplir mis metas.

A mi madre María Lanasca, por siempre estar a mi lado alentándome, motivándome y siempre ser mi soporte en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis tíos y tías, por estar pendiente de mí, apoyarme económica y emocionalmente, con el fin de mantener una tranquilidad emocional en esta etapa de mi vida universitaria.

## **Agradecimiento**

A la Universidad César Vallejo por inculcarme y brindarme todos los conocimientos en mi formación profesional universitaria.

Al Ing. Gerardo Cancho, por sus asesorías, aportaciones y brindarme sus críticas para poder desarrollar satisfactoriamente mi proyecto de investigación.

También agradezco a mis amigos, por siempre estar apoyándome en la investigación de mi trabajo, siempre estar motivándome y alentándome.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimientos.....	25
3.6. Métodos de análisis de datos.....	27
3.7. Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS .....	29
V. DISCUSIÓN .....	52
VI. CONCLUSIONES .....	57
VII.RECOMENDACIONES .....	58
REFERENCIAS .....	59
ANEXOS	

## Índice de tabla

Tabla N°1: Tipo de arena según el módulo de finura .....	anexo
Tabla N°2: Granulometría del agregado fino.....	anexo
Tabla N°3: Granulometría del agregado grueso.....	anexo
Tabla N°4: Dosificación 0 (D0): Para la muestra patrón o convencional (P) 0%PET .....	21
Tabla N°5: Dosificación 1 (D1): Para la muestra patrón modificada con 5% PET+ 95% agregados pétreos (AP) .....	21
Tabla N°6: Dosificación 2 (D2): Para la muestra patrón modificada con 7% PET+ 93% agregados pétreos (AP) .....	22
Tabla N°7: Dosificación especímenes ensayo de estabilidad .....	26
Tabla N°8: Dosificación especímenes ensayo de impermeabilidad .....	27
Tabla N°9: Dosificación especímenes ensayo de trabajabilidad .....	27
Tabla N°10: Análisis granulométrico de grava triturada .....	30
Tabla N°11: Gravedad específica y absorción-agregado grueso (MTC E206) .....	31
Tabla N°12: Análisis granulométrico de Arena Triturada.....	32
Tabla N°13: Gravedad específica y absorción-agregado fino (MTC E206) .....	33
Tabla N°14: Análisis granulométrico de plástico tipo PET fragmentada.....	34
Tabla N°15: Análisis granulométrico de MAC (ASTM D-6927) .....	35
Tabla N°16: Datos de las proporciones de mezclas Marshall modificado.....	36
Tabla N°17: Características Marshall modificado.....	37
Tabla N°18: Análisis granulométrico de MAC con PET (ASTM D-6927) .....	39
Tabla N°19: Estabilidad Marshall con 5% de PET .....	40
Tabla N°20: Impermeabilidad con 5% de PET .....	41
Tabla N°21: Trabajabilidad con 5% de PET .....	42
Tabla N°22: Estabilidad Marshall con 7% de PET.....	43
Tabla N°23: Impermeabilidad con 7% de PET.....	44
Tabla N°24: Trabajabilidad con 7% de PET .....	45
Tabla N°25: Resultados de Ensayos de Estabilidad Marshall .....	46
Tabla N°26: Resultados de Ensayos de Impermeabilidad (% de Vacíos) .....	47
Tabla N°27: Resultados de Ensayos de Trabajabilidad (Flujo Marshall) .....	48
Tabla N°28: Características de Diseño Marshall Modificado.....	50
Tabla N°29: Dosificación de mezcla de agregados.....	51
Tabla N°30: Parámetros de diseño Marshall (estabilidad) .....	53
Tabla N°31: Parámetros de diseño Marshall (% de vacíos) .....	55
Tabla N°32: Parámetros de diseño Marshall (flujo) .....	56

## Índice de figuras

<b>Figura N°1:</b> Sección transversal de un pavimento flexible .....	anexo
<b>Figura N°2:</b> Plásticos tipo PET .....	anexo
<b>Figura N°3:</b> Cemento asfáltico .....	anexo
<b>Figura N°4:</b> Proceso por vía húmeda .....	anexo
<b>Figura N°5:</b> Proceso por vía seca .....	anexo
<b>Figura N°6:</b> Ubicación a nivel nacional .....	20
<b>Figura N°7:</b> Ubicación a nivel distrital-Chanchamayo .....	20
<b>Figura N°8:</b> Curva granulométrica de la grava triturada .....	30
<b>Figura N°9:</b> Curva granulométrica de la arena triturada .....	32
<b>Figura N°10:</b> Curva granulométrica del plástico tipo PET fragmentada .....	34
<b>Figura N°11:</b> Curva granulométrica de MAC (ASTM D-6927) .....	35
<b>Figura N°12:</b> Curvas de energía de compactación constante .....	37
<b>Figura N°13:</b> Curva granulométrica de MAC con PET (ASTM D-6927) .....	39
<b>Figura N°14:</b> Estabilidad con 5% de PET para 03 briqueta .....	40
<b>Figura N°15:</b> Impermeabilidad con 5% de PET para 03 briqueta .....	41
<b>Figura N°16:</b> Trabajabilidad con 5% de PET para 03 briqueta .....	42
<b>Figura N°17:</b> Estabilidad con 7% de PET para 03 briqueta .....	43
<b>Figura N°18:</b> Impermeabilidad con 7% de PET para 03 briqueta .....	44
<b>Figura N°19:</b> Trabajabilidad con 7% de PET para 03 briqueta .....	45
<b>Figura N°20:</b> Estabilidad Marshall para los 03 diseño de mezclas asfálticas en caliente .....	46
<b>Figura N°21:</b> Impermeabilidad para los 03 diseño de mezclas asfálticas en caliente .....	47
<b>Figura N°22:</b> Trabajabilidad para los 03 diseño de mezclas asfálticas en caliente .....	48

## RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue analizar de qué manera influye la incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible. Por ende, se realizaron ensayos de la estabilidad, impermeabilidad y trabajabilidad de la mezcla asfáltica. La investigación fue de tipo aplicada, diseño experimental (causa-efecto), nivel explicativo y de enfoque cuantitativo. La muestra estuvo constituida por 36 briquetas de mezcla asfáltica incorporando plástico PET, se desarrolló en los cruces entre la Av. Lima-Av. Marginal hasta el Jr. Junín-Av. Marginal, Pichanaqui, Chanchamayo, Junín. Los resultados de la investigación fueron que, al agregar 5% y 7% de PET en las mezclas asfálticas; la estabilidad disminuye respecto a la mezcla convencional (12,2 KN), en 1,6 KN y 2,5 KN respectivamente. Por otro lado, la impermeabilidad (% de vacíos) aumentan respecto a la mezcla convencional (4,2%), en 0,9% y 2,0% respectivamente. Finalmente, la trabajabilidad (flujo) aumenta respecto al flujo de la mezcla convencional (13,7 mm), en 1,3 mm y 2,0 mm respectivamente. Se concluyó que, la incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas no influyen positivamente en las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible ya que los resultados no cumplen con los parámetros de diseño Marshall.

Palabras clave: Plásticos PET, estabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad, mezclas asfálticas.

## ABSTRACT

The general objective of the research was to analyze how the incorporation of the PET system influences asphalt mixtures to improve the physical-mechanical properties of a flexible pavement. Therefore, tests of the stability, impermeability and workability of the asphalt mixture were carried out. The research was applied type, experimental design (cause-effect), explanatory level and quantitative approach. The sample consisted of 36 asphalt mixture briquettes incorporating PET plastic, developed at the intersections between Av. Lima-Av. Marginal to Jr. Junín-Av. Marginal, Pichanaqui, Chanchamayo, Junín. The results of the investigation were that, when adding 5% and 7% of PET in the asphalt mixtures; the stability decreases with respect to the conventional mixture (12.2 KN), by 1.6 KN and 2.5 KN, respectively. On the other hand, the impermeability (% of voids) increased with respect to the conventional mixture (4.2%), by 0.9% and 2.0%, respectively. Finally, the workability (flow) increases with respect to the flow of the conventional mixture (13.7 mm), by 1.3 mm and 2.0 mm, respectively. It was concluded that the incorporation of the PET system in asphalt mixtures does not positively influence the physical-mechanical properties of a flexible pavement since the results do not comply with the Marshall design parameters.

Keywords: PET plastics, stability, workability, impermeability, asphalt mixtures.



## I. INTRODUCCIÓN

**Problema real a nivel internacional:** Anteriormente los problemas más notorios de destrozos y deterioros de pavimentos se daban por empozamientos de agua a causa de las lluvias o fallas en drenajes pluviales. Hoy en día, los constantes números de repeticiones de acciones de carga de los vehículos son las principales causas de fallas y deterioros en los pavimentos. **(Instituto Mexicano del Transporte, 2018, p. 6)**. La Confederación Nacional de Transportes (CNT), realizó una encuesta en el año 2018 sobre los estados actuales de las infraestructuras viales nacionales en Brasil, los problemas más resaltantes encontrados son rajaduras o ranuras en el revestimiento asfáltico, trincas o defectos en el revestimiento, hundimiento o deformación plástica en la superficie del pavimento, fallas de drenaje pluvial y problemas de compactación; agujeros o también llamado ollas, etc. **(Romanelly, 2021, párr.2)**. **A nivel nacional:** En Perú, se puede apreciar pavimentos con una clara situación de patologías que dañan, disminuyen e influyen negativamente en sus propiedades, haciéndole esto menos resistente e incumpliendo la vida útil de diseño. Para que los pavimentos se desarrollen óptimamente y en buenas condiciones, se requiere una planeación satisfactoria de gestiones de pavimentos y mantenimiento de vías, tomando en cuenta soluciones innovadoras, técnicas, tecnológicas y normas que prevengan fallas o problemas de los pavimentos, ya sea rígidos o flexibles. **(Condorchoa, 2019, p.23)**. Así mismo en el Perú el principal problema en los pavimentos se debe a una inadecuada gestión de mantenimiento y una exclusión notoria de la vida útil de diseño y no se verifica la evolución del pavimento en el transcurso del tiempo, y solo tienden a preocuparse cuando las fallas o deterioros en el pavimento son realmente perjudiciales para la población. **(Zevallos, 2017, p.18)**. **A nivel local:** En Pichanaqui, la temperatura en tiempos de verano puede sobrepasar los 35 °C, usualmente la temperatura anual tiene una variación de entre 21 °C a 33 °C, en tiempos de invierno la temperatura rara vez baja a menos de 19 °C y son muy nublados **(Portal Turístico Selva Central, 2021, párr.1)**. Siendo así, uno de las ciudades más calientes en verano y de lluvias torrenciales en invierno, dichas condiciones climáticas son las causas principales que influyen en el problema de

pérdidas de propiedades en el pavimento. Habiendo reconocido los problemas que dañan las infraestructuras viales a nivel internacional, nacional y local, uno de los materiales reciclables para incorporar y modificar las mezclas asfálticas, es el plástico PET; en el Perú se genera 1,4 millones de toneladas al año de PET, entre ellos solo se recicla un 4% de plásticos según el Ministerio del Ambiente (MINAM). Debido a los argumentos indicados es necesario evaluar la influencia de las propiedades físico-mecánicas del pavimento al incorporar plásticos tipo PET en pavimentos reciclados. Por ende, el **problema general** de la investigación fue, ¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022? Del mismo modo, **los problemas específicos** que se formularon fueron los siguientes, **PE1:** ¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **estabilidad** de un pavimento flexible? **PE2:** ¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **impermeabilidad** de un pavimento flexible? **PE3:** ¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **trabajabilidad** de un pavimento flexible? Este presente trabajo de investigación se respalda en las siguientes justificaciones, **la justificación práctica:** Servirá para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, ya sea en la estabilidad, impermeabilidad y trabajabilidad. **En la justificación social:** Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática “INEI” (2020), en su Boletín Especial N° 26 titulada, Perú: Estimación y proyección de población por departamento, provincia y distrito, 2018-2020, para el 2020 Pichanaqui estaba proyectada a 42 869 habitantes entre urbanos y rurales, de los cuales la incorporación de plástico PET en mezclas asfálticas, beneficiará a más de 5000 transeúntes y conductores de vehículos grandes, medianos y chicos, que transitan por la avenida Marginal, Pichanaqui. **En la justificación económica:** servirá para reducir y optimizar los gastos o costos al incorporar plásticos PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible respecto a los métodos convencionales o tradicionales. **En la justificación técnica:** A través de la

presente investigación se evalúa, concientiza y proporciona conocimientos a la población académica o profesional a tener en cuenta la incorporación de plásticos tipo PET en mezclas asfálticas como un método innovador para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible. Así mismo se planteó el siguiente **objetivo general**, analizar de qué manera influye la incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022. De igual manera, **los objetivos específicos** fueron, **OE1:** Evaluar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **estabilidad** de un pavimento flexible. **OE2:** Determinar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **impermeabilidad** de un pavimento flexible. **OE3:** Evaluar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **trabajabilidad** de un pavimento flexible. La **hipótesis general** que se formuló fue, la incorporación de plásticos PET fragmentados en mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022. Las **hipótesis específicas** fueron: **HE1:** La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la **estabilidad** de un pavimento flexible. **HE2:** La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la **impermeabilidad** de un pavimento flexible. **HE3:** La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la **trabajabilidad** de un pavimento flexible.

## II. MARCO TEÓRICO

**Antecedentes internacionales: Marcillo (2018)**, en su tesis su **objetivo** fue, verificar el comportamiento de la mezcla de asfalto al incorporar una porción de plástico reciclado. Dicha **metodología** es experimental, los **resultados** de la investigación fueron que, de 3% a 5% debe ser el rango óptimo para los porcentajes de vacíos; siendo este comprobado que solo con la incorporación del 3% del plástico reciclado modificando la mezcla asfáltica cumple con la Especificación General para construcción de caminos y puentes. Como **conclusión** se tiene que, la modificación de mezcla más conveniente y óptima para la investigación se consideró el 25% carbon+30%Arena+20%Grava 3/4"+25%Grava 1/2", se utilizó un 6.10% de asfalto y 3% de plástico reciclado. También se llegó a la conclusión que el proceso más adecuado para combinar el asfalto con el plástico reciclado, es el método seco, es decir el plástico reciclado será incorporado como parte del agregado. **Camacho, Gómez y López (2019)**, en su tesis, su **objetivo** general fue, constatar si la incorporación de fibra PET en una porción de 1% sobre la mezcla asfáltica, puede alcanzar iguales o mejores resultados, respecto a las mezclas comunes, especificadas por el INVIAS (Instituto Nacional de Vías). La **metodología** es experimental, los **resultados** de la investigación fueron que, la mezcla asfáltica con incorporación de 1% de fibra PET tuvo una adhesión del 96%, siendo este el porcentaje óptimo que la norma del asfalto densa en caliente de gradación continua, con agregados de 19 mm de tamaño aproximado (MDC-19) recomienda, el cual tiene que sobrepasar el 80%. Como **conclusión** se tiene que, el material fino que se está empleando en el diseño de mezcla se combinan con el filler y la fibra de PET, generando una distribución relativamente homogénea por toda la mezcla. De igual modo, la incorporación de fibra PET sobre la mezcla influye positivamente a la resistencia por fatiga y que la rigidez sufra una reducción del 50%. Con lo cual se garantiza que la rigidez del espécimen no se reducirá muy rápidamente. **Cabrera (2021)**, en su tesis de maestría tiene como **objetividad**, evaluar la viabilidad al adicionar 4% y 6% de plástico tipo PET reciclado, como una porción del peso de los agregados en una mezcla asfáltica en caliente mediante ensayos de sus propiedades tales

como la viscoelasticidad y la durabilidad. Dicha **metodología** es experimental, los **resultados** de la investigación fueron, que al agregar 4% y 6% de PET en la mezcla asfáltica se logró una influencia positiva en la resistencia a la deformación plástica (ahuellamiento), a diferencia de una mezcla convencional, al adicionar 6% de PET se tuvo una disminución del 82% en el ahuellamiento y del 46% al adicionar 4% de PET, por ende, la mejor dosificación para una mejor resistencia a la deformación plástica es adicionando 6% de PET. La **conclusión** fue que, se garantiza un mejor comportamiento en la resistencia a la deformación incorporando plástico PET en las mezclas asfálticas, ya que, se puede estos producen variaciones en los controles de vacíos en el asfalto (menor porcentaje de vacíos), generando el aumento de la resistencia y la rigidez.

**Antecedentes internacionales en inglés: Mashaan, Chegenizadeh and Nikraz (2021)**, in their article, their **objective** was to examine and evaluate the influence of the incorporation of recycled PET plastic, to modify the C320 bitumen. The **methodology** is experimental. The **results** were that 6% and 8%, is the recommended proportion of PET plastic to positively benefit the rigidity and the elasticity of asphalt binders. Likewise, 8% of the asphalt, which was modified with recycled PET benefits stability and resistance to grooving, as specified by magnification Marshall Stability, increased Marshall Ratio and decreased furrow depth. It was **concluded** that the use of PET plastic when incorporating and modifying C320 bitumen and asphalt mixtures, it is innovative, since it is very beneficial in reducing the temperature susceptibility of the asphalt and not allowing deformation at high temperatures. Likewise, it is concluded that the incorporation of PET plastics in the asphalt shows and indicates a more resistant capacity to aging during construction; therefore, it will have greater durability during service. Según el estudio al incorporar el 6% y 8% de plástico PET sobre el asfalto beneficia positivamente en la rigidez y elasticidad de los ligantes asfálticos, así mismo, esta modificación con PET genera que la mezcla asfáltica sea más trabajable y no se deforma ante altas temperaturas, muestran mayor capacidad de resistencia en la construcción y mejora la durabilidad durante el tiempo de servicio.

**Quesada, Raposeiras and Olavarría (2019)**, in their article, the **objective** was to determine the effect to include PET plastic fragments in asphalt mixes in hot without altering the mechanical resistance. The **methodology** is experimental. The **results** show that when PET is included in the mix between 6% and 14% it shows flow results that are within standard, a maximum flow rate of 4mm is required for Marshall samples. Likewise, by adding 18% and 22% of PET in the mixture, they exceed the limit, reaching flow results at 5 mm samples, this being not recommended for an asphalt mixture that will be used in the bearing layer. Likewise, by incorporating 14% PET plastic, a maximum Marshall Rigidity is reached. Unlike incorporating higher percentages of PET, such as 18% and 22%, the stiffness and Marshall stability is much lower. As a **conclusion**, the incorporation of PET plastics shows greater stability, as well as being appreciated an increase in resistance to permanent deformation and fatigue, compared to a traditional mix. Según el estudio señala que se adicionaron 6% y 14% de plástico PET como primer modificador de mezclas asfálticas, obteniendo con este último porcentaje el caudal máximo según indica la norma (4mm) como el más óptimo para realizar muestras Marshall. Así mismo, al incorporar un 14% de PET, se obtiene una rigidez y estabilidad Marshall máxima a diferencia de usar porcentajes más altos como 18% y 22% el cual la rigidez y estabilidad disminuye. **Ahmad, Razali and Razelan (2017)**, in their article, the **objective** was to show the influence that the addition of recycled PET plastic has on the properties of the modified conventional asphalt mixture for road paving. The **methodology** is no experimental. The **result** according to the various past studies was that, by adding the fragmented PET (5% of the total weight of the bituminous mixture) as a substitute for the fine aggregate at 20%, the mixture benefits positively in stability and flow. Likewise, when using 2%, 4%, 6%, 8% and 10% of PET on the asphalt mixture, the best dosage was adding 6% of PET by weight of asphalt, since it increased stiffness and viscosity of asphalt. As a **conclusion**, the application of recycled PET plastic positively benefits the stability, rigidity and viscosity, therefore the modification of the asphalt mixture with PET works by avoiding cracking, improves the fluidity of the mixture and prevents damage due to compression or fatigue. Según la investigación nos indica que la aplicación de plástico PET beneficia la estabilidad, rigidez de la mezcla de asfalto,

ya que este trabaja evitando el agrietamiento, mejora la resistencia a la formación de surcos, a su vez ayuda a comportarse mejor frente a altas temperaturas.

**Antecedentes Nacionales: Luque (2019)**, en su tesis, se propuso como **objetividad**, analizar la influencia de la adición de plásticos PET en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del asfalto. El **método** es experimental correlacional, los **resultados** fueron que, al adicionar el plástico PET sobre la carpeta asfáltica en un porcentaje del 6.70%, como parte del asfalto y utilizando el método seco para su incorporación, permite alcanzar un ligero mejoramiento en el cambio de los parámetros del diseño Marshall, ya sea estabilidad, flujo o porcentaje de vacíos, según los resultados de esta investigación se puede deducir o **concluir** que se puede emplear como material conformante del concreto asfáltico, beneficiando a sus propiedades ya sea física o mecánica. **Uribe (2020)**, su **objetivo** fue, analizar de qué manera influye la incorporación del polietileno (PET) en la carpeta asfáltica para determinar las propiedades físico-mecánico del pavimento flexible en la Av. Los Geranios, Huaral. Dicha **metodología** es observacional, la investigación tiene como **resultado** que la trabajabilidad en el pavimento es beneficiosa al adicionar en el asfalto 3.0%, 3,5%, 4.0% y 4.5% de plástico PET, estas porciones mejoran los valores de la elasticidad de sus propiedades física-mecánicas. Así mismo, influyen de manera positiva el porcentaje de vacíos y mejora el pavimento flexible, el cual disminuye los vacíos de 15.4% hasta 12.8%. Como **conclusión**, de acuerdo a los resultados se tiene que estudiar los porcentajes de vacíos ya que disminuyen y aumentan la saturación del asfalto a la fisura que contribuye a mejorar la durabilidad del pavimento flexible. **Silvestre (2017)**, su **objetivo** fue, analizar la influencia del plástico PET incorporado en el asfalto para mejorar sus propiedades físicas-mecánicas a diferencia de una mezcla convencional. La **metodología** es experimental, dicha investigación tiene como **resultado** que, al realizar los ensayos Marshall una vez incorporado plástico PET en la mezcla asfáltica en un 0.5%, 1% y 1.5% de agregado fino, la dosificación más óptima para mejorar las propiedades físicas-mecánicas es con un 1% de plástico PET, ya que las deformaciones por carga; la resistencia a la deformación mejora positivamente en un 3.11%, el cual aguanta

mayores presiones de carga a diferencia de la mezcla tradicional. La **conclusión** fue, que todo plástico PET fragmentado influye en la mezcla asfáltica positivamente respecto al porcentaje de vacíos, es decir, 2.5% de disminución de vacíos, así mismo influye positivamente en la estabilidad.

**Artículos científicos: Grajales, Vidal y Ramírez (2014)**, en su artículo científico, el **objetivo** fue, analizar el comportamiento de las mezclas asfálticas al ser incorporado el tereftalato de polietileno (plásticos tipo PET) como un agente modificador. La **metodología** es experimental, como **resultado** se tuvo que, al agregar cierto porcentaje de PET en la mezcla asfáltica, tanto en 3%, 5% y 7%, genera que los materiales se aglutinen en lo profundo de los recipientes, en cual no se puede lograr una mezcla homogénea. Así mismo, al ser incorporado el PET en un 5% como sustituto de arena, mejora de una manera beneficiosa a la mezcla modificada, el cual beneficia la estabilidad en un 79%. A través de estos resultados se llegó a la **conclusión** que, al incorporar mayor proporción de plástico PET en la mezcla asfáltica la estabilidad disminuye. De igual manera, el flujo de la carpeta asfáltica aumenta en función al porcentaje de plástico PET incorporado. **Monrroy y Pardo (2020)**, en su artículo científico, su **objetividad** fue, examinar la elaboración de las carpetas asfálticas incorporando plásticos reciclados para las vías en Colombia, tomando en cuenta el costo y las propiedades. La **metodología** es experimental, se tuvo como **resultado** al realizar el ensayo Marshall que, al incorporar plástico reciclado en una mezcla de asfalto resulta mucho más impermeable en relación a una mezcla convencional, es decir, 2030 kg/cm<sup>3</sup> para una mezcla convencional con un 5,6% de asfalto y 2367 kg/cm<sup>3</sup> para una mezcla modificada con polímeros con un 5,5% de asfalto. Así mismo, para la estabilidad los resultados más óptimos fueron 11702 N para una mezcla convencional con un 5,5% de asfalto y 23508 N para una mezcla modificada con polímeros con un 5,4% de asfalto. Se llegó a la **conclusión** que al usar una mezcla de asfalto modificada con ciertos porcentajes de PET, se puede encontrar ciertas proporciones de reducción del flujo el cual beneficia de manera positiva las propiedades tales como la elasticidad, rigidez o estabilidad. Así mismo, se concluyó que la incorporación del PET en el asfalto beneficia su vida útil en 10 años más que en un pavimento



común. del pavimento. **Fonseca, Captao, Almeida y Picado-Santos (2022)**, en su artículo científico, su **objetivo** fue, mostrar la comparación de la influencia en las propiedades de la mezcla asfáltica incorporando desechos plásticos por el método seco en distintas proporciones y una mezcla asfáltica convencional. La **metodología** es experimental. Como **resultado** se tiene que, en el ensayo de porcentajes de vacíos, al agregar de 6% a 8% de plástico, la mezcla resulta más viscosa entre sus partículas por ende el porcentaje de vacíos se incrementa. Así mismo, en los ensayos de estabilidad, fluencia de la mezcla asfáltica al agregar 4% de plástico provocó que la estabilidad aumentara sus valores. Como **conclusión** se tiene que, el plástico como modificador de mezclas asfálticas convencionales es beneficiosa ya que ayuda a mejorar la trabajabilidad, la rigidez. A continuación, se presenta las teorías o conceptos más relevantes para esta investigación según las variables de estudio.

**Teorías relacionadas a la variable independiente:** como variable independiente se tiene el sistema PET y como una de las **dimensiones** de la variable tenemos, los plásticos PET en mezclas asfálticas, por ende, conoceremos primeramente el concepto relacionado al **Plásticos PET:** Para la empresa experta en termoconformados el Tereftalato de Polietileno (PET), es el plástico más común, se puede encontrar en botellas de bebidas y en tejidos. El plástico PET presenta **características** como resistencia, alta transparencia, bajo peso, es impermeable y apto para uso alimentario. A su vez, tiene la **propiedad** de ser un material no riesgoso, no tóxico, flexible y posee un porcentaje de 100% reciclable y reutilizable, fig. n°2 (Arapack, 2018, párr.1 y párr.2). Las **propiedades y características del PET:** consisten en tener una alta resistencia y purzas gracias a sus propiedades químicas, siendo altamente resistente al desgaste y a la corrosión hace que se convierta en una de las propiedades más importantes del plástico PET, a su vez la característica más resaltante es que ayuda a mantener una temperatura ambiente para los productos, los conserva fuera del alcance de polvos, grasa y otros factores tóxicos (Envases del Mediterráneo, 2021, párr. 4). La **ventaja** de usar plástico PET es que es un material altamente reciclable y reutilizable, resistente se puede encontrar en grandes cantidades, no tiene costo elevados, tienen propiedades y características beneficiosas para la incorporación en una mezcla asfáltica, así

mismo, la **desventaja** es que, no se pueden quemar porque son muy tóxicos y producen gases nocivos, al ser resistentes son difíciles de procesar y manipular manualmente (Cultura y Ciencia, 2021, párr.10). La segunda **dimensión** de la variable independiente es el proceso de producción y **aplicación de plástico PET** en el pavimento reciclado para producir mezclas asfálticas: los cuales existen dos métodos o procesos en los cuales se puede realizar la aplicación del plástico PET en pavimentos reciclados para producir las mezclas asfálticas, siendo estos, el proceso por Vía Húmeda y proceso por Vía Seca. Para el proceso por vía húmeda, el plástico PET será utilizado para modificar el cemento asfáltico, por otro lado, para el método seco, el PET será utilizado como un porcentaje de los agregados (Marcillo, 2018, pp.32). El primer proceso es el **Método por Vía Húmeda**: el cual, para realizarse este método es necesario unir el cemento asfáltico con el plástico PET reciclado, para formar una nueva mezcla modificada conocida como Asfalto-Polietileno, que será utilizado igual que un ligante modificado, esto consiste, en que el polietileno reciclado en un tamaño aproximado entre 2mm-4 mm, es decir, se mezcla en un estanque en movimiento el cemento asfáltico a ser utilizado. Usualmente se incorpora de entre 10%-20% de plástico polietileno reciclado en función al peso del ligante. Se tiene que llegar a una temperatura de entre 150°-200° C por un tiempo de 1 a 4 horas. Habiendo el asfalto-polietileno alcanzado los requerimientos establecidos, principalmente la viscosidad de la mezcla, este se almacena en un mezclador de asfalto junto con los agregados pétreos. Luego de haber realizado el mezclado del asfalto polietileno y los agregados pétreos, este resultado se transporta al lugar de la obra o sitio de pavimentación y se lleva a cabo a través de un finisher tradicional, fig. n°4 (Marcillo, 2018, pp.33). El segundo **proceso es por Vía Seca**: para realizarse este proceso, es necesario que el polietileno reciclado se use o reemplace al agregado sobre la mezcla, es decir, se puede adicionar como un remplazo de un porcentaje específico de agregado fino, estos porcentajes podrían ser el 1% y el 3% del peso total de agregados a usarse en la mezcla de asfalto. En el transcurso de este método sobre la mezcla asfáltica, el polietileno se transforma de un producto elástico a un ligante modificador. En cuanto al cambio que sufre el plástico en el proceso, este se prolifera desde la superficie hacia el interior de la partícula, es decir, en cuanto más fino sea el polietileno, su proporción en el interior de la mezcla será en menor proporción, por

otro lado, si la temperatura de la mezcla asfáltica es elevada tendrá un mayor tiempo de fraguado durante el proceso de fabricación. En los ensayos de laboratorio, el proceso de la mezcla en el horno, se puede realizarse a una temperatura de entre 150° C a 170° C en tiempo determinado de por lo menos dos horas, antes de realizarse la compactación de la muestra, fig. n°5 (Marcillo, 2018, pp.35). Puesto que ambos procesos son similares en su forma de procesar el asfalto **la ventaja para ambos** es que el procedimiento de elaboración de la mezcla con adicional PET es completo, ordenado, controlado, puesto que ambos se realizan en una planta de asfalto, así mismo las proporciones o tamaños de PET a incorporar son debidamente seleccionados y tratados para su incorporación a la mezcla asfáltica. La **desventaja** para ambos métodos es que no se pueden realizar en el mismo lugar de ejecución de la obra, la temperatura para la mezcla con los agregados y adicionales tiene que ser perfectamente controlada para llegar a un calor óptimo (Marcillo, 2018, pp.36). Respecto al **Cemento asfáltico**: este es conocido también como un aglomerante ya sea en estado sólido o semisólido, que presenta un tono oscuro o negro, que tiende a ablandarse proporcionalmente al llegar a calentarse por una temperatura existente, está constituida por hidrocarburos pesados, que resultan de la purificación del petróleo, fig. n°3 (Céspedes, 2019, pp.19). **Agregados pétreos**: Son fragmentos de rocas, es decir lo conforman partículas inertes de grava, arenas, fino y/o fillers (naturales o triturados), estos se usan para la producción de las mezclas asfálticas en planta o en caliente (Céspedes, 2019, pp.19). Por otro lado, es importante conocer las **características y propiedades** del agregado pétreo, las cuales son la granulometría, contenido de humedad y angulosidad del agregado que se emplearan como un adicional para la elaboración de las mezclas asfálticas. Los agregados petreos comprenden el agregado fino y grueso, fillers, etc, el cual estaran debidamente clasificados granulométricamente; el **Agregado Fino**: estará representado por arena manufactura o natural, o podría ser una combinación de ambas, así como también puede estar incluida el fillers, es decir este tipo de agregado es proveniente de la desintegración artificial o natural de las rocas, siendo este pasante de la malla 3/8", queda retenido en la malla N° 200 y los cuales cumple con las especificaciones de la Norma NTP 400.077 o ASTM C-33 (Puma, 2016, pp.11). La clasificación o **Granulometría** del agregado fino: tiene que estar

graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C33. Así mismo, el agregado fino tendrá una granulometría continua, los cuales serán retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie de Taylor. También se tiene que tener en cuenta que el agregado fino no tiene que tener más del 54% retenido en dos tamices consecutivos, tab. N°2, (Román y Pillpinto, 2016, pp. 42). También es necesario conocer el **Contenido de humedad**: Según la norma ASTM C-566, en este tipo de ensayo se determina el % de humedad en una muestra de agregado por secado, ya sea este por el contacto con la humedad de la superficie o por la humedad que se encuentra en los poros del agregado (Campos, 2017, pp.15). El contenido de humedad está representado por la siguiente fórmula: Ver ecuación 1.

$$\% \text{ humedad} = \%w = \frac{H-S}{S} \times 100 \quad (1)$$

Donde, H= peso del agregado húmedo y S= peso del agregado en condiciones secas. Así mismo se tiene como agregado pétreo al **Agregado Grueso**: que según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, este tipo de agregado suele ser retenido en el tamiz N° 4. Los cuales esta selección hace que los agregados cumplan con las características y propiedades sugeribles para la elaboración de mezclas asfálticas (Carrizales, 2015, pp.48). Por último, es necesario conocer una de las características del agregado pétreo también esenciales como la **Angulosidad del agregado grueso**: es favorable al rozamiento interno que se genera entre las partículas, es decir, las partículas gruesas se mantendrán en su mismo lugar cuando el pavimento entre en funcionamiento y este no sufra desplazamiento. Al realizar el triturado de los agregados en este genera un aumento de angulosidad de los agregados, por ende, las normativas o especificaciones establecen que la angulosidad del agregado grueso debe ser mínima, esto dependerá de las condiciones de tráfico al que va a estar expuesto el pavimento (Carrizales, 2015, pp.50).

**Teorías relacionadas a la variable dependiente**: como variable dependiente tenemos las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible y dentro de esta variable, primeramente, conoceremos el concepto de **Pavimento flexible**, el cual es una estructura que está compuesta de capas conformadas por materiales seleccionados de cantera, el pavimento se encuentra ubicada sobre el terreno de fundación más conocido como sub rasante. El pavimento es sometido a cargas ya

sea dinámicas o estáticas producidas por el tráfico vehicular el cual son transmitidas a las capas inferiores en menor magnitud, fig. n°1. (Aguado, 2020, pp.13). Las **características** del pavimento flexible lo conforman la capa de rodadura el cual transmite los esfuerzos a las capas adyacentes tales como base y sub base el cual debe cumplir con parámetros establecidos (Aguado, 2020, pp.13). Como parte teórica y conceptual de las características del pavimento flexible tenemos, **Carpeta asfáltica**: representa la capa superior de un pavimento, este está conformado por una mezcla de asfalto y agregados pétreos, la principal **propiedad** es resistir las cargas provenientes del tránsito (González, 2018, pp. 21). **La Base**: representa a la capa inferior de la carpeta de rodadura, su **objetivo** es soportar, compartir o distribuir y transmitir el efecto de las cargas del tránsito. La base, generalmente tiene la **característica** de ser un material granular drenante ( $CBR \geq 80\%$ ), (González, 2018, pp. 21). **La Sub Base**: es una capa con un material granular que sirve con drenante del agua y tiene un espesor de diseño, tiene como **finalidad** soportar las cargas provenientes de la base y la carpeta de rodadura. La sub base generalmente tiene la **característica** de ser un material granular ( $CBR \geq 40\%$ ), (González, 2018, pp. 21). **La Sub rasante**: representa la parte superior del terreno natural, su principal **objetivo** es resistir toda estructura del pavimento, para ello se utiliza un material seleccionado provenientes de una cantera, siendo esto compactado por capas para obtener una estructura firme y prevenir fallas provenientes por el efecto de las cargas de tránsito, (González, 2018, pp. 21). Así mismo es importante conocer el concepto de asfalto para luego poder identificar sus propiedades físicas y mecánicas. El **Asfalto**: es una sustancia compuesto por aglomerantes, resistente, muy adhesivo, duradero y altamente impermeable, tiene la **característica** de soportar altas presiones de carga, es un material viscoso que puede fluir a temperaturas elevadas y con cargas permanentes. También es conocido como un material plástico que transmite flexibilidad y compatible a las mezclas de agregados con los cuales se combina. Tiene un color café oscuro o negro, puede tener un estado sólido, semisólido o líquido, esto dependerá de la acción de calor en que se encuentre, por los factores disolventes o por la emulsificación (Carrizales, 2015, pp.35). Como primera **dimensión** de la variable dependiente tenemos a las **Propiedades físicas-mecánicas del asfalto**: el cual

son de vital importancia en un proyecto y diseño de carreteras y se tomarán en cuenta dentro de las propiedades físicas-mecánicas de la mezcla asfáltica los siguientes **indicadores** más importantes según estudios anteriores, tales como la: estabilidad, impermeabilidad y trabajabilidad. La **estabilidad**, en una mezcla de asfalto consiste en prevenir, sostener, soportar el desplazamiento y las deformaciones provocadas por las acciones de carga que producen los vehículos. Una estructura de un pavimento se encuentra en buen estado cuando mantiene su forma y rugosidad bajo acciones de carga con el pasar del tiempo, por otra parte, un pavimento pobre e inestable produce agrietamientos, ahuellamientos y ondulaciones provocadas por alteraciones de la mezcla asfáltica. La inestabilidad de un pavimento puede provocar una baja resistencia durante el proceso de compactación y seguido en un periodo corto de tiempo, dificultades para la compactación (Blanco y Montañez, 2016, pp.24). **La impermeabilidad**, consiste en resistir, soportar el ingreso de aire y agua hacia el interior del pavimento. En otras palabras, esta propiedad está relacionado con el porcentaje de vacíos que se presenta en la compactación de la mezcla asfáltica. La permeabilidad en un pavimento puede provocar el envejecimiento y la desintegración rápida de la mezcla, así mismo, un alto porcentaje de vacíos producirá la infiltración de agua y una baja estabilidad de un pavimento (Blanco y Montañez, 2016, pp.28). **La trabajabilidad**, consiste en grado de facilidad, manejabilidad de una mezcla de asfalto para ser compactada o puesta en obra. La trabajabilidad depende del tipo de agregado o granulometría que se incorpora a la mezcla y la temperatura con la cual se trabaja. Los problemas de trabajabilidad de la mezcla pueden ocasionar que este se desplace mucho bajo la compactadora, o resulte muy blanda, una mezcla muy viscosa es muy difícil de manejar y dura poco periodo de tiempo (Blanco y Montañez, 2016, pp.29).

El **procedimiento** para la elaboración de las briquetas de asfalto para los ensayos y analizar las propiedades del asfalto será mediante el **Método Marshall**: se refiere al diseño de mezclas para pavimentos, fue planteado por el ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas de estado de Mississippi, Bruce Marshall. Este método **consiste** en la aplicación de mezclas en caliente para pavimentos, en los cuales debe haber presencia de agregados de tamaño máximo de 25 mm (1"). Así

mismo, este método tiene como **objetivo** realizar el diseño de la mezcla en laboratorio. Este método utiliza especímenes para pruebas estándares de 64 mm (2 ½") de altura y 102 mm (4") de diámetro, es decir, se prepara mediante el proceso de calentar, combinar y compactar las mezclas de asfalto y agregado según la norma ASTM D-1559. (Bojorque, Flores y Vásquez, 2019, pp. 180). La **ventaja** de este método es que ayuda a determinar una proporción y una dosificación de mezcla más adecuada y detallada, así mismo, este método tiene la ventaja de actuar como una simulación del comportamiento que sufrirá la mezcla por las acciones de carga frente al tránsito vehicular. La **desventaja** para este método es que resulta ser muy costoso para la elaboración de briquetas de ensayo (Bojorque, Flores y Vásquez, 2019, pp. 180).

La **escala de medición** para la presente investigación de tipo cuantitativo es de **escala de intervalo** ya que, se representa a través de magnitudes, se pueden realizar comparaciones de similitud o igualdad es decir tiene las características de identidad, magnitud e igual distancia. Por ejemplo, se puede determinar la diferencia de una unidad respecto a otra según estudios realizados (López y Fachelli, 2015, pp.19). También se tiene la escala de medición **de razón**, representa las mismas características que tiene la escala de intervalo, hace referencia al cero absoluto, es decir, no se puede medir magnitudes, esta escala sirve para resolver operaciones lógicas y aritméticas, por ejemplo, se puede determinar el peso (kg), longitud, distancia población y precios. (López y Fachelli, 2015, pp.20).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de la investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación aplicada tiene como objetivo representar la problemática de los procesos de producción, distribución y consumo de bienes y servicios de cualquier actividad humana. Además, se define aplica; ya que, en función a la investigación básica, pura o formales se plantean problemáticas o hipótesis de trabajo con el fin de resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad (Esteban, 2018, pp.3). De acuerdo a lo expuesto el tipo de investigación **fue aplicada** ya que se buscó resolver los problemas específicos planteados al aplicar plástico PET en mezclas asfálticas.

##### 3.1.2 Diseño de la investigación

El estudio experimental en la investigación se modifica a voluntad las una o más variables del fenómeno estudiado; usualmente, se cambia o modifica la variable independiente (causa) en relación de causa a efecto (variable dependiente). Este tipo de estudio resulta exitoso cuando se genera un cambio en la variable dependiente por medio de la manipulación de la variable independiente, (Guevara, Verdesoto y Castro, 2020, pp.168). Según lo expuesto, el diseño de investigación **fue experimental**, puesto que se manipuló o trabajó con la variable independiente, a través de la incorporación de plásticos PET en mezclas asfálticas en distintas proporciones, para poder descubrir de qué manera influye en la variable dependiente, es decir, influenciar en las propiedades físicas-mecánicas del pavimento flexible.

**La categoría** de la investigación fue **cuasi-experimental**, puesto que siempre se manipuló la variable independiente, es decir, se observó antes de intervenirlas para luego comprobar si la intervención ha producido una diferencia. (Arispe, Yangali, Guerrero, Lozada, Acuña y Arellano 2020, 68pp.).



### **3.1.3 Nivel de investigación**

La investigación explicativa, este nivel de investigación tiene como finalidad buscar una explicación de los hechos mediante la causa-efecto. Es decir, es una obligación formularse hipótesis que permitan determinar las causas y el efecto de lo que se pretende investigar, (Ramos,2020, pp.3). Por lo expuesto, la investigación fue de **nivel explicativo**, ya que se pretende explicar la relación causa y efecto entre dos variables. Es decir, se analizará la incorporación de plásticos tipo PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible.

### **3.1.4 Enfoque de la investigación**

La investigación cuantitativa es secuencial y probatorio. En este tipo de investigación cada proceso o etapa tiene un orden y no se puede saltar ningún paso. Una vez planteado las problemáticas se sugieren hipótesis, se determinan y miden las variables; luego se genera un diseño para probarlos, así mismo, se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones (Hernández, Fernández Y Baptista, 2017, pp.37). Según lo expuesto la investigación fue de **tipo cuantitativo**, ya que se midieron las variables y se usaron pruebas estadísticas.

## **3.2 Variable y Operacionalización**

### **3.2.1 Variables**

Se entiende por variables a las propiedades o características que recogen diversos valores. Además, es una representación, una abstracción que sugiere o adquiere un valor no constante. Las variables también son elementos que constituyen la estructura de la hipótesis, es decir, está asociada al enunciado de la hipótesis que establece su relación (Núñez, 2017, pp.166).

#### **3.2.1.1 Variable independiente: Sistema PET.**

##### **3.2.1.1.1 Definición conceptual**

**Plásticos PET:** el Tereftalato de Polietileno (PET), es el plástico más común, se puede encontrar en botellas de bebidas y en tejidos. Presenta características como

resistencia, alta transparencia, bajo peso, impermeable y apto para uso alimentario. A su vez, es conocido como un material no riesgoso, no tóxico, flexible y posee un porcentaje de 100% reciclable y reutilizable (Arapack, 2018, párr.1 y párr.2).

#### **3.2.1.1.2 Definición operacional**

Se realizó la aplicación del plástico PET como remplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente, mediante el proceso por Vía Seca, para producir un nuevo pavimento flexible, por ende, el plástico PET será utilizado para modificar el cemento asfáltico, es decir fue utilizado como un porcentaje de los agregados (agregado fino).

#### **3.2.1.1.3 Dimensiones e Indicadores**

La variable independiente tuvo como primera dimensión al sistema PET en pavimento reciclado, en el cual los indicadores fueron las siguientes dosificaciones de mezcla asfáltica, **I1**: 0% PET, **I2**: 5% PET + 95% agregados pétreos, **I3**: 7% PET + 93% agregados pétreos. Como segunda dimensión se tuvo el tipo de producción de mezcla el cual contó con los siguientes indicadores, **I4**: mezcla por vía seca, **I5**: mezcla por vía húmeda.

#### **3.2.1.1.4 Escala de medición**

En la variable independiente, para la primera dimensión la escala de medición es de **razón**, ya que los indicadores de esta dimensión serán medidos en porcentajes, o kilogramos de los agregados. Así mismo, para la segunda dimensión la escala de medición será **intervalo**, ya que los indicadores se medirán o realizarán comparaciones de similitud o igualdad entre dos procesos de producción de asfalto.

**3.2.1.2 Variable dependiente:** Propiedades de un pavimento flexible.

#### **3.2.1.2.1 Definición conceptual**

Una mezcla asfáltica es una sustancia compuesto por aglomerantes, resistente, muy adhesivo, duradero y altamente impermeable, tiene la característica de soportar altas presiones de carga, es un material viscoso que puede fluir a

temperaturas elevadas y con cargas permanentes. También es conocido como un material plástico que transmite flexibilidad y compatible a las mezclas de agregados con los cuales se combina (Carrizales, 2015, pp.35).

**Propiedades físicas-mecánicas del asfalto:** los de vital importancia en un proyecto y diseño de carreteras son la estabilidad, impermeabilidad y trabajabilidad (Blanco y Montañez, 2016, pp.24).

#### **3.2.1.2.2 Definición Operacional**

Se realizó ensayos para verificar y analizar las propiedades del pavimento flexible. Los ensayos se realizarán a través de 36 briquetas de asfalto, los cuales estarán constituidas por diferentes dosificaciones, por cada indicador de la variable dependiente a investigar se realizará 3 ensayos como mínimo, con la única objetividad de analizar la influencia y beneficio en el pavimento al incorporar plásticos PET.

#### **3.2.1.2.3 Dimensiones e Indicadores**

La variable dependiente tuvo como dimensiones las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, en el cual los indicadores fueron las siguientes, estabilidad, trabajabilidad e impermeabilidad.

#### **3.2.1.2.4 Escala de medición**

En la variable dependiente para las dos dimensiones como es las propiedades físicas y propiedades mecánicas de asfalto, la escala de medición es de **razón**, ya que los resultados obtenidos al realizar los ensayos físicos y mecánicos se medirán en porcentajes, pesos, etc. La medida empieza desde cero, es decir un cero absoluto.

#### **3.2.2 Operacionalización:**

Consiste en la forma en que se llevara a cabo la medición de las variables. Es decir, a través de ello se logrará identificar las herramientas o instrumentos que servirán para la obtención de los resultados, bien definidas y precisas con el único

propósito que los investigadores, o usuarios puedan entender perfectamente el objetivo de la investigación (Arias, 2021, pp.49).

La matriz de operacionalización de las variables se encuentra en el ANEXO N°1.

La matriz de consistencia de las variables se encuentra en el ANEXO N°2.

### 3.3 Población, Muestra y Muestreo

#### 3.3.1 Población

Consiste en que es un conjunto de personas, objetos, elementos o fenómenos en los cuales se puede observar o mostrar características susceptibles a ser estudiadas. A su vez nos dice que, la población es en gran parte unidades de análisis del conjunto a estudiar (Carrillo, 2015, pp.5).

La **población de estudio** estuvo constituida por la mezcla asfáltica en caliente de un pavimento incorporando plásticos PET, en la Av. Marginal el cual se encuentra en el distrito de Pichanaqui, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.



Figura 6. Ubicación a nivel nacional



Figura 7. Ubicación a nivel distrital-Chanchamayo

#### 3.3.2 Muestra

Consiste en un subgrupo o parte de la población en el cual se realizará la investigación, estos pueden ser probabilísticos o no probabilísticos. Del mismo modo, se puede entender que la muestra es una parte representativa de la población (Carrillo, 2015, pp.7).

**La muestra** estuvo constituida por 36 briquetas de mezcla asfáltica en caliente incorporado con plástico tipo PET más agregados pétreos en diferentes proporciones. El cual se desarrolló desde el cruce entre la Av. Lima-Av. Marginal hasta el cruce entre el Jr. Junín-Av. Marginal, Pichanaqui.

La dosificación de las muestras está constituida de la siguiente manera:

### **A) MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

- ✓ **Tabla 4.** Dosificación 0 (D0): Para la muestra patrón o convencional (P) 0%PET

<b>N° DE BRIQUETAS</b>		<b>TIPO DE ENSAYO</b>
6		Estabilidad
6		Impermeabilidad
6		Trabajabilidad
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	-

Fuente. Elaboración propia

- ✓ **Tabla 5.** Dosificación 1 (D1): Para la muestra patrón modificada con 5% PET+ 95% agregados pétreos (AP)

<b>N° DE BRIQUETAS</b>		<b>TIPO DE ENSAYO</b>
3		Estabilidad
3		Impermeabilidad
3		Trabajabilidad
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	-

Fuente. Elaboración propia

- ✓ **Tabla 6.** Dosificación 2 (D2): Para la muestra patrón modificada con 7% PET + 93% agregados pétreos (AP)

N° DE BRIQUETAS		TIPO DE ENSAYO
3		Estabilidad
3		Impermeabilidad
3		Trabajabilidad
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	-

Fuente. Elaboración propia

### 3.3.3 Muestreo

Consiste en seleccionar debidamente los componentes o elementos de la muestra del total de la población que tengan la misma probabilidad de ser escogidos como un posible resultado dentro de una investigación, (Hernández y Carpio, 2019, pp.76).

**Muestreo no probabilístico:** Esta técnica de muestreo, nos ayudará a obtener o seleccionar los resultados dependiendo de la probabilidad en las que puedan ser favorables para el investigador. Es decir, los elementos que se eligieron o seleccionaron fueron por la disponibilidad, acceso, conveniencia. Esto quiere decir que, no todos los elementos tuvieron las mismas probabilidades de ser elegidas o seleccionadas (Otzen y Manterola, 2017, pp. 230).

El tipo de muestreo fue **no probabilístico** ya que la muestra fue tomada por conveniencia del investigador.

## 3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

### 3.4.1 Técnicas de recolección de datos

De acuerdo a la investigación científica la técnica de recolección de datos se refiere a los procedimientos, etapas, que a través de ellos se puede generar informaciones certeras, válidas y confiables en una investigación. Para garantizar una mejor recolección de datos el investigador debe seguir una serie de etapas como, por ejemplo, ser observador, disponer de tiempo para el análisis de datos, disponer de recursos y tener la capacidad para seleccionar las muestras que darán con el objetivo de la investigación, (Hernández y Duana, 2020, pp. 52).

De acuerdo a lo citado anteriormente la **técnica** de recolección de datos que se utilizó en el presente trabajo de investigación fue la **observación directa**.

### 3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

El instrumento es el dispositivo con el cual se puede generar la información. Los instrumentos de recolección de datos deben ser eficaces y confiables, aprobados y convalidados, pueden ser instrumentos mecánicos, fichas de técnicas, cuestionarios, guía de observación estructurada, también se puede contar con cámaras de videos, etc. (Hernández y Duana, 2020, pp. 52).

De acuerdo a la información detallada anteriormente, el **instrumento** de recolección de datos que se utilizó para el trabajo de investigación fueron las **fichas técnicas**.

Ficha técnica N°1: Análisis Granulométrico-Grava Triturada (ANEXO N°4)

Ficha técnica N°2: Análisis Granulométrico-Arena Triturada (ANEXO N°5)

Ficha técnica N°3: Análisis Granulométrico-Plástico PET (ANEXO N°6)

Ficha técnica N°4: Análisis Granulométrico-MAC (ANEXO N°7)

Ficha técnica N°5: Diseño de MAC con 5,4% de cemento asfáltico (ANEXO N°8)

Ficha técnica N°6: Contenido Optimo de asfalto (ANEXO N°9)

Ficha técnica N°7: Diseño de MAC convencional-ASTM D-6927 (ANEXO N°10)

Ficha técnica N°8: Análisis Granulométrico-MAC + PET (ANEXO N°11)

Ficha técnica N°9: Diseño de MAC+ 5% PET-ASTM D-6927 (ANEXO N°12)

Ficha técnica N°10: Diseño de MAC+7% PET-ASTM D-6927 (ANEXO N°13)

Ficha técnica N°11: Diseño de MAC + 5% y 7% PET-ASTM D-6927 (ANEXO N°14)

Ficha técnica N°12: Comparativo de resultados MAC + PET (ANEXO N°15)

#### 3.4.2.1 Validez

Se refiere a la medición, validez, autenticidad del contenido, es decir, se necesita dar a conocer, sustentar las características o rasgos de lo que se quiere estudiar. Por otra parte, la validez de un instrumento, se puede determinar por una cuestión de juicios, es decir, el denominado **Juicio de Expertos**. A través del juicio de

expertos, se requiere tener conclusiones razonables, seguimiento de técnicas, y de mejores conjeturas (Posso y Lorenzo, 2020, pp.214).

De acuerdo a la información anterior citada, para el presente trabajo de investigación se empleó la validez por **Juicio de Expertos**.

- La validación de instrumentos por juicio de expertos se encuentra en el ANEXO N°3.

#### **3.4.2.2 Confiabilidad**

La confiabilidad se refiere a cuanta exactitud de los presentan los instrumentos los cuales nos generan los resultados seleccionados. Es decir, la confiabilidad representa la exactitud de un puntaje o porcentaje de ensayos o pruebas que se está midiendo, (Arispe, Yangali, Guerrero, Lozada, Acuña y Arellano 2020, pp.80). De acuerdo a información citada anteriormente, en este trabajo de investigación la confiabilidad estuvo representada por el **certificado de calibración de los equipos** de laboratorio:

- Certificado de calibración máquina de abrasión
- Certificado de calibración balanza de 4100 g
- Certificado de calibración balanza de 30000 g
- Certificado de calibración prensa Marshall
- Certificado de calibración baño termostático
- Certificado de calibración mufla
- Certificado de calibración comparador cuadrante



### **3.5 Procedimientos**

El procedimiento o procesamiento de una investigación debe de seguir un orden riguroso e eficiente, es decir, aquellas unidades siempre tienen que ser estudiadas minuciosamente de sus significados, con la única finalidad de ser sintetizadas y que contribuyan a una mejor obtención de resultados para mejores soluciones del problema a estudiado. Por lo tanto, resultan de vital importancia, ya que, un procedimiento en una investigación genera seguridad, coherencia y secuencia, sería imposible encontrar un sentido laboral a toda la investigación realizada previamente (Alan y Cortez, 2018, pp.19).

#### **Etapa 1: Recopilación de materiales**

- Plásticos tipo PET reciclado 20 kg
- Agregado fino 1m<sup>3</sup>
- Fillers
- Agregado grueso 1m<sup>3</sup>
- Cemento asfáltico

#### **Etapa 2: Acondicionamiento de materiales**

- A) Plástico tipo PET
  - Fragmentación aprox. (1/16", 1/8", 1/4")
  - Limpieza del plástico reciclado

#### **Etapa 3: Caracterización de los agregados pétreos**

##### **A) Agregado Fino**

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Peso Unitario
- Peso Específico y Absorción

## B) Agregado Grueso

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Peso Unitario
- Peso Específico y Absorción

### Etapa 4: Diseño de mezcla asfáltica (Método Marshall) ASTM D-6927

#### A) Proceso mezcla asfáltica en caliente

- ❖ Dosificación 0 (D0): 0% PET (P)
- ❖ Dosificación 1 (D1): P+5% PET+95% AP
- ❖ Dosificación 2 (D2): P+7% PET+ 93% AP

### Etapa 5: Elaboración y curado de especímenes (Briquetas-Moldes Marshall)

- A) 36 briquetas de 1,250 kg/m<sup>3</sup> aprox. para el proceso de mezcla en caliente
- ❖ Mezcla con las distintas proporciones de plásticos PET y agregados pétreos (AP). Se realizará el proceso de mezcla asfáltica agregando su respectivo aglomerante (cemento asfáltico 60/70).
  - ❖ Agregar la mezcla en los moldes Marshall y será compactada mediante golpes de martillo Marshall. El número de golpes dependerá del diseño del tráfico vehicular.
  - ❖ Los números de golpes serán de 35, 50 o 75 golpes en ambas caras, depende de la cantidad de tráfico para el cual se diseña el pavimento (transitabilidad alta=75 golpes).
  - ❖ Después de compactar las probetas se deja enfriar y se retira del molde.

### Etapa 6: Ensayo de especímenes con distintas proporciones de PET

- ✓ **Ensayo de la estabilidad: (ASTM D 6927)**

**Tabla 7.** Dosificación especímenes ensayo de estabilidad

DOSIFICACIÓN	Nº DE BRIQUETAS	PROCESO DE MEZCLA ASFALTICA
(D0): 0% PET (P)	3	En caliente
(D1): P+ 5% PET+95% AP	3	En caliente
(D2): P+7% PET+93% AP	3	En caliente

Fuente. Elaboración propia

✓ **Ensayo de impermeabilidad: % de vacíos (ASTM D 3203)**

**Tabla 8.** Dosificación especímenes ensayo de impermeabilidad

DOSIFICACIÓN	Nº DE BRIQUETAS	PROCESO DE MEZCLA ASFALTICA
(D0): 0% PET (P)	3	En caliente
(D1): P+ 5% PET+95% AP	3	En caliente
(D2): P+7% PET+93% AP	3	En caliente

Fuente. Elaboración propia

✓ **Ensayo de trabajabilidad: Fluencia (ASTM D 6927)**

**Tabla 9.** Dosificación especímenes ensayo de trabajabilidad

DOSIFICACIÓN	Nº DE BRIQUETAS	PROCESO DE MEZCLA ASFALTICA
(D0): 0% PET (P)	3	En caliente
(D1): P+ 5% PET+95% AP	3	En caliente
(D2): P+7% PET+93% AP	3	En caliente

Fuente. Elaboración propia

### 3.6 Método de Análisis de datos

El análisis de los datos es un método el cual está sometido a datos, análisis, interpretaciones y lecturas, es decir, sigue un proceso para analizar los resultados, no se puede pensar o analizar recién después de haber procesado todos los datos. El análisis de datos está relacionada al dominio del tema a investigar, ya que, para obtener los datos, cualquier investigador deberá dominar su tema y haber trabajado con rigurosidad teniendo una idea precisa del análisis que habrá de efectuar antes de comenzar a recolectar datos. A su misma vez, los datos recolectados u obtenidos servirán para rechazar o afirmar una hipótesis, cuyos resultados también mostrarán una u otra conclusión con un buen nivel de confiabilidad, (Peña, 2017, pp.30).

El análisis o estadístico descriptivo, tiene como finalidad caracterizar, describir, extraer y deducir soluciones o conclusiones sobre la muestra de datos según las variables estudiadas. Así mismo, se elaboran tablas, gráficos, con la finalidad de simplificar la dificultad de los datos que intervienen en la distribución, (Peña, 2017, pp.35). De acuerdo a la información anterior, se usó el **estadístico descriptivo**.

### **3.7 Aspectos Éticos**

Se trabajó estrictamente acatando la ética moral, es decir, todos los resultados mostrados y procesados serán reales y veredictos, no se alterará ningún dato a conveniencia del investigador. Cada información recopilada para el desarrollo de la investigación será citada adecuadamente, mencionando al autor, fecha de publicación, etc., correspondiente de dicha información, ya sea este, autores de tesis, libros, artículos, etc., según Normas del estilo ISO 690 y 690-2, con la única finalidad de no cometer ningún tipo de plagio y no ser penados, por lo tanto, ninguna información se tomará como propia y estará supervisada por el programa Turnitin, el cual mostrará el porcentaje de plagio.

Por otro lado, es obligación del investigador ser disciplinado y cumplir con todas las responsabilidades que se presentaran a lo largo de dicha investigación, el cual, se contara con la aprobación de expertos para el desarrollo de ensayos en laboratorio, los equipos de laboratorio tienen que estar calibrados y se respetaran cada norma técnica para cada ensayo que se realizara en la investigación.

#### **IV. RESULTADOS**

Los ensayos respecto a la investigación sobre la incorporación de plásticos PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, se realizó en el laboratorio JJ GEOTECNIA SAC, suelo, concreto y asfalto, el cual se encuentra ubicada en el Jr. La Madrid 264, Asociación Los Olivos, San Martín de Porres-Lima o en la Avenida A, Maz. 48, Lot. 17, Asociación Armando Villanueva, los Olivos-Lima.

##### **Trabajos previos de laboratorio**

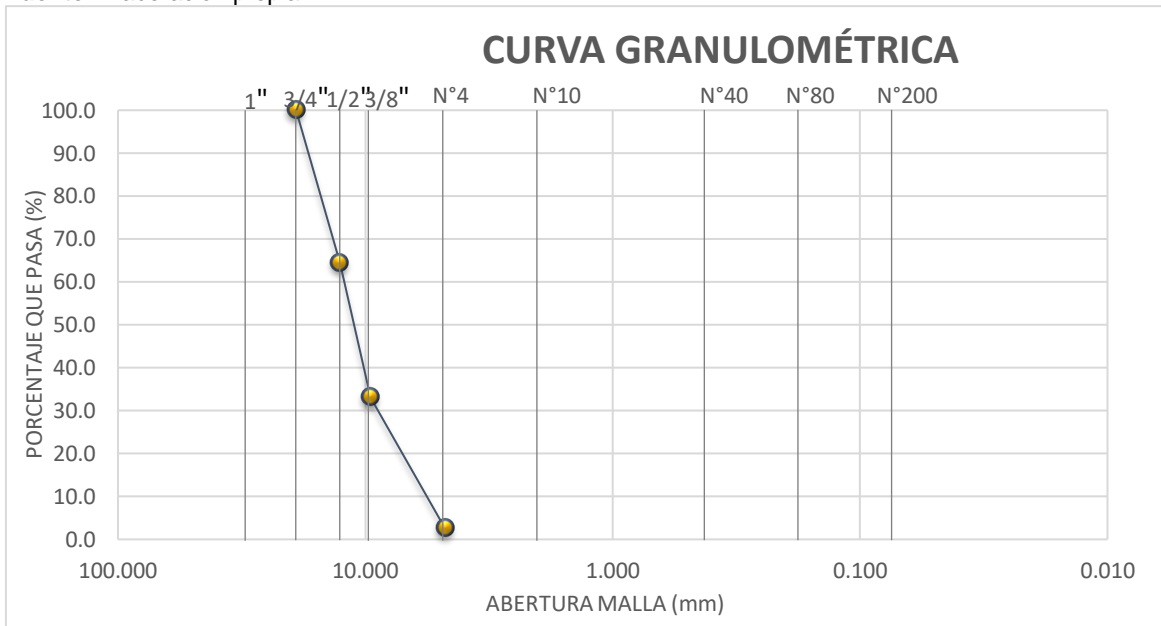
Se realizó la recopilación y acondicionamiento de materiales para el respectivo control de calidad de los agregados y del plástico PET para el diseño de la mezcla asfáltica según el ensayo Marshall (**ASTM D-6927**). Los agregados pétreos fueron obtenidos o extraídos de la cantera Christopher “Camion”, el cual se encuentra ubicada en Carabayllo-Lima.

El laboratorio realizó primeramente la caracterización o el control de calidad de los agregados, tales como agregado grueso, agregado fino y el plástico tipo PET fragmentado, con la finalidad de ser manipuladas de acuerdo al diseño y dosificación respecto a la muestra convencional o tradicional de una mezcla asfáltica en caliente.

**Tabla 10: Análisis Granulométrico de Grava Triturada**

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25.400	-	-	-	100.0	
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	<b>Calculos.</b>
1/2"	12.700	1,157.0	35.6	35.6	64.4	Tara
3/8"	9.525	1,022.0	31.4	67.0	33.0	L-2
1/4"	6.350	-	-	-	-	Peso de Tara
N° 4	4.760	993.0	30.5	97.5	2.5	286.00 g
N° 6	3.360	-	-	-	-	Tara + muestra Humeda
N° 8	2.380	21.0	0.6	98.1	1.9	3,557.00 g
N° 10	2.000	60.0	1.8	100.0	0.0	Tara + muestra Seca
N°16	1.190	-	-	-	-	3,540.00 g
N° 20	0.840	-	-	-	-	Contenido de Humedad (%)
N° 30	0.590	-	-	-	-	0.5 %
N° 40	0.426	-	-	-	-	Muestra Seca
N° 50	0.297	-	-	-	-	3,254.0 g
N° 80	0.177	-	-	-	-	<b>Proporciones Agregados.</b>
N° 100	0.149	-	-	-	-	Agregado Grueso.
N° 200	0.074	-	-	-	0.0	97.5 %
						Agregado Fino.
						2.5 %
						Fino Malla 200.
						0.0 %

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 8:** Curva Granulométrica de la Grava Triturada

**Interpretación:**

De acuerdo al ensayo de análisis granulométrico por tamizado (ASTM), de la grava triturada podemos determinar que el 2,5% pasa la malla N°4, siendo este denominado como agregado fino y el porcentaje retenido acumulado en la malla N° 4 es el 97,5% el cual es denominado como agregado grueso.

**Tabla 11: Gravedad Especifica y Absorción-Agregado Grueso (MTC E206)**

AGREGADO GRUESO						
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sat. superf. seco (en el aire) (g)	1503.0	1495.0			
B	Peso del mat. sat. superf. seco (en el agua) (g)	945.0	939.5			
C	Vol. de masa + Vol. de vacíos (cc)	558.0	555.5			
D	Peso del material seco en el horno (105°C) (g)	1496.0	1488.5			
E	Vol. de masa (g)	551.0	549.0			
F	Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.681	2.680			<b>2.680</b>
G	Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.694	2.691			<b>2.692</b>
H	Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.715	2.711			<b>2.713</b>
I	% de absorción	0.5	0.4			<b>0.5</b>

Fuente: Elaboración propia.

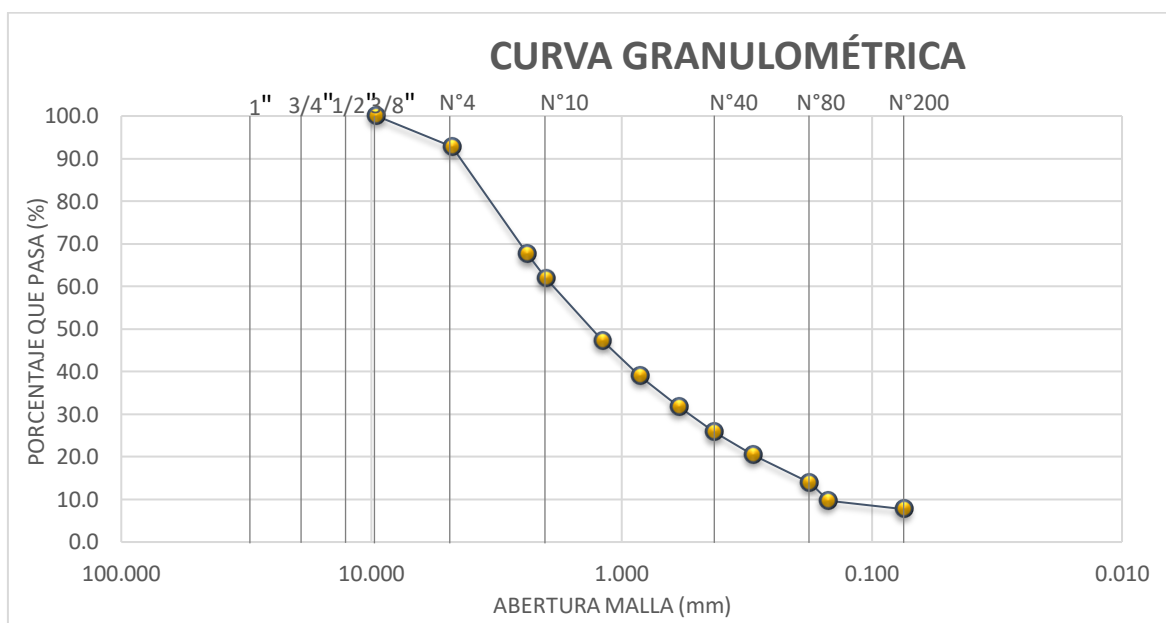
### Interpretación:

En el ensayo de la gravedad específica y absorción del agregado grueso, donde se mide la densidad del material en relación con el agua, se determinó que el peso específico bulk en base seca es igual a 2,680 g/cc, el peso específico bulk en base saturada es igual a 2,692 g/cc, el peso específico aparente en base seca es igual a 2,713 g/cc y el porcentaje de absorción es igual a 0.5%.

**Tabla 12: Análisis Granulométrico de Arena Triturada**

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25.400	0	-	-	100.0	
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	<b>Calculos.</b>
1/2"	12.700	-	-	-	100.0	Tara
3/8"	9.525		-	-	100.0	Peso de Tara
1/4"	6.350	-	-	-	100.0	Tara + muestra Humeda
N° 4	4.760	75.6	7.2	7.2	92.8	Tara + muestra Seca
N° 6	3.360	-	-	7.2	92.8	Contenido de Humedad (%)
N° 8	2.380	264.8	25.3	32.5	67.5	
N° 10	2.000	59.6	5.7	38.2	61.8	Muestra Seca
N°16	1.190	152.8	14.6	52.8	47.2	
N° 20	0.840	86.7	8.3	61.1	38.9	
N° 30	0.590	75.1	7.2	68.3	31.7	
N° 40	0.426	63.2	6.0	74.3	25.7	
N° 50	0.297	55.8	5.3	79.6	20.4	<b>Proporciones Agregados.</b>
N° 80	0.177	68.1	6.5	86.1	13.9	Agregado Grueso.
N° 100	0.149	44.5	4.2	90.4	9.6	Agregado Fino.
N° 200	0.074	20.3	1.9	92.3	7.7	Fino Malla 200.
-200	-	80.5	7.7	100.0		

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 9:** Curva Granulométrica de la Arena Triturada

**Interpretación:**

De acuerdo al ensayo de análisis granulométrico por tamizado (ASTM), de la arena triturada podemos determinar que el 7,2% es el porcentaje retenido acumulado por la malla N°4, siendo este denominado como agregado grueso y el porcentaje que pasa la malla N° 4 es el 92,8% el cual es denominado como agregado fino.



**Tabla 13: Gravedad Especifica y Absorción-Agregado Fino (MTC E206)**

AGREGADO FINO						
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sat. superf. Seco (en el aire) (g)	500.00	500.00			
B	Peso fiola calibrada con agua (g)	654.18	654.18			
C	Peso fiola con agua + peso del mat. s.s.s. (g)	1154.18	1154.18			
D	Peso del mat. + peso fiola + H <sub>2</sub> O (g)	966.28	967.00			
E	Vol. de masa + vol. de vacios (cc)	187.90	187.18			
F	Peso mat. seco en el horno (105°C) (g)	494.32	495.20			
G	Vol. de masa (g)	182.22	182.38			
H	Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.631	2.646			2.638
I	Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.661	2.671			2.666
J	Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.713	2.715			2.714
K	% de absorción	1.1	1.0			1.1

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

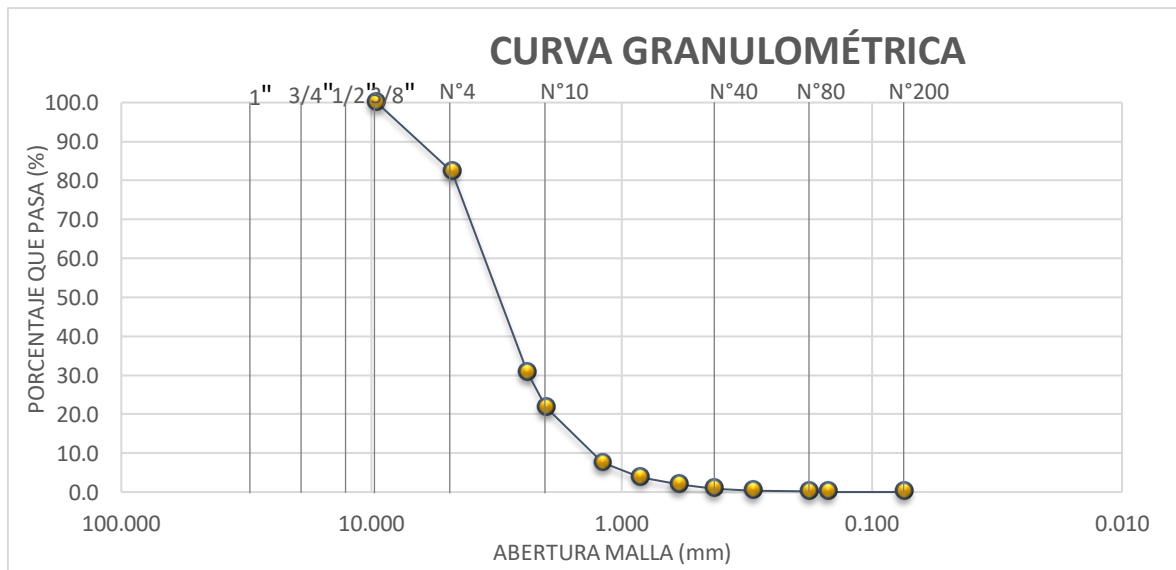
En el ensayo de la gravedad específica y absorción del agregado fino, donde se mide la densidad del material en relación con el agua, se determinó que el peso específico bulk en base seca es igual a 2,638 g/cc, el peso específico bulk en base saturada es igual a 2,666 g/cc, el peso específico aparente en base seca es igual a 2,714 g/cc y el porcentaje de absorción es igual a 1.1%.

## PET FRAGMENTADO

**Tabla 14: Análisis Granulométrico de Plástico Tipo PET Fragmentada**

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa				
1"	25.400	-	-	-	100.0				
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	<b>Calculos.</b>			
1/2"	12.700	-	-	-	100.0	Tara	A-1		
3/8"	9.525	-	-	-	100.0	Peso de Tara	120.00 g		
1/4"	6.350	-	-	-	100.0	Tara + muestra Humeda	371.7 g		
N° 4	4.760	44.7	17.8	17.8	82.2	Tara + muestra Seca	371.7 g		
N° 6	3.360	-	-	17.8	82.2	Contenido de Humedad (%) 0.0 %			
N° 8	2.380	129.9	51.6	69.4	30.6				
N° 10	2.000	22.5	8.9	78.3	21.7	Muestra Seca	251.7 g		
N°16	1.190	35.8	14.2	92.5	7.5	<b>Proporciones Agregados.</b>			
N° 20	0.840	9.2	3.7	96.2	3.8				
N° 30	0.590	4.8	1.9	98.1	1.9				
N° 40	0.426	2.7	1.1	99.1	0.9				
N° 50	0.297	1.2	0.5	99.6	0.4				
N° 80	0.177	0.7	0.3	99.9	0.1			Agregado Grueso.	17.8 %
N° 100	0.149	0.1	0.1	99.9	0.1			Agregado Fino.	82.2 %
N° 200	0.074	0.1	0.0	100.0	0.0			Fino Malla 200.	0.0 %
-200	-	0.0	0.0	100.0					

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 10:** Curva Granulométrica del Plástico Tipo PET Fragmentada

### Interpretación:

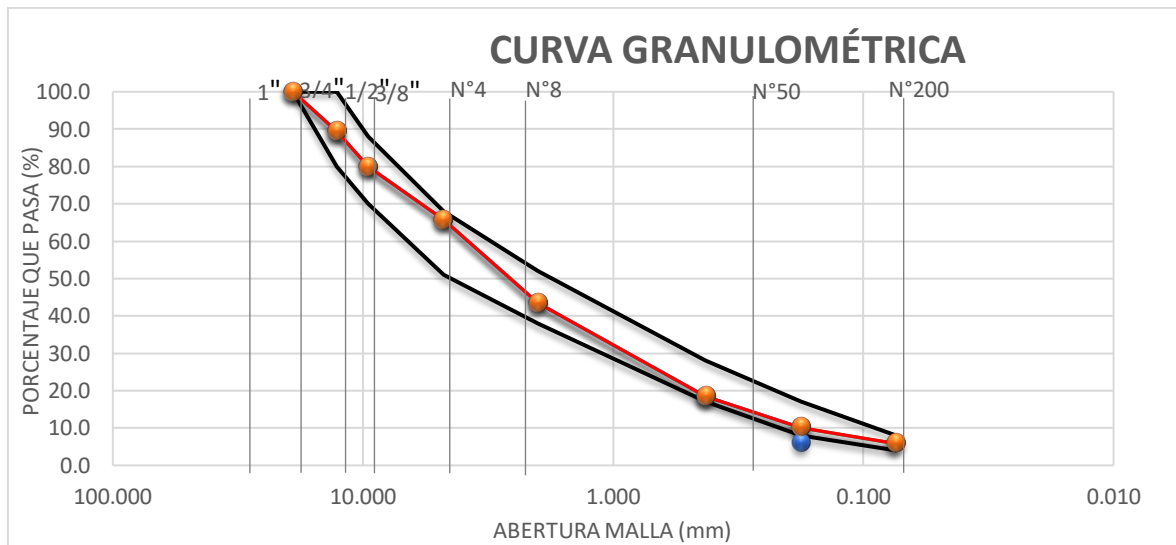
De acuerdo al ensayo de análisis granulométrico Pasa por tamizado (ASTM), de plástico tipo PET fragmentada podemos determinar que el 17,8% es el porcentaje retenido acumulado por la malla N°4, siendo este denominado como agregado grueso y el porcentaje que pasa la malla N° 4 es el 82,2% el cual es denominado como agregado fino.

## MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE-MAC (ASTM D-6927)

**Tabla 15: Análisis Granulométrico de MAC (ASTM D-6927)**

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					1	2	3	MAC - 2	
	ABERT. mm	Grava triturada	Arena triturada	PET	Filler	% Pasa	% Pasa	% Pasa		
1"	25.400									
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	64.4	100.0	100.0	100.0	89.3	89.3	89.3	80.0	100.0
3/8"	9.525	33.0	100.0	100.0	100.0	79.9	79.9	79.9	70.0	88.0
1/4"	6.350									
N° 4	4.760	2.5	92.8	82.2	100.0	65.7	65.7	65.7	51.0	68.0
N° 6	3.360									
N° 8	2.380									
N° 10	2.000	0.0	61.8	21.7	100.0	43.5	43.5	43.5	38.0	52.0
N°16	1.190									
N° 20	0.840									
N° 30	0.590									
N° 40	0.426	0.0	25.7	0.9	98.0	18.4	18.4	18.4	17.0	28.0
N° 50	0.297									
N° 80	0.177	0.0	13.9	0.1	96.0	10.1	10.1	10.1	8.0	17.0
N° 100	0.149									
N° 200	0.074	0.0	7.7	0.0	90.0	5.8	5.8	5.8	4.0	8.0
-200	-									
Mezcla de agregados										
Mezcla N° 01		30.0	69.5	0.0	0.5					
Mezcla N° 02		30.0	69.5	0.0	0.5					
Mezcla N° 03		30.0	69.5	0.0	0.5					

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 11:** Curva Granulométrica de MAC (ASTM D-6927)

### Interpretación:

Se realizó 03 diseños de mezcla asfáltica en caliente (MAC) para la elaboración de las briquetas, es decir para la mezcla convencional, para la mezcla con 5% de PET y para la mezcla con 7% de PET. En el análisis granulométrico de agregados para el diseño de mezcla se determinó que para la mezcla N°01, el cual corresponde al diseño de mezcla convencional, la dosificación de materiales corresponde a la grava triturada en un 30%, la arena triturada en un 69,5% y el filler en un 0.5%.

## MÉTODO ILLINOIS-MARSHALL MODIFICADO

**Tabla 16: Datos de las Proporciones de Mezclas Marshall Modificado**

GRAVA TRITURADA TM 3/4"		ARENA TRITURADA		FILLER	
30%		69.5%		0.5%	
GOLPES	N°	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO	%	4.5	5.0	5.5	6.0
P.U. DE BRIQUETA	kg/m3	2.335	2.357	2.369	2.368
VACIOS	%	6.8	5.4	4.1	3.4
V.M.A.	%	15.9	15.6	15.6	16.1
V.LL.C.A	%	57.4	65.3	73.7	79.1
POLVO / ASFALTO	%	1.5	1.3	1.2	1.1
FLUJO	0.01",0.25mm	11	13	14	15
ESTABILIDAD	KN	9.7	11.0	12.2	11.5
ESTABILIDAD/FLUJO	kg/cm	3421	3474	3559	3129

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

Para determinar el contenido óptimo de asfalto se realizó 04 mezclas asfálticas convencionales en caliente por el Método Illinois-Marshall Modificado, por ende, se utilizó diferentes proporciones de asfalto modificado con polímeros (SBS). Para cada mezcla se realizó 03 briquetas como mínimo con la finalidad de obtener un resultado promedio más confiable. La proporción de asfalto modificado con polímeros y los resultados de las mezclas Marshall son los siguientes:

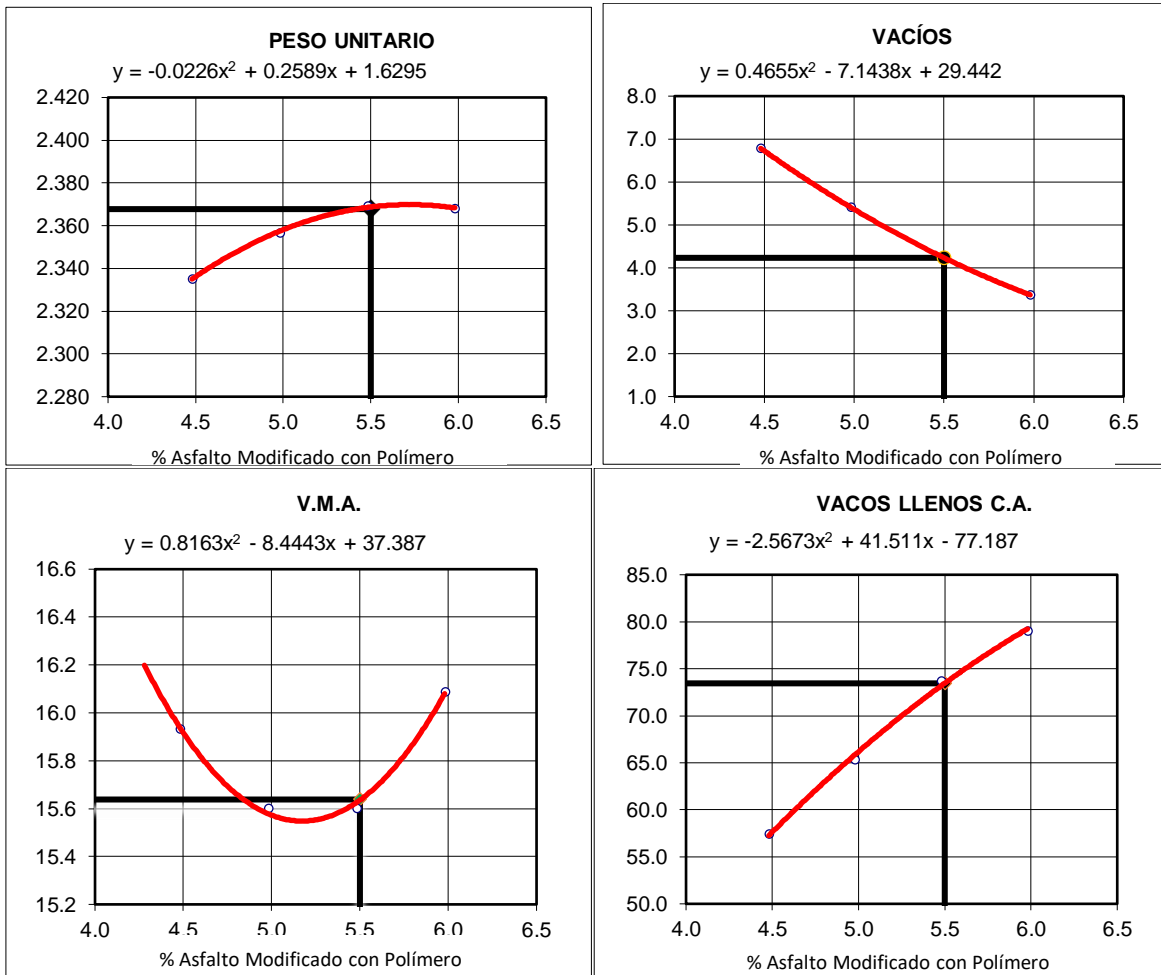
1. **Marshall con 4,5% de asfalto:** de pudo determinar que el porcentaje de vacíos es igual a 6,8%, el flujo es igual a 11 mm, la estabilidad es igual 9,7 KN y la relación estabilidad/flujo es igual a 3421 kg/cm.
2. **Marshall con 5,0% de asfalto:** de pudo determinar que el porcentaje de vacíos es igual a 5,4%, el flujo es igual a 13 mm, la estabilidad es igual 11 KN y la relación estabilidad/flujo es igual a 3474 kg/cm.
3. **Marshall con 5,5% de asfalto:** de pudo determinar que el porcentaje de vacíos es igual a 4,1%, el flujo es igual a 14 mm, la estabilidad es igual 12,2 KN y la relación estabilidad/flujo es igual a 3559 kg/cm.
4. **Marshall con 6,0% de asfalto:** de pudo determinar que el porcentaje de vacíos es igual a 3,4%, el flujo es igual a 15 mm, la estabilidad es igual 11,5 KN y la relación estabilidad/flujo es igual a 3129 kg/cm.

**Tabla 17: Características Marshall Modificado**

PARAMETRO DE DISEÑO	UNIDADES		% OPTIMO		ESPECIFICACIÓN EG 2013
GOLPES	N°	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO	%	5.30	5.50	5.70	
P.U. DE BRIQUETA	kg/m3	2.360	2.368	2.365	
VACIOS	%	4.8	4.2	4.0	3 - 5
V.M.A.	%	15.8	15.6	16.0	14
V.LL.C.A	%	69.4	73.4	74.9	
POLVO / ASFALTO	%	1.24	1.18	1.13	0.6 – 1.3
FLUJO	0.01",0.25mm	13.2	13.7	14.1	8 – 14
ESTABILIDAD	KN	11.67	12.21	11.96	Mín. 8,15
ESTABILIDAD/FLUJO	kg/cm	3526.2	3571	3388.1	1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia.

**CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE**



**Figura 12: Curvas de Energía de Compactación Constante**

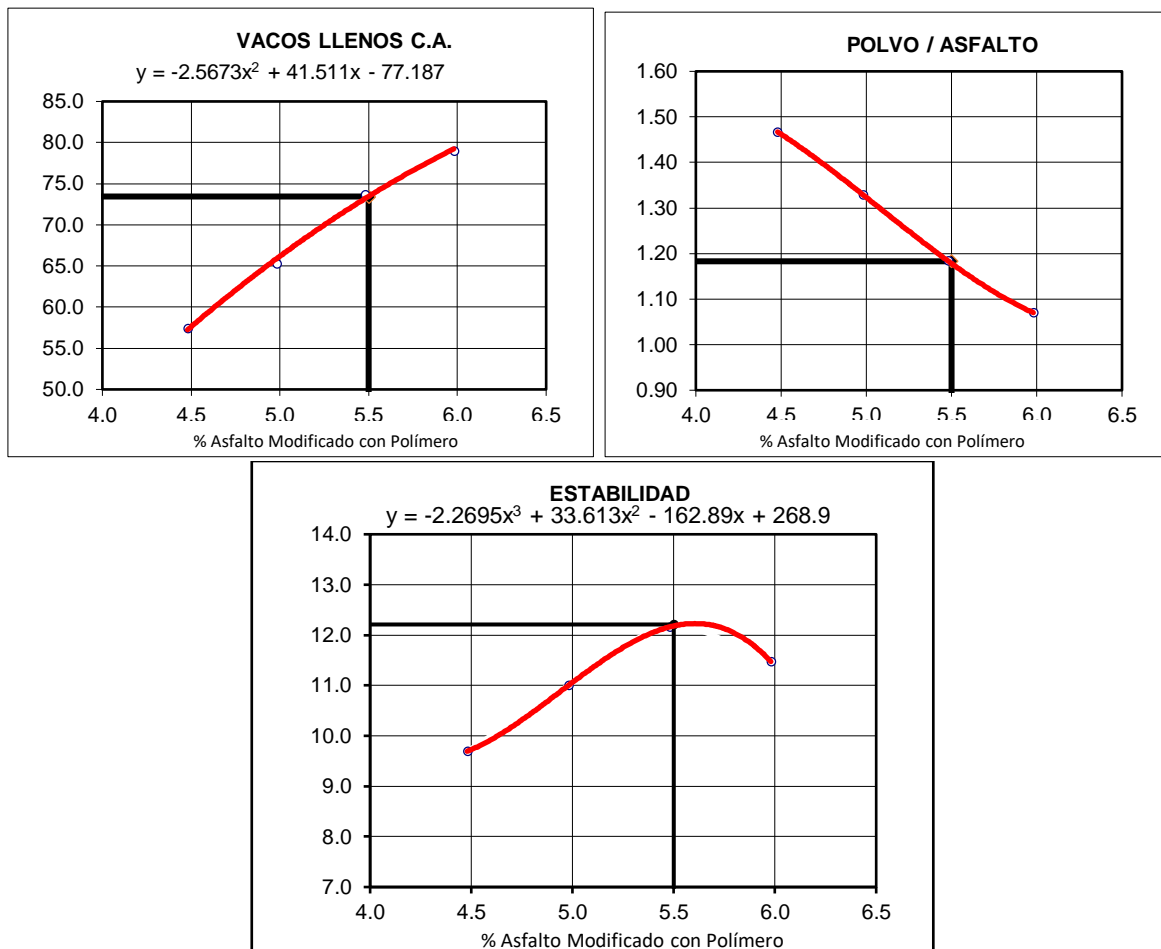


Figura 12: Curvas de Energía de Compactación Constante

### Interpretación:

A través de las características Marshall Modificado se determinó el porcentaje más óptimo de cemento asfáltico para el diseño de mezcla asfáltica convencional en caliente. De las 04 mezclas Marshall modificados con diferentes porcentajes de asfalto que se muestra en la Tabla 16, la mezcla más óptima es el Marshall con 5,5% de asfalto modificado con polímero, ya que esta proporción de asfalto cumple con mayor satisfacción los parámetros de diseño Marshall respecto a las especificaciones EG 2013. Respecto a la mezcla convencional se tiene el siguiente resumen:

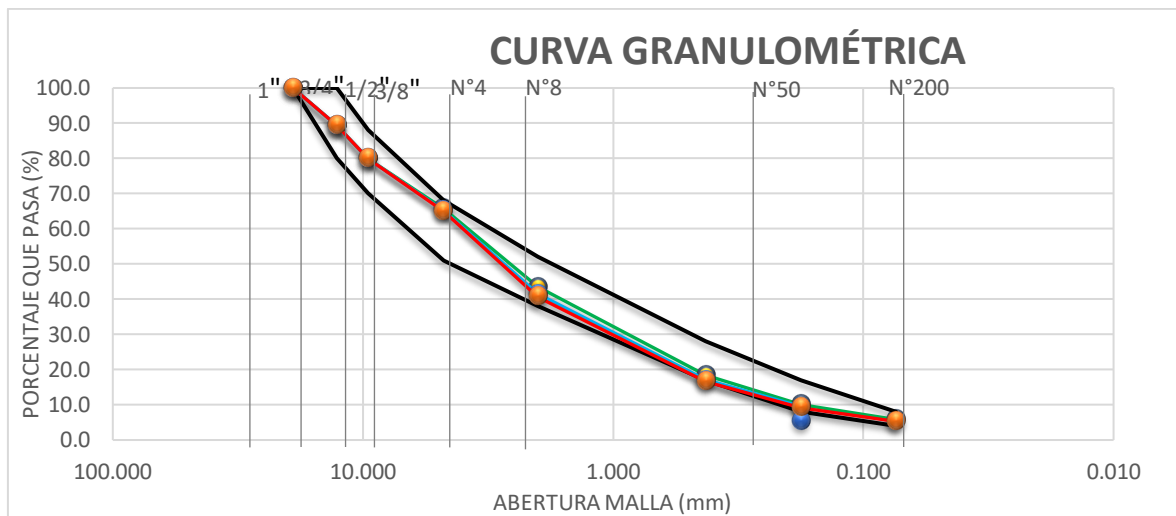
1. La dosificación de agregados para la mezcla asfáltica convencional en caliente comprende el 30% de grava triturada, el 69,5% de arena triturada, el 0,5% de filler y el porcentaje óptimo de asfalto es equivalente a 5,5%.
2. El porcentaje de vacíos para la mezcla convencional es igual a 4,2%, el flujo es igual a 13,7mm, la estabilidad es igual a 12,21 KN y la relación estabilidad/flujo es igual a 3571 kg/cm.

## DOSIFICACIÓN DE MAC CON 5% Y 7% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

**Tabla 18: Análisis Granulométrico de MAC con PET (ASTM D-6927)**

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					1	2	3	MAC - 2	
	ABERT. mm	Grava triturada	Arena triturada	PET	Filler					
1"	25.400									
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	64.4	100.0	100.0	100.0	89.3	89.3	89.3	80.0	100.0
3/8"	9.525	33.0	100.0	100.0	100.0	79.9	79.9	79.9	70.0	88.0
1/4"	6.350									
N° 4	4.760	2.5	92.8	82.2	100.0	65.7	65.2	65.0	51.0	68.0
N° 6	3.360									
N° 8	2.380									
N° 10	2.000	0.0	61.8	21.7	100.0	43.5	41.5	40.7	38.0	52.0
N° 16	1.190									
N° 20	0.840									
N° 30	0.590									
N° 40	0.426	0.0	25.7	0.9	98.0	18.4	17.1	16.6	17.0	28.0
N° 50	0.297									
N° 80	0.177	0.0	13.9	0.1	96.0	10.1	9.4	9.2	8.0	17.0
N° 100	0.149									
N° 200	0.074	0.0	7.7	0.0	90.0	5.8	5.4	5.3	4.0	8.0
-200	-									
Mezcla de agregados										
Mezcla N° 01		30.0	69.5	0.0	0.5					
Mezcla N° 02		30.0	64.5	5.0	0.5					
Mezcla N° 03		30.0	62.5	7.0	0.5					

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 13:** Curva Granulométrica de MAC con PET (ASTM D-6927)

### Interpretación:

En el análisis granulométrico de agregados para el diseño de mezcla asfáltica con PET se determinó que para la mezcla N°01, el cual corresponde al diseño de mezcla convencional, la dosificación de agregados corresponde a la grava triturada en un 30%, la arena triturada en un 69,5% y el filler en un 0.5%. Para la mezcla N°02, mezcla asfáltica con 5% de PET, se utilizó la grava triturada en un 30%, la arena triturada en un 64,5% y el filler en un 0.5%. Para la mezcla N°03, mezcla

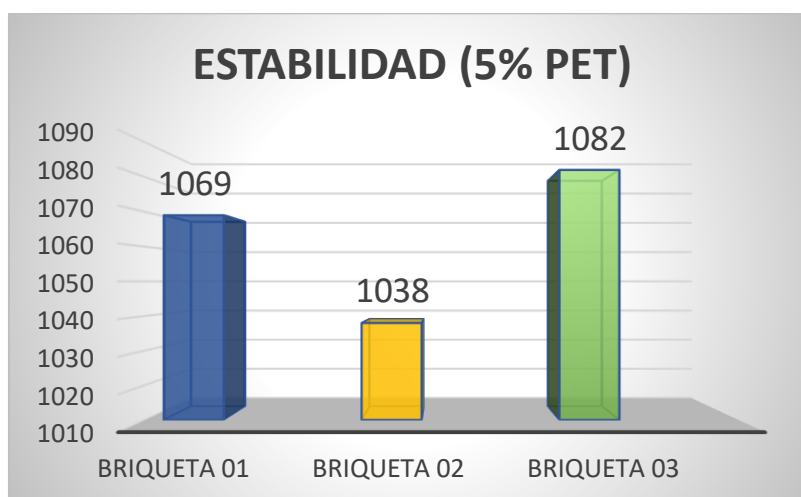
asfáltica con 7% de PET, se utilizó la grava triturada en un 30%, la arena triturada en un 62,5% y el filler en un 0.5%. La porción del porcentaje de plástico PET que se adicionó en la mezcla asfáltica fue como reemplazo del peso total de la arena triturada.

### MEZCLA MARSHALL CON 5% DE PET

**Tabla 19: Estabilidad Marshall con 5% de PET**

MEZCLA MARSHALL CON 5% DE PET		
ESTABILIDAD (kg)		
BRIQUETA 01	BRIQUETA 02	BRIQUETA 03
1069	1038	1082

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 14:** Estabilidad con 5% de PET para 03 Briquetas

#### Interpretación:

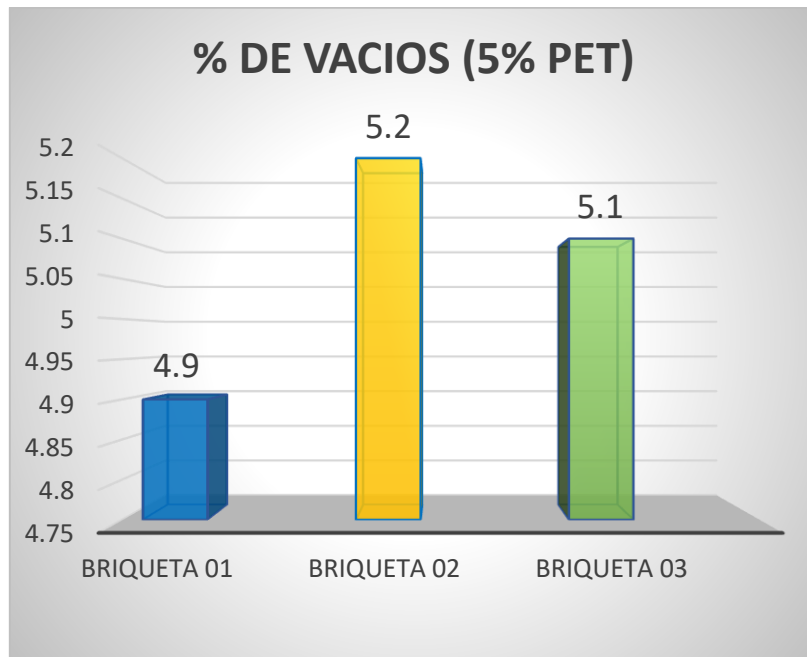
Según los resultados obtenidos en el laboratorio sobre el ensayo de estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica en caliente adicionando 5% de PET se pudo determinar que, la briqueta 01 tiene una estabilidad de 1069 kg, la briqueta 02 tiene una estabilidad de 1038 kg y la briqueta 03 tiene una estabilidad de 1082 kg. A través de los ensayos de estabilidad de las 03 briquetas se determinó la estabilidad promedio de 1063 kg.



**Tabla 20: Impermeabilidad con 5% de PET**

MEZCLA MARSHALL CON 5% DE PET		
% DE VACIOS (%)		
BRIQUETA 01	BRIQUETA 02	BRIQUETA 03
4.9	5.2	5.1

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 15:** Impermeabilidad con 5% de PET para 03 Briquetas

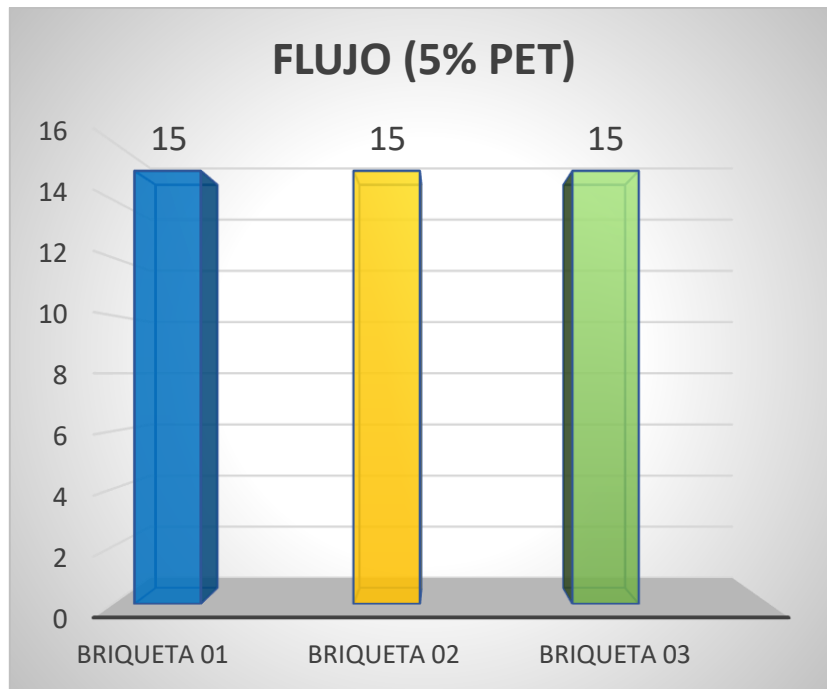
**Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en el laboratorio sobre el ensayo de impermeabilidad (% de vacíos) de la mezcla asfáltica en caliente adicionando 5% de PET se pudo determinar que, la briketa 01 tiene un porcentaje de vacíos de 4,9%, la briketa 02 tiene un porcentaje de vacíos de 5,1% y la briketa 03 tiene un porcentaje de vacíos de 5,1%. A través de los ensayos de impermeabilidad de las 03 briketas se determinó que el porcentaje de vacíos promedio es de 5,1%.

**Tabla 21: Trabajabilidad con 5% de PET**

MEZCLA MARSHALL CON 5% DE PET		
FLUJO 0,01" (0.25mm)		
BRIQUETA 01	BRIQUETA 02	BRIQUETA 03
15	15	15

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 16:** Trabajabilidad con 5% de PET para 03 Briquetas

**Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en el laboratorio sobre el ensayo de trabajabilidad (flujo Marshall) de la mezcla asfáltica en caliente adicionando 5% de PET se pudo determinar que, la briqueta 01 tiene un valor de fluencia 15 mm, la briqueta 02 tiene una fluencia de 15 mm y la briqueta 03 tiene una fluencia de 15 mm. A través de los ensayos de trabajabilidad (flujo) de las 03 briquetas se determinó que el flujo Marshall promedio es de 15 mm.

## MEZCLA MARSHALL CON 7% DE PET

Tabla 22: Estabilidad Marshall con 7% de PET

MEZCLA MARSHALL CON 7% DE PET		
ESTABILIDAD (kg)		
BRIQUETA 01	BRIQUETA 02	BRIQUETA 03
968	955	973

Fuente: Elaboración propia.

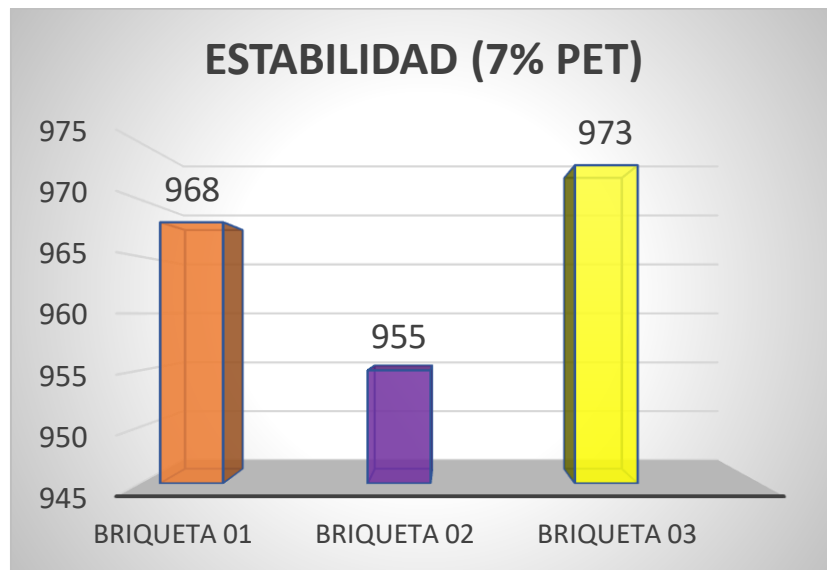


Figura 17: Estabilidad con 7% de PET para 03 Briquetas

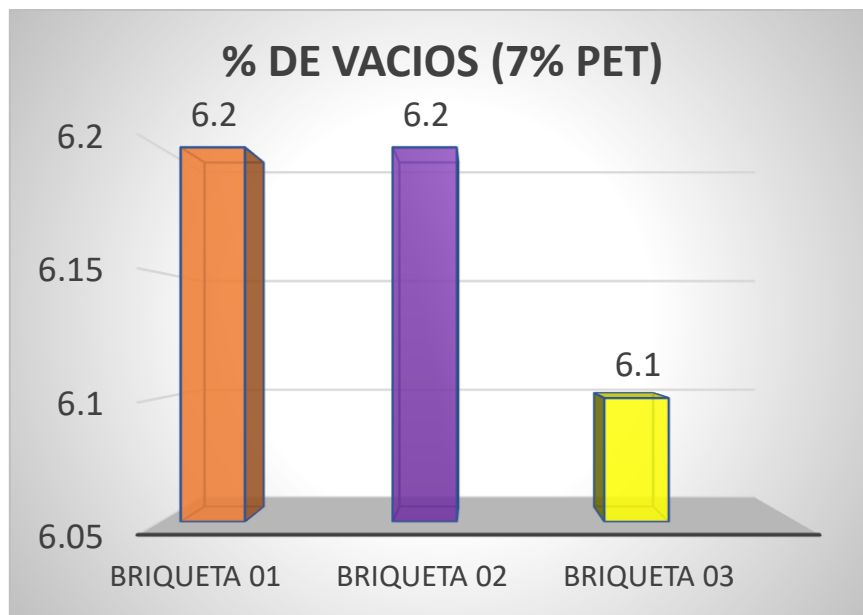
### Interpretación:

Según los resultados obtenidos en el laboratorio sobre el ensayo de estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica en caliente adicionando 7% de PET se pudo determinar que, la briqueta 01 tiene una estabilidad de 968 kg, la briqueta 02 tiene una estabilidad de 955 kg y la briqueta 03 tiene una estabilidad de 973 kg. A través de los ensayos de estabilidad de las 03 briquetas se determinó la estabilidad promedio de 965 kg.

**Tabla 23: Impermeabilidad con 7% de PET**

MEZCLA MARSHALL CON 7% DE PET		
% DE VACIOS (%)		
BRIQUETA 01	BRIQUETA 02	BRIQUETA 03
6.2	6.2	6.1

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 18:** Impermeabilidad con 7% de PET para 03 Briquetas

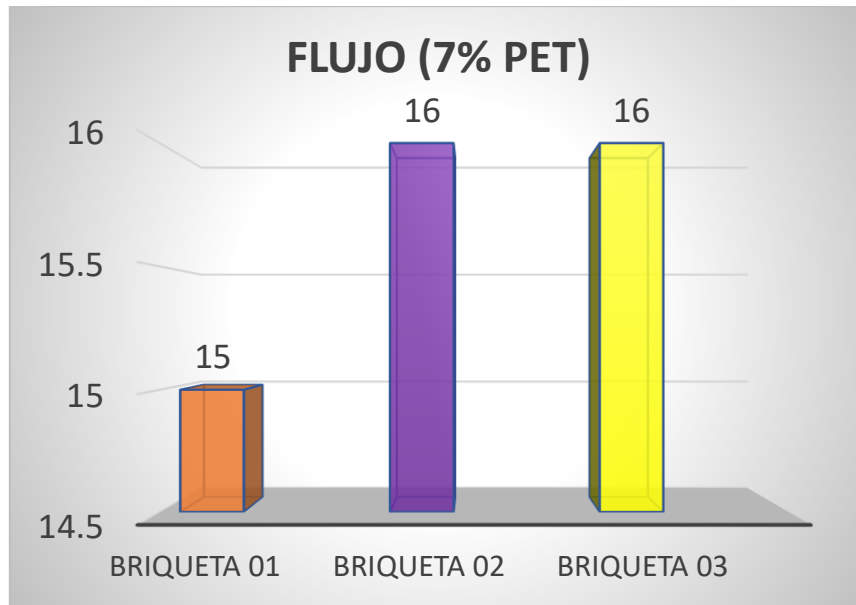
**Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en el laboratorio sobre el ensayo de impermeabilidad (% de vacíos) de la mezcla asfáltica en caliente adicionando 7% de PET se pudo determinar que, la briketa 01 tiene un porcentaje de vacíos de 6,2%, la briketa 02 tiene un porcentaje de vacíos de 6,2% y la briketa 03 tiene un porcentaje de vacíos de 6,1%. A través de los ensayos de impermeabilidad de las 03 briquetas se determinó que el porcentaje de vacíos promedio es de 6,2%.

**Tabla 24: Trabajabilidad con 7% de PET**

MEZCLA MARSHALL CON 7% DE PET		
FLUJO 0,01" (0.25mm)		
BRIQUETA 01	BRIQUETA 02	BRIQUETA 03
15	16	16

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 19:** Trabajabilidad con 7% de PET para 03 Briquetas

**Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en el laboratorio sobre el ensayo de trabajabilidad (flujo Marshall) de la mezcla asfáltica en caliente adicionando 7% de PET se pudo determinar que, la briqueta 01 tiene un valor de fluencia 15 mm, la briqueta 02 tiene una fluencia de 16 mm y la briqueta 03 tiene una fluencia de 16 mm. A través de los ensayos de trabajabilidad (flujo) de las 03 briquetas se determinó que el flujo Marshall promedio es de 15,7 mm.

## Resumen de resultados de ensayos Marshall

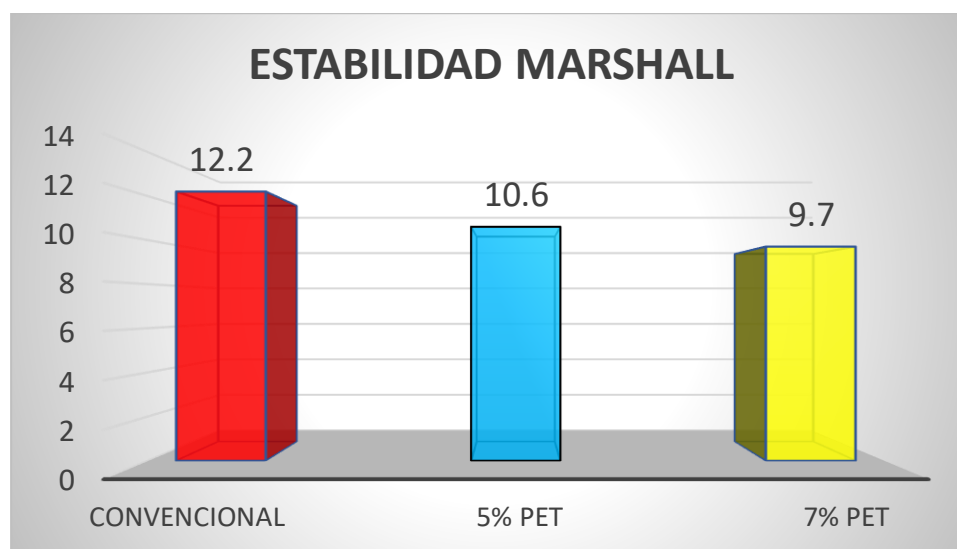
### OBJETIVO ESPECÍFICO 1:

Evaluar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **estabilidad** de un pavimento flexible.

**Tabla 25: Resultados de Ensayos de Estabilidad Marshall**

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE METODO ILLINOIS-MARSHALL MODIFICADO			
MAC	CONVENCIONAL	5% PET	7% PET
ESTABILIDAD MARSHALL	12.2	10.6	9.7

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 20:** Estabilidad Marshall para los 03 Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente

### Interpretación:

Según los resultados sobre el ensayo de estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica en caliente por el método Illinois-Marshall modificado, en la mezcla convencional se obtuvo una estabilidad de 12,2 KN, en la mezcla incorporando 5% de PET se obtuvo una estabilidad de 10,6 KN y en la mezcla incorporando 7% de PET se obtuvo una estabilidad de 9,7 KN. En conclusión, se evaluó que, al incorporar mayor porcentaje de PET la estabilidad disminuye respecto a la mezcla convencional, por ende, la cohesión de la mezcla disminuye, lo que podría generar agrietamientos por fatiga, desprendimiento de la carpeta asfáltica, ahuellamientos y ondulaciones en el pavimento flexible los cuales son ocasionados por las cargas de tránsito.

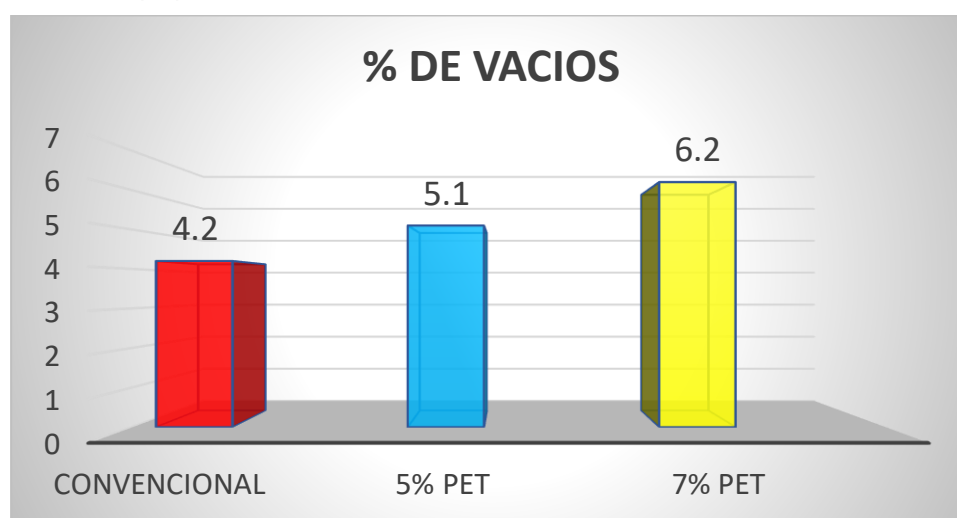
## OBJETIVO ESPECÍFICO 2:

Determinar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7 % del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **impermeabilidad** de un pavimento flexible.

**Tabla 26: Resultados de Ensayos de Impermeabilidad (% de Vacíos)**

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE METODO ILLINOIS-MARSHALL MODIFICADO			
MAC	CONVENCIONAL	5% PET	7% PET
% DE VACIOS	4.2	5.1	6.2

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21:** Impermeabilidad para los 03 Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente

### Interpretación:

Según los resultados del ensayo de impermeabilidad (% de vacíos) de la mezcla asfáltica en caliente (método Illinois-Marshall modificado), en la mezcla convencional se obtuvo 4,2% de vacíos, en la mezcla con 5% de PET se obtuvo 5,1% de vacíos y en la mezcla con 7% de PET se obtuvo 6,2% de vacíos. En conclusión, se determinó que, al incorporar mayor porcentaje de PET los porcentajes de vacíos se incrementan respecto a la mezcla convencional y a su vez se encuentran fuera del parámetro de diseño Marshall, por ende, una alta permeabilidad en las mezclas puede generar la infiltración de agua y aire en el pavimento provocando el envejecimiento y la desintegración rápida de la carpeta asfáltica, desprendimiento del asfalto con el agregado y una baja estabilidad en el pavimento.

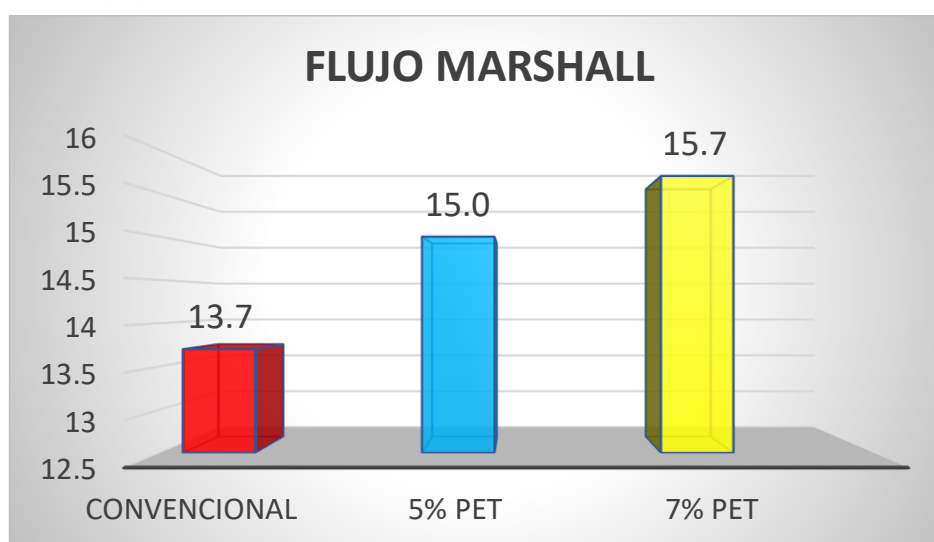
### OBJETIVO ESPECÍFICO 3:

Evaluar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7 % del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la **trabajabilidad** de un pavimento flexible.

**Tabla 27: Resultados de Ensayos de Trabajabilidad (Flujo Marshall)**

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE METODO ILLINOIS-MARSHALL MODIFICADO			
MAC	CONVENCIONAL	5% PET	7% PET
FLUJO 0,01", 0,25mm	13,7	15,0	15,7

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 22:** Trabajabilidad para los 03 Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente

### Interpretación:

Según los resultados sobre el ensayo de trabajabilidad (Flujo Marshall) de la mezcla asfáltica en caliente por el método Illinois-Marshall modificado, en la mezcla convencional se obtuvo un valor de fluencia de 13,7 mm, en la mezcla incorporando 5% de PET se obtuvo una fluencia de 15,0 mm y en la mezcla incorporando 7% de PET se obtuvo una fluencia de 15,7 mm. En conclusión, se evaluó que, al incorporar mayor porcentaje de PET el flujo Marshall se incrementa respecto a la mezcla convencional y a su vez se encuentran fuera del parámetro de diseño Marshall, por ende, la mezcla asfáltica resulta más viscosa y plástica, generando la disminución de la fricción en el pavimento, deterioro en la carpeta asfáltica en un periodo de tiempo corto, los cuales son ocasionados por las cargas de tránsito y el cambio de temperatura ambiente.



## Contrastación de las Hipótesis

**HIPÓTESIS GENERAL:** La incorporación de plásticos PET fragmentados en mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.

Según los resultados del ensayo de las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, la incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente no influyen positivamente en la **estabilidad, impermeabilidad y trabajabilidad** de un pavimento flexible, ya que los resultados en los ensayos fueron desfavorables y no cumplen con los parámetros de diseño de mezclas Marshall, por lo tanto, se descarta la hipótesis general.

**HIPÓTESIS ESPECÍFICO 1:** La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la **estabilidad** de un pavimento flexible.

Según los resultados de los ensayos en laboratorio sobre las mezclas asfálticas en caliente, la incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente no influyen positivamente en la **estabilidad** de un pavimento flexible, ya que, a mayor porcentaje de PET la estabilidad disminuye respecto a la mezcla convencional, por lo tanto, se descarta la hipótesis específico 1.

**HIPÓTESIS ESPECÍFICO 2:** La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la **impermeabilidad** de un pavimento flexible.

Según los resultados de los ensayos en laboratorio sobre las mezclas asfálticas en caliente, la incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un

5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente no influyen positivamente en la **impermeabilidad** de un pavimento flexible, ya que los % de vacíos son más altos respecto a la mezcla convencional y no cumplen con los parámetros de diseño Marshall, por lo tanto, se descarta la hipótesis específico 2.

**HIPÓTESIS ESPECÍFICO 3:** La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la **trabajabilidad** de un pavimento flexible.

Según los resultados de los ensayos en laboratorio sobre las mezclas asfálticas en caliente, la incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente no influyen positivamente en la **trabajabilidad** de un pavimento flexible, ya que, respecto a la mezcla convencional los flujos se incrementan desfavorablemente al adicionar mayor porcentaje de PET y no cumplen con los parámetros de diseño Marshall, por lo tanto, se descarta la hipótesis específico 3.

**Tabla 28: Características de Diseño Marshall Modificado**

PARAMETRO DE DISEÑO	UNIDADES	ESPECIFICACIÓN MTC EG 2013 (Sección 423)
<b>GOLPES</b>	Nº	75
<b>VACIOS</b>	%	3 - 5
<b>V.M.A.</b>	%	14
<b>POLVO / ASFALTO</b>	%	0.6 – 1.3
<b>FLUJO 0.01",0.25mm</b>	mm	8 – 14
<b>ESTABILIDAD</b>	KN	Mín. 8,15
<b>ESTABILIDAD/FLUJO</b>	kg/cm	1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia.

### **Interpretación:**

A través de las características de diseño Marshall podemos determinar y comparar el rango de valores para el diseño de las mezclas asfálticas. Estos valores nos indican que, para la elaboración de una briqueta con 75 golpes, el porcentaje de vacíos debe ser de 3% a 5%, el flujo debe estar entre 8 mm a 14 mm y la estabilidad debe ser como mínimo 8,15 KN. En conclusión, si una mezcla de asfalto no cumple

con estas características quiere decir que, la mezcla puede ser inestable, demasiada flexible o viscosa, susceptible al paso del aire o agua, y podría generarse deformaciones con el pasar del tiempo.

**Tabla 29: Dosificación de Mezcla de Agregados**

AGREGADOS	UNID.	MAC CONV.	5% PET	7% PET	TIPO DE ASFALTO	% OPTIMO DE ASFALTO
GRAVA TRITURADA TM 3/4"	%	30,0	30,0	30,0	PEN 60/70	5,5
ARENA TRITURADA	%	69,5	64,5	62,5		
PET	%	0,0	5,0	7,0		
FILLER	%	0,5	0,5	0,5		

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Interpretación:**

Para el diseño de las 03 mezclas asfálticas en caliente de determino las siguientes dosificaciones de agregados, para la mezcla N°01 (convencional) se utilizó 30% de grava triturada, 69,5% de arena triturada y 0,5% de filler, en la mezcla N°02 (5% PET) se utilizó 30% de grava triturada, 64,5% de arena triturada y 0,5% de filler, y para la mezcla N°03 (7% PET) se utilizó 30% de grava triturada, 62,5% de arena triturada y 0,5% de filler. Para las 03 mezclas Marshall se usó el tipo de asfalto PEN 60/70 (< 2000 MSNM) y el contenido optimo fue de 5,5%.

## V. DISCUSIÓN

**Discusión general: Rojas (2019)**, en su investigación sobre el diseño de un pavimento flexible modificado con la incorporación de plástico PET reciclado, sus resultados determinaron que el óptimo porcentaje de PET en la mezcla asfáltica es 6% y el porcentaje óptimo de cemento asfáltico es 6,7%, ya que, los valores de las propiedades como la estabilidad y flujo fueron positivos y mejoraron respecto a la mezcla asfáltica convencional cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma del MTOP, a excepción del porcentaje de vacíos ya que este valor aumenta respecto a la mezcla asfáltica convencional y no cumple con la norma establecida. Según los resultados y considerando el 6% como porcentaje óptimo de PET para modificar mezclas asfálticas, en la presente investigación se incorporó un 5% y 7% de plástico PET como reemplazo del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas y un 5,5% de cemento asfáltico, con la finalidad de mejorar la estabilidad, fluencia y % de vacíos, obteniendo como resultado que al incorporar mayor porcentaje de PET los valores de dichas propiedades resultan negativas y desfavorables respecto a la mezcla asfáltica convencional, y no cumplen con las características de diseño Marshall especificado en norma del MTC EG 2013. En conclusión, a pesar de adicionar similares porcentajes de PET en las mezclas asfálticas en ambas investigaciones, existen diferencias de resultados, ya que en ambas investigaciones podría influir la variación de la altitud del lugar donde se desarrolló las investigaciones, el tamaño granulométrico de los agregados, el tipo y porcentaje de cemento asfáltico, la temperatura de compactación de la mezcla, etc., por lo tanto, en la presente investigación se tendría que disminuir el porcentaje de PET hasta obtener un diseño óptimo de mezcla asfáltica.

**Discusión 1: Cornejo y Lamiña (2018)**, en su investigación donde su objetivo fue mejorar las propiedades físicas-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente al adicionar plástico PET como reemplazo del agregado fino, sus resultados permiten establecer que el porcentaje óptimo de PET en la mezcla asfáltica es 5% y el porcentaje óptimo de cemento asfáltico es 7,2%, ya que el valor de la estabilidad

aumenta en 0.62 KN respecto a la mezcla convencional (15.22 KN), el cual soporta mayores cargas de tránsito, este aumento positivo cumple con los requisitos establecido por el MTOP (estabilidad mínima 8,005 KN). Sin embargo, los resultados del flujo son desfavorables, obteniéndose para la mezcla asfáltica convencional 17 mm y para la mezcla asfáltica con PET 19 mm el cual superan el máximo valor permitido por el MTOP (8mm a 14mm).

Para mejorar este valor desfavorable que se obtuvo en la fluencia de la mezcla asfáltica, en la presente investigación se incorporó un 5% y 7% de plástico PET como reemplazo del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas y un 5,5% de cemento asfáltico. Obteniendo como resultado en comparación con el antecedente en discusión, al agregar 5% de PET la estabilidad (cohesión) disminuye en 1,6 KN y al agregar 7% de PET la estabilidad disminuye en 2,5 KN respecto a la mezcla convencional (12,2 KN), por ende, la mezcla podría ser más susceptible a la deformación por fatiga a través de las cargas de tránsito, sin embargo, estos los valores de la estabilidad llegan a cumplir con el parámetro de diseño Marshall de la norma técnica del MTC EG (2013) que se muestran en la tabla 30. En conclusión, a pesar de usar los mismos porcentajes de PET en las mezclas asfálticas en ambas investigaciones, existen diferencias de resultados ya que en ambas investigaciones influye la variación de la altitud del lugar donde se desarrolló las investigaciones, influye el tipo y el porcentaje de cemento asfáltico que se adicionó en la mezcla asfáltica, ya que el tipo de cemento asfáltico varía de acuerdo a la elevación del lugar, teniendo en la presente investigación una altitud de la población que no supera los 2000 m.s.n.m (C.A PEN 60/70) y en el antecedente la altitud de la población supera los 2500 m.s.n.m. (C.A PEN 85/100).

**Tabla 30: Parámetros de diseño Marshall**

CARACTERISTICAS DE DISEÑO MARSHALL MODIFICADO				
ESTABILIDAD MARSHALL (KN)				
ESPECIFICACION TECNICA EG 2013 (MTC)	MAC CONV.	MAC CON 5% PET	MAC CON 7% PET	TIPO DE ASFALTO
MÍN. 8,15 KN	12,2	10,6	9,7	PEN 60/70

Fuente: Elaboración propia.

**Discusión 2: López (2020)**, en su investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica al modificarlo con plástico PET reciclado, el autor optó por adicionar el 1% y 2% de PET en la mezcla asfáltica ya que los resultados de la estabilidad aumentan en un 5% respecto a la mezcla convencional y cumplen con el requisito de la norma Invías (2013). Sin embargo, al adicionar 1% y 2% de PET los porcentajes de vacíos de la mezcla asfáltica aumentaron 3 veces más respecto a la mezcla asfáltica convencional, llegando a sobrepasar el 8% de vacíos el cual este valor supera lo establecido en la norma Invías (2013).

En la presente investigación se incorporó porcentajes más elevados de plástico PET, con la finalidad de influenciar y mejorar tanto la estabilidad y los porcentajes de vacíos de la mezcla asfáltica, ya que en el antecedente los valores del % de vacíos fueron desfavorables. Se incorporó un 5% y 7% de plástico PET como reemplazo del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas, obteniendo como resultado que, al adicionar 5% de PET los vacíos en la mezcla aumentan en 0,9% y al adicionar 7% de PET los vacíos aumentan en 2,0% respecto al % de vacíos de la mezcla convencional (4,2%), por ende, una alta permeabilidad puede ocasionar la infiltración de agua y aire en el pavimento ocasionando la rápida desintegración de la carpeta asfáltica. Estos resultados de la impermeabilidad superan los requisitos del parámetro de diseño Marshall de la norma técnica del MTC EG (2013) que se muestran en la tabla 31. En conclusión, a pesar de incorporar mayores porcentajes de PET (5% y 7%) sobre las mezclas asfálticas en comparación con el antecedente (1% y 2%), en ambas investigaciones los resultados sobre el porcentaje de vacíos fueron desfavorables ya que aumentan su valor respecto a la mezcla convencional. Para los autores **Quesada, Raposeiras y Olavarría (2019)** en su investigación donde su objetivo fue determinar la influencia en las propiedades físicas-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente al adicionar plásticos PET, los resultados respecto al porcentaje de vacíos al adicionar 6% de PET también fueron desfavorables. Por ende, este incremento de vacíos puede ser influenciada por la baja adhesión y cohesión entre los agregados y el cemento asfáltico, así como también puede ser influenciada por el tamaño granulométrico no óptimo de los agregados y plástico PET sobre la mezcla de asfalto.

**Tabla 31: Parámetros de diseño Marshall**

CARACTERISTICAS DE DISEÑO MARSHALL MODIFICADO				
% DE VACIOS				
ESPECIFICACION TECNICA EG 2013 (MTC)	MAC CONV.	MAC CON 5% PET	MAC CON 7% PET	TIPO DE ASFALTO
3 - 5	4,2	5,1	6,2	PEN 60/70

Fuente: Elaboración propia.

**Discusión 3: Luque (2018)**, en su investigación su objetivo fue analizar la influencia en las propiedades físicas-mecánicas de la mezcla asfáltica al incorporar plásticos PET, cuyos resultados permitieron establecer que el porcentaje óptimo de PET en la mezcla de asfalto es 6,7%, ya que el valor de la estabilidad aumenta en 0.20 KN respecto a la mezcla asfáltica convencional (12 KN) y el valor del flujo disminuye en 1mm respecto a la mezcla asfáltica convencional (13mm), mejorando su trabajabilidad y fricción en el pavimento, estos resultados cumplen con el parámetro de diseño Marshall de la norma del MTC EG-2013.

A partir de los buenos resultados obtenidos en el antecedente al adicionar 6,7% de PET, en la presente investigación se decidió incorporar un 5% y 7% de plásticos PET como reemplazo del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas, para obtener mejores resultados en la estabilidad, flujo y % de vacíos de la mezcla asfáltica. Se obtuvo como resultado que, al adicionar 5% de PET el flujo de la mezcla aumenta en 1,3 mm y al adicionar 7% de PET el flujo aumenta en 2,0 mm respecto al flujo de la mezcla convencional (13,7 mm), sin embargo estos resultados no cumplen con el parámetro de diseño Marshall del MTC EG-2013 que se muestra en la tabla 32, por ende, una mezcla asfáltica con altos valores de flujo resulta muy viscosa y plástica, generando la disminución de la fricción en el pavimento y el deterioro de la carpeta asfáltica en un periodo de tiempo corto. En conclusión, en comparación con el antecedente en discusión, en la presente investigación se obtuvieron resultados desfavorables en el flujo de la mezcla asfáltica al adicionar de 5% a 7% de PET, sin embargo en el antecedente al adicionar 6,7% de PET se obtuvieron resultados positivos en el flujo de mezcla asfáltica, esta diferencia de resultados puede ser influida debido al mal control de la temperatura de la mezcla y la temperatura de compactación, ya que esta

temperatura varia aceleradamente en el tiempo y ambiente, es decir, en la presente investigación se empleó el tipo de cemento asfáltico (PEN 60/70), recomendable para temperatura ambiente de 20 °C-35 °C y en el antecedente se empleó cemento asfáltico CA-24, recomendable para temperatura ambiente de -5 °C a 18 °C.

**Tabla 32: Parámetros de diseño Marshall**

CARACTERISTICAS DE DISEÑO MARSHALL MODIFICADO				
FLUJO MARSHALL (mm)				
ESPECIFICACION TECNICA EG 2013 (MTC)	MAC CONV.	MAC CON 5% PET	MAC CON 7% PET	TIPO DE ASFALTO
8 - 14	13,7	15,0	15,7	PEN 60/70

**Fuente:** Elaboración propia.



## **VI. CONCLUSIONES**

1. Se concluyó que la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente, no influyen positivamente en la estabilidad de un pavimento flexible, ya que, el valor de la estabilidad disminuye respecto a la mezcla asfáltica convencional. La cohesión de la mezcla disminuye, lo que podría generar agrietamientos por fatiga, desprendimiento de la carpeta asfáltica, ahuellamientos y ondulaciones en el pavimento los cuales son ocasionados por las cargas de tránsito.
2. Se concluyó que la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente, no influyen positivamente en la impermeabilidad de un pavimento flexible, ya que, los % de vacíos se incrementan respecto a la mezcla asfáltica convencional, y no cumplen con los parámetros de diseño Marshall de la norma MTC EG 2013. La alta permeabilidad en el asfalto genera la infiltración de agua y aire en el pavimento provocando el envejecimiento, la desintegración rápida de la carpeta asfáltica y una baja estabilidad en el pavimento.
3. Se concluyó que la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente, no influyen positivamente en la trabajabilidad de un pavimento flexible, ya que, los flujos se incrementan respecto a la mezcla asfáltica convencional y no cumplen con los parámetros de diseño Marshall de la norma MTC EG 2013. El asfalto resulta más viscosa y plástica, generando la disminución de la fricción en el pavimento, deterioro en la carpeta asfáltica en un periodo de tiempo corto, los cuales son ocasionados por las cargas de tránsito.

## VII. RECOMENDACIONES

Al realizar los ensayos a las propiedades físicas-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente incorporando plástico PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino, se obtuvieron resultados desfavorables respecto a una mezcla asfáltica convencional. Por ende, se recomienda disminuir el porcentaje de PET hasta obtener un diseño óptimo de mezcla asfáltica que cumpla los parámetros de diseño Marshall especificado en la norma del MTC EG-2013, ya que al incorporar una porción demasiado elevada o baja de PET, podría reducir considerablemente la estabilidad, aumentar los porcentajes de vacíos y perjudicar su trabajabilidad.

Para incorporar el plástico PET en la mezcla asfáltica en caliente se tuvieron que fragmentar en tamaños aproximados de 1/16", 1/8" y 1/4" y ser reemplazados como una porción del peso del agregado fino, por ende, se recomienda realizar un adecuado ensayo granulométrico de los agregados y del plástico PET, así mismo, ser aprobados por un juicio de expertos, ya que la finalidad es obtener una mezcla homogénea y de fácil manipulación, que no afecta el flujo de la mezcla y no genere altos porcentajes de vacíos, ni reduzca la estabilidad en el pavimento.

Al realizar la incorporación de plásticos PET en las mezclas asfálticas, se recomienda un control adecuado de la temperatura de la mezcla asfáltica, ya que el clima o la altitud de la ciudad donde se está realizando la investigación podría influir en la temperatura de la mezcla asfáltica y la temperatura de la compactación en periodos de tiempos cortos, el cual esto podría influenciar negativamente en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica.

## REFERENCIAS

AGUADO, Brian. Diseño de un pavimento flexible utilizando geo mallas en suelos arenosos en el AA.HH. Virgen de las Mercedes – Ventanilla 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2020.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50324>

AHMAD, A, RAZALI, A y RAZELAN, I, 2017. Utilizing of polyethylene terephthalate (PET) in asphalt pavement: A review. Mechanical Engineering, Science and Technology International Conference [en línea]. Malasia: IOP Publishing, No 203, pp.8. [consulta: octubre de 2021]

Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/203/1/012004>

ALAN, David y CORTEZ, Liliana. Procesos y fundamentos de la investigación científica. Primera edición, Machala: UTMACH, 2018. 125 pp.

ISBN: 9879942240934

Disponible en:

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiagcionCientifica.pdf>

¿Qué es el PET? [Mensaje en un blog]. [Zaragoza]: ARAPACK, (31 de enero de 2018). Disponible en: <https://www.arapack.com/faq/que-es-el-pet/>

ARIAS, José. Guía para elaborar la operacionalización de variables. Espacio J+D: Innovación más desarrollo, vol. 10 (28): pp.43-56, octubre, 2021.

ISSN: 2007-6703

Disponible en: <https://doi.org/10.31644/IMASD.28.2021.a02>

ARISPE, Claudia, YANGALI, Judith, GUERRERO, María, LOZADA, Oriana, ACUÑA, Alan y ARELLANO, César. La investigación científica: una aproximación para los estudios de posgrado. 1ra ed. Universidad Internacional del Ecuador, 2020. 131 pp.

ISBN: 9789942385789

Disponible en: [https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA\\_INVESTIGACION\\_CIENTIFICA.pdf](https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA_INVESTIGACION_CIENTIFICA.pdf)

BOJORQUE, Jaime, FLORES, Cristian y VASQUEZ, Mario. Parámetros Marshall para el control de calidad de mezclas asfálticas en caliente después de la construcción del pavimento. Dialnet, vol. 18, N° 1, 2019, pp. 178-185.

ISSN: 0717-7925

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7184163>

Población y Muestra, CARRILLO, Ana. Septiembre de 2015. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/oca/view/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>

CABRERA, Laura. Influencia del uso de PET reciclado como reemplazo de agregados en la respuesta mecánica y durabilidad de mezclas asfálticas. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad de los Andes, 2021.

Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/53801>

CARRIZALES, José. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles. Tesis (Título de Ingeniero Civil).

Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1888>

CONDORCHOA, Ceferino. Factor clima y su relación con el deterioro de pavimentos rígidos en Ica año 2019. Tesis (Maestro en Ingeniería Vial).

Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2535>

CORIA, Carlos, HERNANDEZ, Roberto y ANGUAS, Paul. Teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista, (N°72): pp.357, 2018.

ISSN: 0188-7114

Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt72.pdf>

CORNEJO, Daniel y LAMIÑA, Jimmy. Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, mediante la incorporación de material triturado de productos reciclados de tereftalato de polietileno (PET), utilizando los agregados de la mina del Río Pita en La Ciudad de Quito, mediante la determinación del módulo de rigidez. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018. pp. 216.

Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15819>

EZPINOZA, Eudaldo. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Segunda parte. Conrado, vol. 15 (N°69): [15] 2019.

ISSN: 2519-7320

Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttex&pid=S199086442019000400171](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S199086442019000400171)

FONSECA, Mariana, CAPITAO, Silvino, ALMEIDA, Arminda y PICADO-SANTOS, Luis, 2022. Influence of Plastic Waste on the Workability and Mechanical Behaviour of Asphalt Concrete. Applied Sciences [en línea]. Suiza: vol. 12, No 2146, pp. 20 [consulta: febrero de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app12042146>

GONZALES, Daniel. Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito. Tesis (Título de Ingeniero Constructor). Santiago de Chile: Universidad Andrés Bello, 2018.

Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/288910557.pdf>

GRAJALES, Jhon, VIDAL, Alberto Y RAMIREZ, Daniela, 2014. Incorporación de Tereftalato de Polietileno como Agente Modificador en el Asfalto. Vitela Repositorio Institucional. Cali: Daniela Ramírez López, No 79, pp. 6. [Consulta: septiembre de 2021]

Disponible en: <http://hdl.handle.net/11522/3253>

GUEVARA, Gladys, VERDESOTO, Alexis y CASTRO Nelly, 2020. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). ReciMundo: [en línea], Babahoyo: Saberes del conocimiento, pp. 163-173. [consulta: abril de 2022].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/7591592.pdf>

HERNANDEZ, Carlos y CARPIO, Natalia. Introducción a los tipos de muestreo. Alerta, vol. 2 (1), pp. 76-79, 2019.

Disponible en: <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6ta ed. México: McGraw-Hill/Interamericana S.A., 2014. 589 pp. ISBN: 9781456223960

Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

HERNANDEZ, Sandra y DUANA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín científico de las ciencias económico administrativas de ICEA, vol. 9, N° 17, 2020, pp. 51-53.

ISSN: 2007-4913

Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>

Emulsión asfáltica [mensaje en un blog]. Lima: Industrias K&C S.A.C, (2016).

Disponible en: <https://www.asfalto.com.pe/productos-emulsiones-asfalticas-pistas-lima-peru.php>

LOPEZ, Juan. Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas PET recicladas. Trabajo de grado (Opción de grado). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2020. pp.54

Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38661>

LOPEZ, Pedro y FACHELLI, Sandra. Metodología de la investigación social cuantitativa. Primera edición, [en línea], Universidad Autónoma de Barcelona, 2015, pp. 38.

Disponible en: [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163566/metinvsocua\\_a2016\\_cap2-1.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163566/metinvsocua_a2016_cap2-1.pdf)

LUQUE, Alex. Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico – Juliaca, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13230>

MARCILLO, Valeria. Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2354?mode=full>

MASHAAN, Nuha, CHEGENIZADEH, Amin y NIKRAZ, Hamid, 2021. Laboratory Properties of Waste PET Plastic-Modified Asphalt Mixes. Recycling [en línea]. Australia: José Nevez, Ana Freire y Carlos Chastre, vol. 6, No 3: 49, pp. 10. [publicación: julio de 2021], [consulta: octubre de 2021]. EISNN: 2313-4321

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/recycling6030049>

MONRROY, Gissel Y PARDO, Rubby, 2020. Factibilidad de desarrollar pavimentos con plásticos reciclados. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI [en línea], Bogotá: ACOFI, pp.9. [Consulta: octubre de 2021]

Disponible en: <https://www.acofipapers.org/index.php/eiei/article/download/853/857>

OTZEN, Tamara, MANTEROLA, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int. J. Morphol, vol. 35 (1), pp. 227-232, 2017.

Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

PEÑA, Sandra. Análisis de datos. Primera edición. Colombia: Areandino, pp. 185, 2017.

ISBN: 9879585460454

Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/326425169.pdf>

Perú: Estimaciones y proyecciones de población por departamento, provincia y distrito, 2018-2020. (enero, 2020). Instituto Nacional de Estadística e Informática).

Disponible en: [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)

PITALUÑA, Diego y RODRIGUEZ, Jefferson. Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2020.

Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7535>

POSSO, Richar y LORENZO, Edda. Validez y confiabilidad del instrumento determinante humano en la implementación del currículo de educación física. Revista Educare, vol. 24 N° 3: pp.205-223, septiembre-diciembre, 2020.

ISSN: 2244-7296

Disponible en: <https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i3.1410>

Elaboración de especímenes de concreto asfáltico mediante diseño Marshall. PUMA, Rodrigo. 26 de mayo de 2017.

Disponible en: <https://www.slideshare.net/rodrogonzalo/elaboracion-de-briquetas-de-asfalto>

QUESADA, D, RAPOSEIRAS, A y OLAVARRIA, J, 2019. Effects of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) on Stiffness of Hot Asphalt Mixtures. Hindawi: Advances in Civil Engineering [en línea]. Valdivia: Giulio Dondi, vol. 2019, pp.6. [consulta: septiembre de 2021] ID: 6969826

Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/6969826>



RAMOS, Carlos. Los alcances de una investigación. CienciAmérica, vol. 9(3), pp.5, julio-diciembre, 2020.

ISSN:1390-9592

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7746475.pdf>

ROJAS, Noela. Diseño de pavimento modificado con la adición de plástico reciclado para ciclovías. (Título de Ingeniero Civil). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2019. 16 pp.

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32429>

ROMAN, Treisi y Pillpinto, Dante. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto f'c 210kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con agregado hormigón y agregado clasificado, en el distrito de Maranura- La Convención – Cusco. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2016. 123 pp.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024622003.pdf>

SABINO, Carlos. El proceso de Investigación. 10ma ed. Guatemala: Episteme, 2014. 240 pp.

ISBN: 9789929677074

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books/about/El\\_proceso\\_de\\_investigación.html=jweJBAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/El_proceso_de_investigación.html=jweJBAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y)

¡SELVA Central se queda contigo! [Mensaje en un Blog]. Chanchamayo: Portal Turístico Selva Central, (1 de marzo de 2021).

Disponible en: <https://selvacentral.com.pe/clima-chanchamayo/>

SILVESTRE, Deyvis. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima- 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/1506>

URIBE, Jesús. Aplicación del Polietileno (PET) en pavimento flexible para determinar el comportamiento físico - mecánico en la Av. Los Geranios, Huaral 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2020.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54387>

ZEBALLOS, Rafael. Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. Tesis (Maestro en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16979/Zevallos\\_GR\\_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16979/Zevallos_GR_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

¿Cuáles son los principales problemas encontrados en los pavimentos de carretera? [noticia]. [Cambé]: Equipos Romanelli, (2021).

Disponible en: <https://www.romanelli.com.br/es/noticia/quais-sao-os-principais-problemas-encontrados-nos-pavimentos-rodoviaros->

## ANEXOS

**ANEXO N°1:** MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

**TÍTULO:** INCORPORACION DEL SISTEMA PET EN MEZCLAS ASFALTICAS PARA MEJORAR PROPIEDADES FISICAS- MECANICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, AV. MARGINAL, PICHANAQUI 2022

**AUTOR:** RAVELO LANASCA WALDIR ALFRED

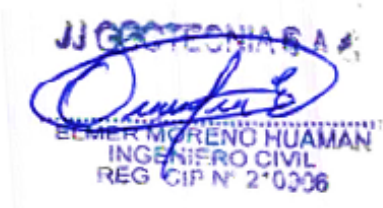


VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Sistema PET</p>	<p><b>Plásticos PET:</b></p> <p>Para la empresa experta en termoconformados, el Tereftalato de Polietileno (PET), es el plástico más común, se puede encontrar en botellas de bebidas y en tejidos. Presenta características como resistencia, alta transparencia, bajo peso, impermeable y apto para uso alimentario (Arapack, 2018, párr.1 y párr.2).</p>	<p>Se realizó la aplicación del plástico PET como reemplazo del peso total del agregado fino en un 5% y 7% sobre las mezclas asfálticas en caliente, mediante el proceso por Vía Seca, para producir un nuevo pavimento flexible, por ende, el plástico PET será utilizado para modificar el cemento asfáltico, es decir fue utilizado como un porcentaje de los agregados (agregado fino).</p>	Plástico PET en mezclas asfálticas	0%PET (P)	Razón
				P + 5% PET + 95% agregados pétreos	
				P + 7% PET + 93% agregados pétreos	
			Tipo de producción de mezcla	Vía Seca	Intervalo
Vía Húmeda					
<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Propiedades de un pavimento flexible</p>	<p>Una <b>mezcla asfáltica</b> es una sustancia compuesto por aglomerantes, resistente, muy adhesivo, duradero y altamente impermeable, tiene la característica de soportar altas presiones de carga, es un material viscoso que puede fluir a temperaturas elevadas y con cargas permanentes. También es conocido como un material plástico que transmite flexibilidad y compatible a las mezclas de agregados con los cuales se combina (<b>Carrizales, 2015, pp.35</b>). <b>Propiedades físicas-mecánicas del asfalto:</b> los de vital importancia en un proyecto y diseño de carreteras son la estabilidad, impermeabilidad (% de vacíos) y trabajabilidad (fluencia). (Blanco y Montañez, 2016, pp.24).</p>	<p>Se realizó ensayos para verificar y analizar las propiedades del pavimento flexible. Los ensayos se realizarán a través de 36 briquetas de asfalto, los cuales estarán constituidas por diferentes dosificaciones, por cada indicador de la variable dependiente a investigar se realizará 3 ensayos como mínimo, con la única objetividad de analizar la influencia y beneficio en el pavimento al incorporar plásticos PET.</p>	Propiedades Mecánicas	Estabilidad (KN)	Razón
			Propiedades Físicas	Impermeabilidad (%)	Razón
				Trabajabilidad (mm)	Razón

Fuente. Elaboración Propia (2022)

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	VARIABLE DE OPERACIONALIZACIÓN		INSTRUMENTOS	METOLOGÍA		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores				
¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022?	Analizar de qué manera influye la incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.	La incorporación de plásticos PET fragmentados en mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.	Sistema PET	Plástico PET en mezclas asfálticas	0%PET (P)	Balanzas y Recipientes	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada		
					P + 5% PET + 95% agregados pétreos				
					P + 7% PET + 93% agregados pétreos				
				Tipo de producción de mezcla	Vía Seca	Mezcladora, horno eléctrico			
					Vía Húmeda	Horno eléctrico, mezcladoras	<b>Nivel de Investigación:</b> Explicativo		
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>Diseño de Investigación:</b> Experimental		
¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la estabilidad de un pavimento flexible?	Evaluar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la estabilidad de un pavimento flexible.	La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la <b>estabilidad</b> de un pavimento flexible.	Propiedades de un pavimento flexible	Propiedades mecánicas	Estabilidad (KN)	Prensa hidráulica- Máquina de Ensayo de estabilidad Marshall ( <b>ASTM D-6927</b> )	<b>Población:</b> Mezcla asfáltica en caliente en la AV. Marginal, Pichanaqui		
¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la impermeabilidad de un pavimento flexible?	Determinar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la impermeabilidad de un pavimento flexible.	La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la <b>impermeabilidad</b> de un pavimento flexible.				Impermeabilidad (%)		Calibrador, aerómetro, balanza, manómetro, Ensayo de densidad Bulk y densidad máx. teórica ASTM D 1188- ASTM D 2041	<b>Muestra:</b> 36 briquetas de mezcla asfáltica en caliente desde el cruce entre la Av. Lima-Av. Marginal hasta el cruce entre el Jr. Junín-Av. Marginal.
¿De qué manera influirá la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la trabajabilidad de un pavimento flexible?	Evaluar de qué manera influye la incorporación del sistema PET como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas para mejorar la trabajabilidad de un pavimento flexible.	La incorporación de plásticos PET fragmentados como reemplazo en un 5% y 7% del peso total del agregado fino sobre las mezclas asfálticas en caliente influyen de manera positiva en la <b>trabajabilidad</b> de un pavimento flexible.				Trabajabilidad (mm)		Prensa Hidráulica, Máquina de Ensayo fluencia Marshall ( <b>ASTM D-6927</b> )	
						<b>Técnica:</b> Observación directa	<b>Instrumento de Investigación:</b> Fichas Técnicas, equipos de laboratorio		

**ANEXO N°3: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

**VALIDACION DE INSTRUMENTOS**

VALIDEZ: Juicio de Expertos			CIP N°	Sello y Firma
JUICIO	APELLIDOS Y NOMBRES	TITULO O GRADO		
Experto N°1	Moreno Huamañ Elmer	Ingeniero Civil	210906	
Experto N°2	Marquéz Landeo Marlon Gianfranco	Ingeniero Civil	84463	
Experto N°3	Chugue Suasnabar César Abel	Ingeniero civil	170866	

Fuente. Elaboración propia

# ANEXO N°4: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

## Ficha N°1: GRAVA TRITURADA



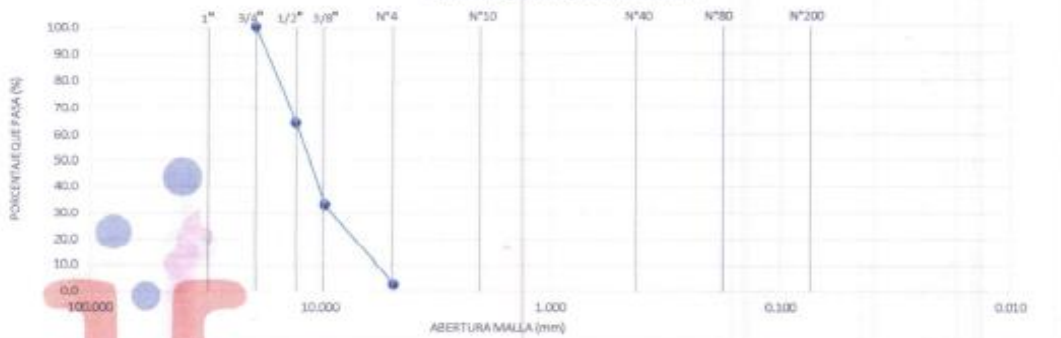
Tel: (011) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 921285894  
 Av. A. Mz. 48. Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria odra. 59, Villacol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanasca Waldir Alfred
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaki 2022.
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaki.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 10/04/2022

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25.400	-	-	-	100.0	
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Calculos.
1/2"	12.700	1,157.0	35.6	35.6	64.4	Tara
3/8"	9.525	1,022.0	31.4	67.0	33.0	Peso de Tara
1/4"	6.350	-	-	-	-	Tara + muestra Humeda
N° 4	4.750	993.0	30.5	97.5	2.5	Tara + muestra Seca
N° 6	3.350	-	-	-	-	Contenido de Humedad (%)
N° 8	2.380	21.0	0.6	98.1	1.9	
N° 10	2.000	60.0	1.8	100.0	0.0	Muestra Seca
N°16	1.190	-	-	-	-	
N° 20	0.840	-	-	-	-	
N° 30	0.590	-	-	-	-	
N° 40	0.425	-	-	-	-	
N° 50	0.297	-	-	-	-	Proporciones Agregados.
N° 80	0.177	-	-	-	-	Agregado Grueso.
N° 100	0.149	-	-	-	-	Agregado Fino.
N° 200	0.074	-	-	-	0.0	Fino Malla 200.
-200	-	-	-	-	-	

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:



JJ GEOTECNIA S.A.C.  
 ELMER FRENDO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 2° 0306

# ANEXO N°5: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

## Ficha N°2: ARENA TRITURADA



Tel: (01) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 921265894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villacel - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanasco Waldir Alfrad
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaki 2022.
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaki.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 10/04/2022

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa		
1"	25.400	0	-	-	100.0		
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Cálculos.	
1/2"	12.700	-	-	-	100.0	Tara	C.4
3/8"	9.525	-	-	-	100.0	Peso de Tara	117.00 g
1/4"	6.350	-	-	-	100.0	Tara + muestra Humeda	1,170.00 g
N° 4	4.760	75.8	7.2	7.2	92.8	Tara + muestra Seca	1,164.00 g
N° 6	3.360	-	-	7.2	92.8	Contenido de Humedad (%) 0.6 %	
N° 8	2.360	264.8	25.3	32.5	67.5		
N° 10	2.000	59.6	5.7	38.2	61.8	Muestra Seca	1,047.0 g
N°16	1.190	152.8	14.6	52.8	47.2		
N° 20	0.840	86.7	8.3	61.1	38.9		
N° 30	0.590	75.1	7.2	68.3	31.7		
N° 40	0.425	63.2	6.0	74.3	25.7		
N° 50	0.297	55.8	5.3	79.6	20.4	Proporciones Agregados.	
N° 80	0.177	68.1	6.5	86.1	13.9	Agregado Grueso.	7.2 %
N° 100	0.149	44.5	4.2	90.4	9.6	Agregado Fino.	92.8 %
N° 200	0.074	20.3	1.9	92.3	7.7	Fino Malla 200.	0.0 %
-200	-	80.5	7.7	100.0			



OBSERVACIONES:



JJ GEOTECNIA S.A.C  
 CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.  
 ELMER LORENO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 210328

# ÉNEEXO N°6: ANÁLISIS GRANULOMETRICO

## Ficha N°3: PLÁSTICO PET



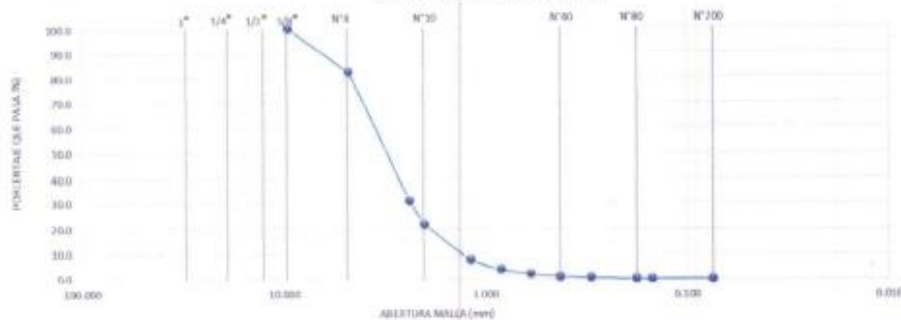
Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanaena Walter Alfred
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaki 2022.
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaki.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 10/04/2022

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25 400	-	-	-	100.0	
3/4"	19 050	-	-	-	100.0	Calculos.
1/2"	12 700	-	-	-	100.0	Tara
3/8"	9 525	-	-	-	100.0	Peso de Tara
1/4"	6 350	-	-	-	100.0	Tara + muestra Humeda
N° 4	4 750	44.7	17.8	17.8	82.2	Tara + muestra Seca
N° 6	3 350	-	-	17.8	82.2	Contenido de Humedad (%)
N° 8	2 350	129.9	51.6	68.4	30.6	
N° 10	2 000	22.5	8.9	78.3	21.7	Muestra Seca
N° 16	1 190	35.8	14.2	92.5	7.5	
N° 20	0 840	9.2	3.7	96.2	3.8	
N° 30	0 590	4.8	1.9	98.1	1.9	
N° 40	0 426	2.7	1.1	99.1	0.9	
N° 50	0 297	1.2	0.5	99.6	0.4	Proporciones Agregados.
N° 60	0 177	0.7	0.3	99.9	0.1	Agregado Grueso.
N° 100	0 149	0.1	0.1	99.9	0.1	Agregado Fino.
N° 200	0 074	0.1	0.0	100.0	0.0	Fino Malla 200.
-200	-	0.0	0.0	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:



JJ GEOTECNIA S.A.C

CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER MORENO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.F. N° 2° 0306



# ANEXO N°7: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ficha N°4:

## MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (MAC)



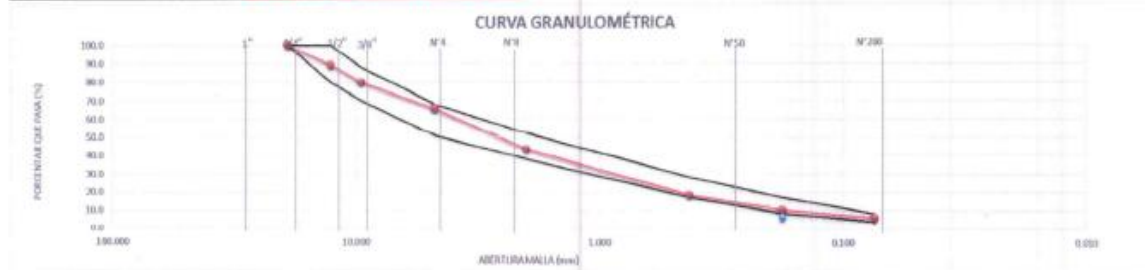
Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ravelo Lanasca Waldir Alfred  
**TESIS** : Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.  
**UBICACIÓN** : Av. Marginal, Pichanaqui. **Fecha de ensayo:** 12/04/2022

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					1	2	3	MAC - 2	
	ABERT mm	Grava triturada	Arena triturada	PET	Fibrer	% Pasa	% Pasa	% Pasa		
1"	25.400					100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	84.4	100.0	100.0	100.0	88.3	88.3	88.3	80.0	100.0
3/8"	9.525	33.0	100.0	100.0	100.0	78.9	78.9	78.9	70.0	88.0
1/4"	6.350									
N° 4	4.750	2.6	92.8	82.2	100.0	65.7	65.7	65.7	51.0	88.0
N° 6	3.350									
N° 8	2.380									
N° 10	2.000	0.0	61.8	21.7	100.0	43.5	43.5	43.5	38.0	52.0
N° 15	1.190									
N° 20	0.840									
N° 30	0.590									
N° 40	0.425	0.0	25.7	0.9	98.0	18.4	18.4	18.4	17.0	28.0
N° 60	0.250									
N° 80	0.175	0.0	13.9	0.1	98.0	16.1	16.1	16.1	8.0	17.0
N° 100	0.149									
N° 200	0.074	0.0	7.7	0.0	90.0	5.8	5.8	5.8	4.0	8.0
-200	-									

Mezcla de agregados				
Mezcla N° 01	30.0	69.3	0.0	0.3
Mezcla N° 02	30.0	69.5	0.0	0.5
Mezcla N° 03	30.0	68.5	0.0	0.3



OBSERVACIONES:

**JJ GEOTECNIA S.A.C**

*[Signature]*

**CONTROL DE CALIDAD**

**JJ GEOTECNIA S.A.**

*[Signature]*

**ELMER HUAMAN**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 210306

Fuente. JJ GEOTECNIA SAC (2022)

# ANEXO N°8: ENSAYO MARSHALL ASTM D-6927

## Ficha N°5:

### MAC CON 5,4% DE CEMENTO ASFÁLTICO



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanasco Walter Alfred	
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.	
<b>UBICACION</b>	: Av. Marginal, Pichanaqui	<b>Fecha de emisión:</b> 12/04/2022

Tipo de muestra: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación:  
 Descripción:

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)									
TAMPORES ASTM	4"	5/8"	1 1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 60	No. 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	89.2	79.9	65.7	43.5	18.4	10.1	5.8
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	2 - 10
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.4			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					32.40			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					61.69			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.010			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.680			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.638			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1196.0	1199.0	1204.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1200.0	1201.0	1205.9		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				694.0	695.0	698.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				506.0	506.0	507.9		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.360	2.370	2.371	<b>2.369</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rico (ASTM D 2041)					2.470			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.2	4.1	4.0	<b>4.1</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.654			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.695			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.57			
22	% de Asfalto Efectivo					4.90			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.18		<b>1.18</b>	0.8 - 1.3
24	V.M.A.				15.7	15.6	15.6	<b>15.6</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				73.4	73.8	74.0	<b>73.7</b>	
26	Flujo 0.01"(0.25 mm)				14.0	13.0	14.0	<b>13.7</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1140	1195	1173		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1186	1243	1220	<b>12.2</b>	MIN 8.15
30	Estabilidad / Flujo				3387	3824	3485	<b>3566</b>	1700 - 4000



JJ GEOTECNIA S.A.C

CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 210308

# ANEXO N°9: ENSAYO MARSHALL ASTM D-6927

## Ficha N°6:

### CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

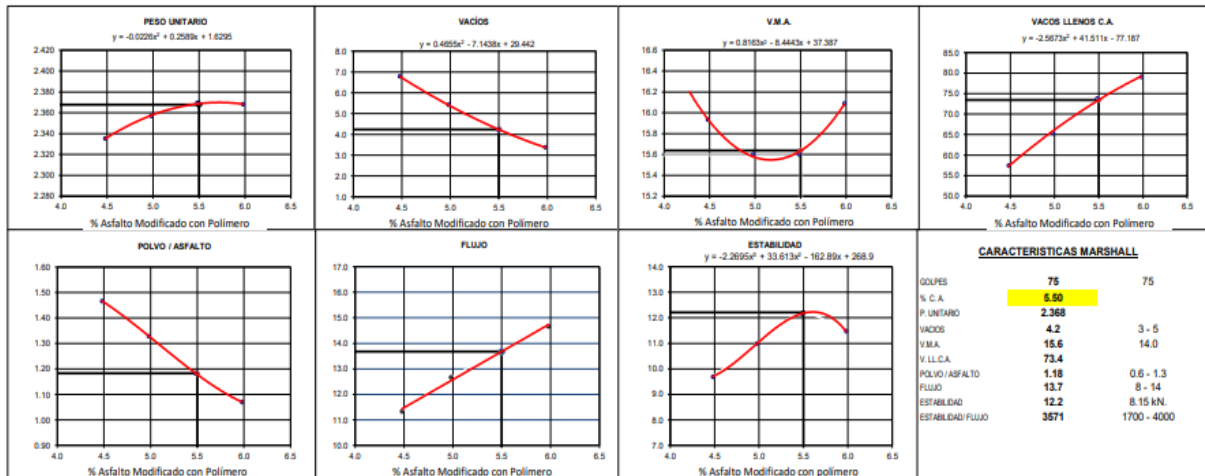


Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921265894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanasca Waldir Alfred
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaqui.
<b>Fecha de emisión:</b> 12/04/2022	

#### DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



	4.5	5.0	5.5	6.0
% C.A.	4.5	5.0	5.5	6.0
P.U. BRIQUETA	2.335	2.357	2.369	2.368
VACIOS	6.8	5.4	4.1	3.4
V.M.A.	15.9	15.6	15.6	16.1
V.L.L.A.	57.4	65.3	73.7	79.1
POLVO / ASP.	1.5	1.3	1.2	1.1
FLUJO	11	13	14	15
ESTABILIDAD	9.7	11.0	12.2	11.5
ESTAB. / FLUJO	3421	3474	3559	3129



JJ GEOTECNIA S.A.C.  
 CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.  
 ELMER MORENO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 2°0396

# ANEXO N°10: ENSAYO MARSHALL ASTM D-6927

## Ficha N°7:

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (CONVENCIONAL)



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>	: Raveto Lanasca Weikür Alfred	
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.	
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaqui.	Fecha de ensayo: 12/04/2022

Tipo de muestra	Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación	
Descripción	
<b>DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE</b>	
<b>MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO</b>	
(RESUMEN)	

#### 1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4"	: 30.0
Agregado arena triturada	: 69.5
Fijer	: 0.5
Gredación	: "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

#### 2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto	: Asfalto Modificado con Polímero (4.0 % SBS)
% óptimo de asfalto residual	: 5.5

#### 3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño		% Óptimo		Especificación EG 2013
GOLPES	N°	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.3	5.5	5.7
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2,360	2,368	2,385
VACIOS	%	4.8	4.2	4.0
V.M.A.	%	15.8	15.6	16.0
V. L.L.C.A.	%	69.4	73.4	74.9
POLVO / ASFALTO	%	1.24	1.18	1.13
FLUJO	0.01", 0.25 mm	13.2	13.7	14.1
ESTABILIDAD	HN	11.67	12.21	11.96
ESTABILIDAD FLUJO	kg/cm	3526.2	3970.7	3388.1
				1700 - 4000

Observaciones:



JJ GEOTECNIA S.A.C.  
 CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.  
 ELMER MORENO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 2°0206

# ANEXO N°11: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

## Ficha N°8:

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE + PET



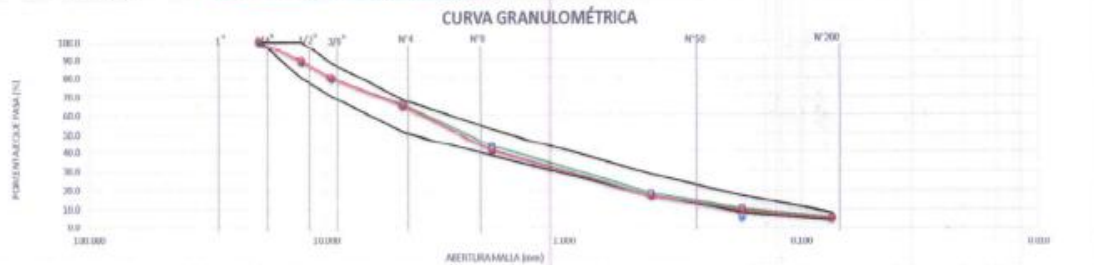
Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ravelo Lanasca Waldir Alfred  
**TESIS** : Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaki.  
**UBICACIÓN** : Av. Marginal, Pichanaki. **Fecha de emisión:** 12/04/2022

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					1	2	3	MAC - 2		
	ABERT. mm	Grava triturada	Arena triturada	PET	Fibrer				% Pasa	% Pasa	% Pasa
1"	25.400										
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1/2"	12.700	64.4	100.0	100.0	100.0	88.3	88.3	88.3	80.0	100.0	
3/8"	8.525	33.0	100.0	100.0	100.0	78.9	78.9	78.9	70.0	88.0	
1/4"	5.350										
N° 4	4.750	2.5	92.8	82.2	100.0	85.7	85.2	85.0	51.0	88.0	
N° 6	3.360										
N° 8	2.380										
N° 10	2.000	0.0	61.8	21.7	100.0	43.5	41.5	40.7	38.0	52.0	
N° 16	1.180										
N° 20	0.840										
N° 30	0.590										
N° 40	0.425	0.0	25.7	0.9	88.0	18.4	17.1	16.6	17.0	28.0	
N° 50	0.297										
N° 80	0.177	0.0	13.9	0.1	90.0	10.1	5.4	8.2	0.0	17.0	
N° 100	0.149										
N° 200	0.074	0.0	7.7	0.0	90.0	5.8	3.4	5.3	4.0	8.0	
-200											

Mezcla de agregados				
Mezcla N° 01	30.0	88.5	0.0	0.5
Mezcla N° 02	30.0	64.5	5.0	0.5
Mezcla N° 03	30.0	62.5	7.0	0.5



OBSERVACIONES:



JJ GEOTECNIA S.A.C.

CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER MORENO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 210398

# ANEXO N°12: ENSAYO MARSHALL ASTM D-6927

## Ficha N°9:

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 5% DE PET



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jigeotecniasac.com

www.jigeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanasa Waldir Alfred
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaqui. <span style="float: right;">Fecha de emisión: 12/04/2022</span>

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación :  
 Descripción : (Terrefaltato de polietileno PET - 5.0 % en reemplazo del agregado fino)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)										
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	89.3	79.9	65.2	41.5	17.1	9.4	5.4	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	2 - 10	
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.90				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					32.88				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					61.15				
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0.47				
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.017				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.680				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.638				
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110				
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11	Altura promedio de la briqueta cm									
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1203.7	1204.6	1200.8			
13	Peso de la briqueta al agua por 60° (gr)				1204.2	1208.9	1203.8			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				694.0	696.2	694.0			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				509.3	512.0	509.8			
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.360	2.353	2.355	<b>2.356</b>		
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.482				
18	% de Vacios = (17-16)*100/17 (ASTM D 2009)				4.0	5.2	5.1	<b>5.1</b>	<b>3 - 5</b>	
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.655				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.709				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.77				
22	% de Asfalto Efectivo					4.77				
23	Relación Polvo/Asfalto					1.14		<b>1.14</b>	<b>0.6 - 1.3</b>	
24	V.M.A.				16.0	16.2	16.2	<b>16.1</b>	<b>14</b>	
25	% Vacios llenos con C.A.				66.2	67.9	68.4	<b>68.5</b>		
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				15.0	15.0	15.0	<b>15.0</b>	<b>8 - 14</b>	
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1069	1038	1062			
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1069	1038	1062	<b>1063</b>	<b>MIN 815</b>	
30	Estabilidad / Flujo				2851	2768	2885	<b>2825</b>	<b>1700 - 4000</b>	



JJ GEOTECNIA S.A.C

CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER MORENO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 210336

ANEXO N°13: ENSAYO MARSHALL ASTM D-6927

Ficha N°10:

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 7% DE PET



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA SOLICITANTE</b>	: Datos de laboratorio : Ravelo Lanasca Waldir Altred	
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.	
<b>UBICACION</b>	: Av. Marginal, Pichanaqui.	<b>Fecha de emisión:</b> 12/04/2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación :  
 Descripción : (Tereftalato de polietileno PET - 7.0 % en reemplazo del agregado fino)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	89.3	79.9	65.0	40.7	16.6	9.2	5.3
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	2 - 10
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					33.06			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					60.95			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.017			
6	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.680			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.638			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1206.2	1206.2	1206.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1214.2	1212.1	1210.9		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				696.4	695.2	694.4		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				517.8	516.9	516.5		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.333	2.334	2.336	2.334	
17	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.458			
18	% de Vacíos = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				6.2	6.2	6.1	6.2	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total					2.655			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total					2.717			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.87			
22	% de Asfalto Efectivo					4.67			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.00		1.00	0.5 - 1.3
24	V.M.A.				16.9	16.9	16.9	16.9	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				63.3	63.3	63.7	63.4	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				15.0	16.0	16.0	15.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				968	966	973		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 = 28				968	955	973	965	MÍN 815
30	Estabilidad / Flujo				2581	2388	2433	2467	1700 - 4000



JJ GEOTECNIA S.A.C

CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER MORENO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.P. N° 2° 0006

# ANEXO N°14: ENSAYO MARSHALL ASTM D-6927

## Ficha N°11:

### DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 5% Y 7% DE PET



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 921285894  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanasca Weidir Alfred
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaqui 2022.
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaqui. <span style="float: right;">Fecha de emisión: 12/04/2022</span>

Tipo de muestra	: Mezcla estática en caliente (MAC)
Identificación	
Descripción	: Comparativo de mezclas asfálticas adicionando Tereftalato de Polietileno (PET) en reemplazo del agregado fino

**DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE**  
**MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO**  
 (RESUMEN)

1.- Mezcla de agregados (Dosisificación)

Agregado grava triturada TM 3/4"	%	30.0	30.0	30.0
Agregado arena triturada	%	69.5	64.5	62.5
PET	%	0.0	5.0	7.0
Filer	%	0.5	0.5	0.5

Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto	PEN 60/70
% óptimo de asfalto residual	5.5

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño	% Óptimo diseño convencional	PET 5.0%	PET 7.0%	Especificación EG 2013
GOLPES N°	75	75	75	75
CIMENTO ASFÁLTICO %	5.5	5.5	5.5	
PESO UNITARIO kg/m <sup>3</sup>	2.368	2.356	2.334	
VACIOS %	4.2	5.1	6.2	3 - 5
V.M.A. %	15.6	16.1	16.9	14
V.L.L.C.A. %	73.4	68.5	63.4	
POLVO / ASFALTO %	1.18	1.14	1.00	0.6 - 1.3
FLUJO 0.01", 0.25 mm	13.7	15.0	15.7	8 - 14
ESTABILIDAD MN	12.2	10.8	9.7	8,15
ESTABILIDAD FLUJO kg/cm	3570.7	2834.7	2466.8	1700 - 4000

Observaciones:



JJ GEOTECNIA S.A.C

CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER HUAYRINO HUAMAN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.I.F. N° 210036



ANEXO N°15: ENSAYO MARSHALL ASTM D-6927

Ficha N°12:

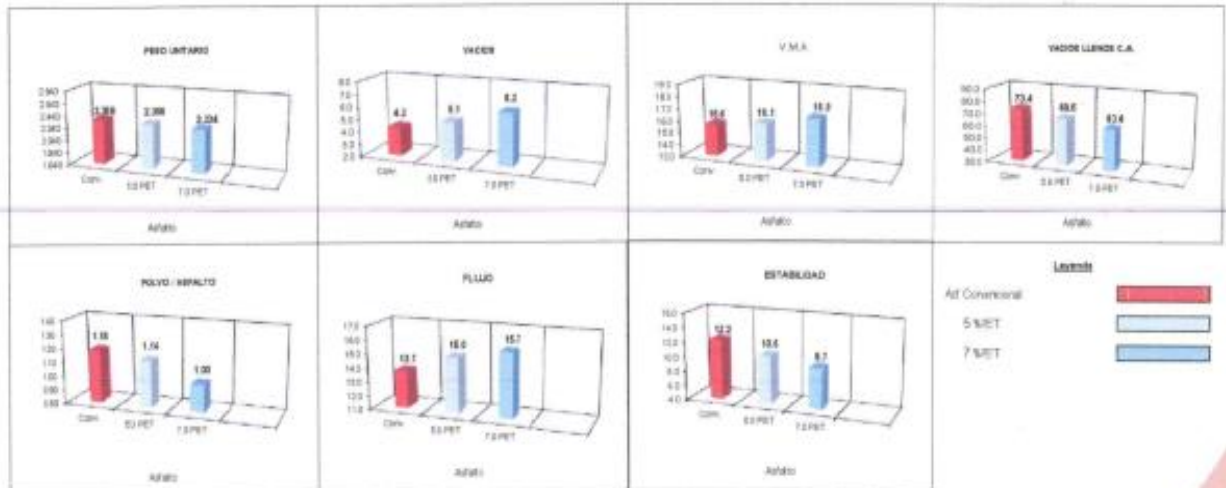
COMPARATIVO DE RESULTADOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON PET  
(GÁFICO DE BARRAS)



Tel.: (01) 632-9183  
Cel.: 980703014 / 921285894  
Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
Alt. Universitaria odra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
informes@jigeotecniasac.com

www.jigeotecniasac.com

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ravelo Lanasco Waldir Alfred
<b>TESIS</b>	: Incorporación del sistema PET en mezclas asfálticas para mejorar las propiedades físicas-mecánicas de un pavimento flexible, Av. Marginal, Pichanaki 2022.
<b>UBICACIÓN</b>	: Av. Marginal, Pichanaki. <span style="float: right;">Fecha de emisión: 12/04/2022</span>
<b>Tipo de muestra</b>	: Muestra asfáltica en caliente (MAC)
<b>Descripción</b>	: Comparativo de mezclas asfálticas adicionando Tereftalato de Polietileno (PET)
<b>COMPARATIVO DE RESULTADOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ADICIONANDO TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) GRÁFICOS DE BARRAS</b>	



Propiedad	Control	5% PET	7% PET
PICO UNITARIO	2.20	2.24	2.24
VACIOS	4.2	5.1	6.2
V.M.A.	16.6	16.1	16.9
VACIOS LLENOS C.A.	73.4	48.6	62.4
POLVO IMPACTO	1.2	1.0	1.0
PLASO	14.0	16.0	15.7
ESTABILIDAD	12.2	10.6	9.7



JJ GEOTECNIA S.A.C.  
CONTROL DE CALIDAD

JJ GEOTECNIA S.A.C.  
ELMER HUACRENO HUAMAN  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.F. N° 2°0036

# ANEXO N°16: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## MÁQUINA DE ABRASIÓN



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
NTP ISO / IEC 17025:2017

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17263 - 2021

PROFORMA : 5341A

Fecha de emisión : 2021 - 07 - 28

Página 1 de 3

SOLICITANTE : INGEPAV INGENIEROS S.A.C.

Dirección : CAL 21 MZA. Z LOTE 34 URB. COOPPIP LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MAQUINA DE ABRASIÓN
Marca	METROTEST
Modelo	MC - 152
N° de serie	112
Procedencia	PERUANA
Identificación	No.Indice
Fecha de Calibración	2021 - 06 - 25
Ubicación	LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipo de medición basados a la Norma Técnica Peruana BOTEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o Internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN  
Instalaciones de INGEPAV INGENIEROS S.A.C

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

#### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25,1 °C	24,9 °C
Humedad Relativa	50,5 %	47,4 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lt. Nicolás Ramos Pucall  
Gerente Técnico  
CIP: 0316

Fuente. TEST & CONTROL (2021)



Figura 22: Máquina de Abrasión

# ANEXO N°17: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## BALANZA 4100 g



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC .016



### CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 17254 - 2021

PROFORMA 5341.A Fecha de emisión: 2021-07-01

SOLICITANTE INGEPAV INGENEROS S.A.C.  
Dirección CAL.21 MZA.Z LOTE. 34 URB. COOPPI LIMALIMA - SAN MARTIN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:** BALANZA  
Tipo ELECTRÓNICA  
Marca OHAUS  
Modelo PAJ4102  
N° de Serie B641138449  
Capacidad Máxima 4100 g  
Resolución 0,01 g  
División de Verificación 0,1g  
Clase de Exactitud II  
Capacidad Mínima 5 g  
Procedencia CHINA  
N° de Parte No indica  
Identificación No indica  
Ubicación LABORATORIO  
Variación de AT local 10°C  
Fecha de calibración 2021-06-20

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basados a la Norma Técnica Peruana 150/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o Internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de INGEPAV INGENIEROS S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar instrumentos a intervalos apropiados.

**MÉTODO O CALIBRACIÓN**  
La Calibración se realizó por comparación directa entre los indicadores de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesa patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarto Edición Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

Página 1 de 3

PGC-16-r08 /Diciembre 2019/Rev.04

Fuente. TEST & CONTROL (2021)



Figura 23: Balanza 4100 g

# ANEXO N°18: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## BALANZA 30000 g



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC 015



### CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 17251- 2021

PROFORMA 5341A Fecha de emisión : 2021-07-01

SOLICITANTE NGEPAV INGENIEROS S.A.C.  
Dirección CAL 21 MZA. Z LOTE.34 URB. COOPPI LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**  
Tipo BALANZA  
Marca ELECTRÓNICA  
Modelo OHAUS  
R31930  
N° de Serie 83354501 16  
Capacidad Máxima 30000g  
Resolución 1g  
División de Verificación 10 g  
Clase de Exactitud III  
Capacidad Mínima 200 g  
Procedencia CHINA  
Identificación No Indica  
Ubicación LABORATORIO  
Variación de AT local 10°C  
Fecha de Calibración 2021-06-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basados a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o internacionales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de INGEPAV INGENIEROS S.A.C

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar instrumentos a intervalos apropiados

#### MÉTODO O CALIBRACIÓN

La Calibración se realizó por comparación directa entre los indicadores de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesa patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición Mayo 2019. DM - INACAL

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello

PGC-16-r09 /Diciembre 2019/Rev 05

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

Página 1 de 3

Fuente. TEST & CONTROL (2021)



Figura 24: Balanza 30000 g

# ANEXO N°19: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## PRENSA MARSHALL



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
NTP ISO / IEC 17025:2017

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17257 - 2021

PROFORMA : 5341A

Fecha de emisión : 2021 - 07 - 28

Página 1 de 2

SOLICITANTE : INGEPAV INGENIEROS S.A.C.

Dirección CAL 21 MZA. 2 LOTE 34 URB. COOPPIP LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** PRENSA MARSHALL  
Marca No indica  
Modelo MA - 75  
N°de serie 158  
Intervalo de indicación 0 - 5000Kg  
Procedencia PERUANA  
Identificación No indica  
Fecha de Calibración 2021 - 06 - 25  
Ubicación LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipo de medición basados a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o Internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de INGEPAV INGENIEROS S.A.C

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando el PIC 025  
Procedimiento para la calibración de prensas, celdas y anillos de carga

#### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25,1 °C	24,9195
Humedad Relativa	50,5 %	47,4 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

  
Lic. Nicolás Ramiro Ponce  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

Fuente. TEST & CONTROL (2021)



Figura 24: Prensa Marshall

# ANEXO N°20: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## BAÑO TERMOSTÁTICO



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
NTP ISO / IEC 17025:2017

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17264 - 2021

PROFORMA : 5341A

Fecha de emisión : 2021 - 07 - 28

Página 1 de 5

SOLICITANTE : INGEPAV INGENIEROS S.A.C.

Dirección CAL 21 MZA. Z LOTE 34 URB. COOPPIP LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>BAÑO TERMOSTÁTICO</b>
Marca	METROTEST
Modelo	No indica
N° de serie	43- 1L12NB11BR BAWAS
Líquido termostático	Agua destilada
Muestra	Briqueta de asfalto
Procedencia	PERU.
Identificación	146
Fecha de Calibración	2021 - 06 - 25
Ubicación	LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipo de medición basados a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o internacionales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de INGEPAV INGENIEROS S.A.C

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro termómetro patrón según Procedimiento PC - 019 "Procedimiento de calibración para baños termostáticos" Primera Edición Abril 2009 SNM - INDECOPI

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

#### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25,1 °C	24,9 °C
Humedad Relativa	50,5 %	47,4 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

  
Lic. Nicolita Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CIP: 0316

Fuente: TEST & CONTROL (2021)



Figura 25: Baño Termostático

# ANEXO N°21: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## MUFLA



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
NTP ISO / IEC 17025:2017

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 06446 - 2021

Proforma : 2506A

Fecha de emisión : 2021-05-06

Página : 1 de 2

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MUFLA**  
Marca : YF  
Modelo : No indica  
N° de Serie : 201251  
Intervalo de indicación : 0 °C a 1300 °C  
Resolución : 1 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26  
Ubicación : LABORATORIO

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

#### PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa usando un patrón de temperatura calibrado.

#### CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	22,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	67,0 %hr	67,0 %hr

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico.  
CFP: 0316

Fuente. TEST & CONTROL (2021)



Figura 26: Horno Mufla

# ANEXO N°22: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## COMPARADOR CUADRANTE



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
NTP ISO / IEC 17025:2017

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17332 - 2021

PROFORMA : 5341A

Fecha de emisión : 2021 - 07 - 28

Página 1 de 2

SOLICITANTE : INGEPAVINGENIEROS S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. Z LOTE 34 URB. COOPPIP LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>COMPARADOR DE CUADRANTE</b>
Tipo	Análogo
Marca	ELE
Modelo	AP - 171B
N° de serie	122224843
Intervalo de indicación	0 in a 1 in
División de escala	0,01 in
Procedencia	U.S.A.
Identificación	No indica
Fecha de Calibración	2021 - 06 - 25
Ubicación	LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipo de medición basados a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o Internacionales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de INGEPAVINGENIEROS S.A.C

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestras bloques patrón según Procedimiento PC - 014 "Procedimiento para la calibración de comparadores utilizando bloques patrón de longitud" Edición 3 - Julio 2019 INACAL.

#### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25,1 °C	24,9 °C
Humedad Relativa	50,5 %	47,4 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Pizarro  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

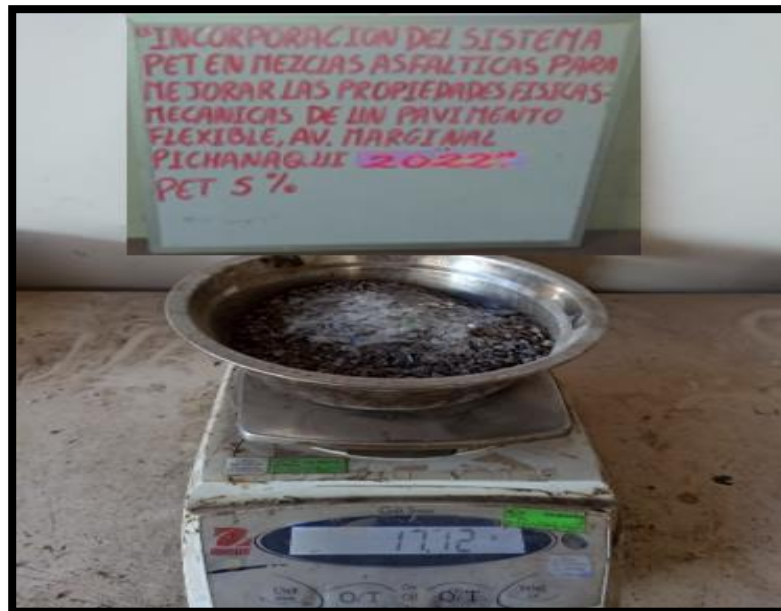
Fuente. TEST & CONTROL (2021)



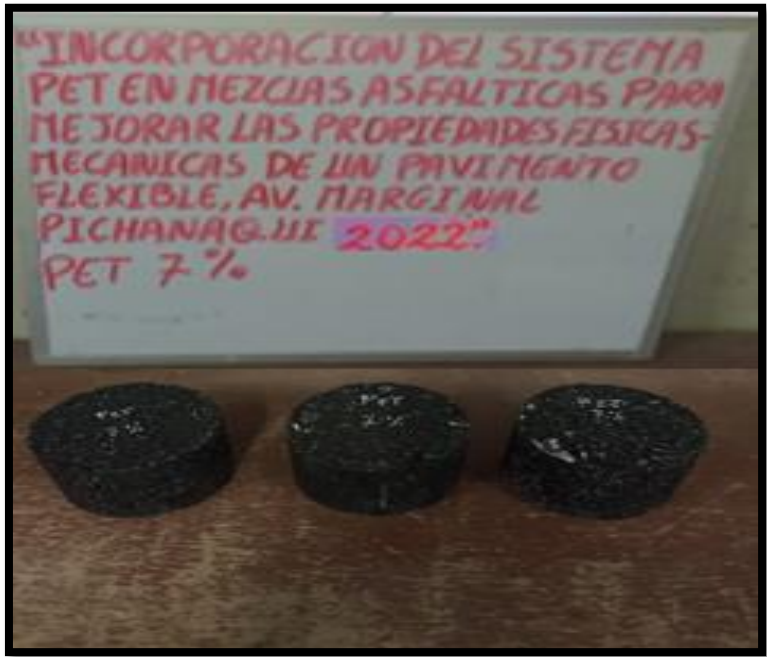
Figura 27: Comparador Cuadrante



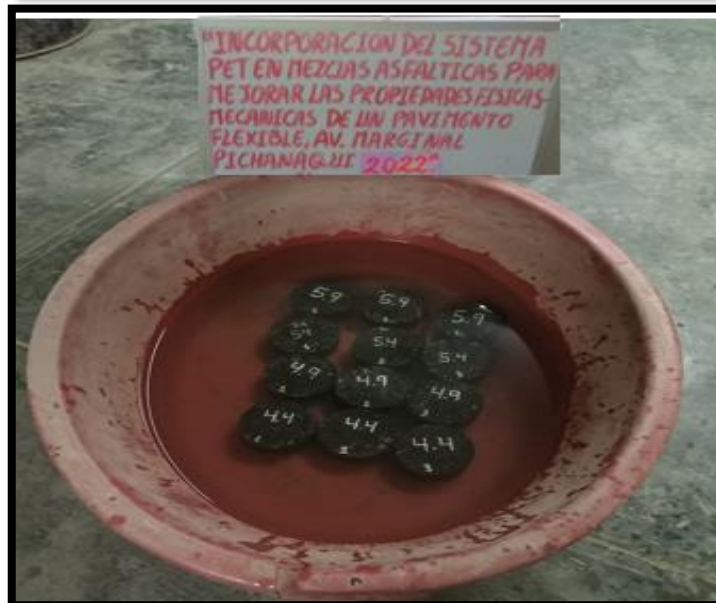
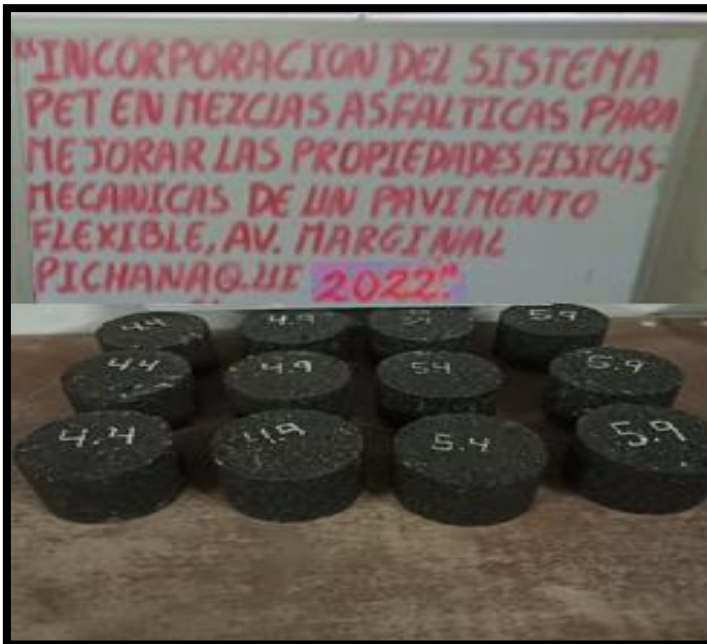
ANEXO N°23: PRUEBAS FOTOGRÁFICAS













**Tabla 1.** Tipo de arena según el módulo de finura

Valor MF	Tipo de arena
<2,0	Arena fina
2,5	Arena de finura media
3,0	Arena gruesa

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 2.** Granulometría del agregado fino

TAMIZ	% QUE PASA (en masa)
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95-100
2.36 mm (N° 8)	80-100
1.18 mm ( N° 16)	50-85
600 micrones (N° 30)	25-60
300 micrones (N° 50)	10-30
150 micrones (N° 100)	0-10

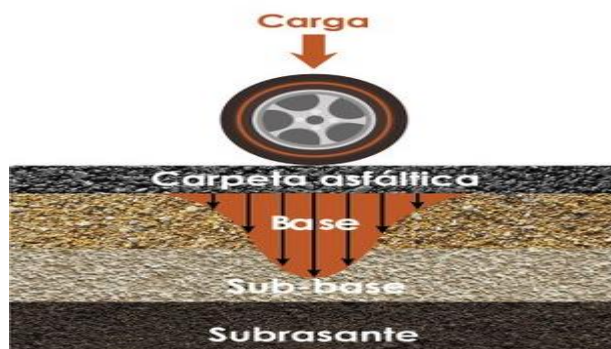
Fuente. Elaboración propia

**Tabla 3.** Granulometría de los agregados gruesos

Tamaño nominal	% QUE PASAN LAS MALLAS							
	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5	-
1 ½"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.1	0.5
¾"	-	-	100	95-100	-	20-55	0.1	0.5
½"	-	-	-	100	95-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0.1

Fuente. Elaboración propia

**Figura 1.** Sección Transversal de un pavimento flexible



**Figura 2.** Plásticos tipo PET



**Figura 3.** Cemento asfáltico



**Figura 4.** Proceso por vía húmeda





**Figura 5.** Proceso por Vía seca





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "INCORPORACIÓN DEL SISTEMA PET EN MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, AV. MARGINAL, PICHANAQUI 2022", cuyo autor es RAVELO LANASCA WALDIR ALFRED, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 24 de Junio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE <b>DNI:</b> 07239759 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 18-07-2022 20:33:21

Código documento Trilce: TRI - 0310371