



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla
asfáltica en caliente, Ica 2022

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

AUTORAS:

Alarcón Ventura, Karla Alexandra

<https://orcid.org/0000-0002-9261-2367>

Hidalgo Serveleón, María Luisa

<https://orcid.org/0000-0003-0535-2067>

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo

<https://orcid.org/0000-0002-0655-523X>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional para poder llegar a esta instancia de mis estudios, y por ser mis pilares para seguir adelante.

Esta tesis dedico a mis padres quienes me han apoyado en mis estudios.

También le dedico a mi hijo Fabian, que ha sido mi motor y motivo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza de seguir adelante. A mi familia, por apoyarme en cada decisión, por confiar y creer en mí. En especial a mis abuelos, quienes son una pieza fundamental de muchos de mis logros entre los que se incluye este.

Agradezco en primer lugar a Dios por darme guiado y darme la fortaleza para seguir adelante a pesar de todas las dificultades. A mis abuelos, ya que soy quien soy gracias a ellos.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variable y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimiento de datos.....	21
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	73
VI. CONCLUSIONES	77
VII. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS.....	81
ANEXOS	87

Índice de tablas

Tabla 1. Muestra de la investigación de la mezcla asfáltica convencional.....	16
Tabla 2. Muestra de la investigación de la mezcla asfáltica adicionada con el PET y el PVC reciclado.....	17
Tabla 3. Resumen de la muestra de la investigación.....	17
Tabla 4. Ensayos de Laboratorio para el agregado grueso.....	19
Tabla 5. Ensayos de Laboratorio para el agregado fino.....	20
Tabla 6. Ensayos de Laboratorio para el diseño de mezcla.....	20
Tabla 7. Parámetros para los agregados gruesos	25
Tabla 8. Parámetros para los agregados finos	25
Tabla 9. Resultados Durabilidad al Sulfato de Magnesio realizados al agregado grueso	26
Tabla 10. Porcentaje de desgaste de abrasión del agregado grueso	27
Tabla 11. Resultados de la adherencia Agregado-Bitumen	28
Tabla 12. Resultados de Índice de Durabilidad	29
Tabla 13. Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas.....	29
Tabla 14. Porcentaje de Caras Fracturadas.....	31
Tabla 15. Resumen de sales solubles totales	31
Tabla 16. Resultados de densidad relativa y absorción agregado grueso.....	32
Tabla 17. Resultados Equivalente de Arena	33
Tabla 18. Resultados Angularidad del agregado fino	34
Tabla 19. Resultados Azul de Metileno.....	34
Tabla 20. Resultados Índice de Plasticidad	35
Tabla 21. Resultados Durabilidad al Sulfato de Magnesio realizados al agregado fino.....	36
Tabla 22. Resultados Índice de Durabilidad.....	37
Tabla 23. Resultados de sales solubles totales	37
Tabla 24. Resultados de densidad relativa y absorción agregado fino.....	38
Tabla 25. Análisis Granulométrico Agregado Grueso.....	39
Tabla 26. Análisis Granulométrico Agregado fino	40
Tabla 27. Mezcla de agregados.....	40
Tabla 28. Mezcla asfáltica	41

Tabla 29. Peso de materiales.....	41
Tabla 30. Análisis Granulométrico Global	42
Tabla 31. Ensayo Marshall (5.0 % C.A).....	43
Tabla 32. Ensayo Marshall (5.5 % C.A).....	44
Tabla 33. Ensayo Marshall (6.0 % C.A).....	45
Tabla 34. Ensayo Marshall (6.5 % C.A).....	46
Tabla 35. Datos de las proporciones.....	47
Tabla 36. Características Marshall.....	49
Tabla 37. Resultados de porcentajes de vacíos patrón.....	49
Tabla 38. Resultados de flujo patrón.....	51
Tabla 39. Resultados de estabilidad Marshall patrón.....	52
Tabla 40. Resultados de porcentajes de vacíos.....	54
Tabla 41. Resultados de porcentajes de vacíos.....	55
Tabla 42. Resultados de fluencia.....	57
Tabla 43. Resultados de fluencia.....	59
Tabla 44. Resultados de estabilidad.....	61
Tabla 45. Resultados de estabilidad.....	63
Tabla 46. Ensayo Marshall (1.0 % PET).....	65
Tabla 47. Ensayo Marshall (3.0 % PET).....	66
Tabla 48. Ensayo Marshall (5.0 % PET).....	67
Tabla 49. Ensayo Marshall (1.0 % PVC).....	68
Tabla 50. Ensayo Marshall (3.0 % PVC).....	69
Tabla 51. Ensayo Marshall (5.0 % PVC).....	70
Tabla 52. Ligante asfáltico.....	71
Tabla 53. Requisitos para mezcla bituminosa en caliente	71
Tabla 54. Vacíos mínimos en el Agregado Mineral	71
Tabla 55. Características de Marshall modificado con PET	72
Tabla 56. Características de Marshall modificado con PVC reciclado.....	72

Índice de figuras

Figura 1. Componente del diagrama de compactación de una mezcla asfáltica.....	12
Figura 2. Mapa del Perú.....	23
Figura 3. Mapa Región Ica.....	23
Figura 4. Localización del distrito de Ica.....	23
Figura 5. Peso de materiales – 1.....	24
Figura 6. Peso de materiales – 2	24
Figura 7. Peso de materiales – 3.....	24
Figura 8. Peso de probeta de asfalto	24
Figura 9. Preparación de la solución	26
Figura 10. Inmersión de las muestras.....	26
Figura 11. Preparación de la muestra	27
Figura 12. Colocación de la muestra en la Máquina Los Ángeles	27
Figura 13. Vertido del ligante en la bandeja	28
Figura 14. Retiro de las partículas una por una de la bandeja.....	28
Figura 15. Ensayo de partículas chatas.....	30
Figura 16. Cualificación de las partículas.....	30
Figura 17. Preparación de las muestras para el ensayo	31
Figura 18. Clasificación de las partículas en caras fracturadas de 1 lado.....	31
Figura 19. Preparación de la muestra	32
Figura 20. Secado del agregado grueso.....	32
Figura 21. Llenado del tubo con el solvente limpiador preparado.	33
Figura 22. Lectura de arcilla de los cilindros irrigados.....	33
Figura 23. Realización de la ranura con el acanalador en el equipo Casagrande...	35
Figura 24. Cierre de la ranura después del giro del equipo.....	35
Figura 25. Clasificación de las muestras tamices.	36
Figura 26. Secado de las muestras por después de la inmersión.....	36
Figura 27. Preparación de las muestras	38
Figura 28. Agregado en la fiola.....	38
Figura 29. Curva granulométrica de agregados.....	42
Figura 30. Gráfica de peso unitario.....	47

Figura 31. Gráfica de % de vacíos.....	47
Figura 32. Gráfica de V.M.A.....	48
Figura 33. Gráfica de % de V.F.A.....	48
Figura 34. Gráfica de estabilidad.....	48
Figura 35. Gráfica de fluencia.....	48
Figura 36. Gráfico de resultados de % de vacíos en el asfalto – patrón.....	50
Figura 37. Gráfico de resultados de flujo en el asfalto – patrón.....	51
Figura 38. Gráfico de resultados de estabilidad en el asfalto – patrón.....	52
Figura 39. Medición de los agregados.....	53
Figura 40. Incorporación del PET reciclado.....	53
Figura 41. Gráfico de % de vacíos con incorporación de PET.....	54
Figura 42. Medición de loa agregados	55
Figura 43. Medición del cemento asfáltico	55
Figura 44. Gráfico de % de vacíos con incorporación de PVC.....	56
Figura 45. Adición del PET reciclado.....	57
Figura 46. Briquetas con PET adicionado	57
Figura 47. Gráfico de fluencia con incorporación de PET.....	58
Figura 48. Adición del PVC reciclado	59
Figura 49. Mezcla de los agregados con CA.....	59
Figura 50. Gráfico de fluencia con incorporación de PVC.....	60
Figura 51. Desmolde de la briqueta	61
Figura 52. Estabilidad Marshall con PET	61
Figura 53. Gráfico de estabilidad con incorporación de PET.....	62
Figura 54. Briqueta con adición de PVC	63
Figura 55. Estabilidad Marshall con PVC	63
Figura 56. Gráfico de estabilidad con incorporación de PVC.....	64

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo general evaluar la influencia del PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.; estableciéndose realizar el ensayo de Marshall (estabilidad, flujo y % de vacíos), así como también los ensayos para los agregados. Formulándose la metodología: su diseño de investigación fue experimental (cuasi), su tipo de investigación fue nivel explicativo, de enfoque cuantitativo. Sus resultados según los objetivos específicos al incorporar el PET y PVC reciclado en 1%, 3% y 5% fueron: el primer objetivo específico fue determinar la disminución del % de vacíos, el cual se incrementó del 4.5% al 12% con el 5% de PET y PVC, el segundo objetivo específico fue determinar la mejora de la fluencia del patrón, el cual se incrementó del 10.3 al 14.5 con el 5% de PET y PVC, el tercer objetivo específico fue determinar la mejora de la estabilidad de la mezcla patrón, el cual aumentó de 866.8 kg a 913.2 kg con el 1% de PET y de 914.6 kg a 1054.6 kg con el 1% de PVC. Conclusión, la incorporación de PET y PVC mejoró la estabilidad del asfalto al ser añadida en 1%.

Palabras clave: PVC, PET, mezcla asfáltica, estabilidad, fluencia.

Abstract

The general objective of this research was to evaluate the influence of recycled PET and PVC on the properties of hot asphalt mix, Ica 2022.; establishing itself by carrying out the Marshall test (stability, flow and % voids), as well as the tests for the aggregates. Formulating the methodology: its research design was experimental (quasi), its type of research was explanatory level, with a quantitative approach. Their results according to the specific objectives when incorporating recycled PET and PVC at 1%, 3% and 5% were: the first specific objective was to determine the decrease in the % of voids, which increased from 4.5% to 12 % with 5% of PET and PVC, the second specific objective was to determine the improvement of the flow of the pattern, which increased from 10.3 to 14.5 with 5% of PET and PVC, the third specific objective was to determine the improvement of the stability of the standard mixture, which increased from 866.8 kg to 913.2 kg with 1% PET and from 914.6 kg to 1054.6 kg with 1% PVC. Conclusion, the incorporation of PET and PVC improved the stability of the asphalt when added by 1%.

Keywords: PVC, PET, asphalt mix, stability, creep.

I. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos de las carreteras son construcciones que están sujetas a cargas de tráfico y condiciones del medio ambiente, las cuales causan daños en la calzada, afectando la seguridad vial. Por lo tanto, mejorando las propiedades de la mezcla asfáltica tanto mecánicas como volumétricas mediante la incorporación de materiales reciclables y asequibles puede generar condiciones superiores de transitabilidad, resultando en menores costos de mantenimiento o conservación.

A nivel Internacional, las opciones para resolver estas problemáticas son varias, sin embargo, estas se basan en la necesidad, la ubicación y pueden depender de los recursos en cada caso, como los siguientes países: Colombia, Costa Rica e Indonesia, entre otros; donde se evaluaron los polímeros adicionados realizándose comparaciones entre una mezcla asfáltica común y una mezcla asfáltica incorporada con: polipropileno en forma de polisombra, polietileno de baja densidad y policloruro de vinilo, las cuales mostraron optimizar el comportamiento de ésta al ser incorporados esos materiales.

A nivel Nacional, hace falta soluciones o tratamientos hacia los daños presentes en la estructura de las carreteras, lo que produce la pérdida de la seguridad vial de los usuarios. Este hecho está en consonancia con la necesidad de desarrollar procedimientos optativos que permitan el uso competente de los recursos del país, para la producción de conocimientos científicos en el sector de tecnologías de materiales. Por lo cual, actualmente las novedosas tecnologías en la producción de mezclas asfálticas están siendo influenciadas por la implementación de materiales que no perjudiquen el medio ambiente, se cuenta con experiencias en las regiones del Perú como: Cusco, Huancayo, Lima, donde se agregaron aditivos a la mezcla asfáltica, para modificar o mejorar alguna de sus propiedades. Habiendo empleado fibras de tereftalato de polietileno y fibras de polipropileno; de los cuales el uso de estos polímeros tiene el potencial de impulsar la cultura de desarrollo sustentable.

Entre tanto, en el sector de Ica, se presentan problemas en el tránsito vehicular y peatonal ya que, al no contar con pistas en buen estado, la transitabilidad, los dispositivos automotores y por ende los usuarios se ven afectados, asimismo, el desgaste creado por las cargas vehiculares plantea que el pavimento presente daños de manera precipitada.

Es por esta razón que surge la necesidad de realizar una evaluación de un pavimento que resulte duradero y eficiente, que potencie el desarrollo sostenible y a la vez que mantenga altos estándares de resistencia, razón por la cual se sugiere en esta investigación utilizar dos aditivos para la mezcla asfáltica, Policloruro de Vinilo (PVC) y Tereftalato de Polietileno (PET), los cuales son materiales poliméricos que se hallan accesibles en diversas formas comerciales, siendo de fácil reutilización, y por ende, de esta manera contribuir al reciclaje.

Varios de los pavimentos de Ica se hallan en mal estado, pese al incremento del parque automotor en la ciudad y aparte de eso, se cuenta con una población que tiene escasa cultura de reciclaje, es por ello que se plantea la utilización del PET y PVC reciclado para optimizar las características de la mezcla asfáltica con el fin que pueda incrementar su estabilidad, incrementar su fluencia y por ende reducir su porcentaje de vacíos.

En tal sentido, se plantea responder el siguiente *Problema general*: ¿De qué manera influye el PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022? Para ello, se formulan los siguientes *Problemas específicos*: ¿Cuánto influye el PET y PVC reciclado en el % de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022?; ¿Cuánto influye el PET y PVC reciclado en la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022?; ¿Cuánto influye el PET y PVC reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022?

En este contexto, la investigación se justifica en el ámbito social ya que busca proporcionar una optimización en la calidad de vida de los pobladores del sector de Ica, al proponer incorporar materiales reciclables en el pavimento de una carretera que cumpla con los requerimientos y necesidades de la comunidad circundante; asimismo, aporta una contribución al desarrollo productivo, económico y turístico de la zona, puesto que las carreteras proveen una red de conexión importante con otras ciudades y fungen como elemento primordial para el intercambio de bienes y servicios, facilitando el desarrollo económico y social de la comunidad. De igual forma, la investigación se justifica metodológicamente, ya que las técnicas empleadas para la ejecución de los trabajos de campos, laboratorio y gabinete estarán basadas en los métodos establecidas en las normas MTC del “Manual de

ensayo de materiales”, ASTM D6926 “*Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus*”, AASHTO T245 “*Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Asphalt Mixtures Using Marshall Apparatus*”. De igual manera, la investigación se justifica teóricamente puesto que, está orientada en aportar información de interés para futuras investigaciones que busquen aplicar una metodología similar referida al uso de aditivos en mezclas asfálticas para el mejoramiento de la infraestructura vial en las distintas zonas del país, cuyos resultados de la presente investigación servirán de referencia. Por su parte, se justifica ambientalmente, debido a que el PET y PVC reciclado son residuos industriales del proceso de fabricación y fueron seleccionados por su alta productividad (lo que genera un impacto ambiental negativo) y la dificultad para reutilizarlo en otros procesos.

En vista de lo anterior, se propone para la investigación la *Hipótesis General*: La incorporación del PET y PVC reciclado en porcentajes de 1%, 3% y 5%, mejora las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022. Igualmente se plantean las *Hipótesis Específicas*: La incorporación del PET y PVC reciclado disminuye el porcentaje de vacíos en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022; La incorporación del PET y PVC reciclado aumenta la fluencia en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022; La incorporación del PET y PVC reciclado aumenta la estabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

Finalmente, se plantea como *Objetivo General*: Evaluar la influencia del PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022. En forma similar se plantean los *Objetivos Específicos*: Determinar la influencia del PET y PVC reciclado en el porcentaje de vacíos en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022. Determinar influencia del PET y PVC reciclado en la fluencia en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022. Determinar la influencia del PET y PVC reciclado en la estabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel Nacional se tiene a: **Cañari, C. (2019)**, Determinar el efecto de la adición de fibras de polipropileno sobre las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente modificada en seco. Fue una investigación de tipo experimental, con una población conformada por la mezcla asfáltica en caliente patrón y la mezcla asfáltica modificada en caliente con la adición de porcentajes mínimos de fibras de polipropileno, siendo estos los siguientes 0%, 0.2%, 0.4%,0.6% en reemplazo al peso total de los agregados, una muestra de 80 briquetas en total, como instrumento usado fue el método Marshall para llevar a cabo los ensayos de estabilidad y flujo. Como resultado, se determinó que la adición de 0,2% de polipropileno afectó la resistencia a la deformación (estabilidad) aumentó en un 22%, la resistencia a la tracción aumentó en un 41,3% y la resistencia a la abrasión disminuyó en un -5,28%, se concluyó que el asfalto modificado con añadido 0,2% de fibras de polipropileno, el efecto es notable, y se mejoran sus propiedades mecánicas tales como resistencia a la deformación, tracción y asentamiento permanente.¹

Corbacho (2019), cuyo **objetivo** fue: analizar la deformación permanente y la estabilidad Marshall del asfalto termo modificado con el Ensayo de la Rueda de Hamburgo, donde el agregado fino fue reemplazado parcialmente por fibras de tereftalato de polietileno (PET) reciclado. La investigación fue de tipo cuantitativa, de diseño experimental y nivel correlacional, la población para este estudio fue el número de cuerpos de prueba para una mezcla de asfalto patrón y una mezcla de asfalto modificado con la incorporación de trozos de polietileno recicladas, teniendo una muestra de 92 especímenes y un muestreo de 34 especímenes convencionales y 58 especímenes adicionados con fibras PET (0.2%, 0.4%, 0.5%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2%, 1.5%,1.7%, 2%, 4%). Como conclusión principal, encontró que la estabilidad Marshall de la mezcla alterada disminuía en un 9.6% en relación a la muestra patrón, mientras que el flujo aumentó en torno a un 6.52%, al tiempo que la susceptibilidad a la deformación permanente mejoro en un 24%. Finalmente, determino que la relación de materiales optimas era de un 6.15% de mezcla asfáltica y un 1.2% de fibras PET.²

Puente, J. (2020), cuyo objetivo principal fue: ejecutar un análisis de mezclas asfálticas, con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de pavimentos asfálticos por ensayo Marshall. Procedieron con una investigación de diseño experimental, cuya población de estudio estuvo formada por 100 briquetas en total de mezcla asfáltica convencional y modificada con escamas PET de botellas de plástico, siendo estas proporciones de 1%, 3%, 5% y 7%, elaboradas según el método Marshall. Los instrumentos usados fue el equipo para la realización de ensayos de estabilidad y flujo. Como resultado se tuvo en los ensayos de estabilidad Marshall realizados a las muestras elaboradas con PET son de 949 kg, 487 kg, 361 kg y 313 kg respectivamente conforme se aumentaba el % de PET. En los resultados de la investigación se resolvió que el tereftalato de polietileno reciclado tiene un efecto positivo en el desempeño y durabilidad de la estructura, además de no cambiar significativamente el costo de construcción del pavimento asfáltico; en comparación con el agregado fino, el contenido óptimo de hojuelas de PET es 1%.³

A nivel Internacional tenemos a: **Escobar, C. y Zumba, O. (2021)**, su objetivo fue mediante vía seca incorporar PET con agregados pétreos del Cantón Guamote en una mezcla asfáltica en caliente, en Ecuador. Fue una investigación de tipo experimental, con una muestra de 55 briquetas, en donde 25 briquetas eran para la mezcla asfáltica patrón y 30 briquetas para la mezcla modificada, ya que se realizaron cinco briquetas por cada porcentaje de PET (1%; 2%; 3%; 4%, 5% y 6%) en funcionalidad de la masa de áridos de la mezcla. Se empleó el procedimiento Marshall para la efectuar el diseño en las mezclas asfálticas con el propósito de obtener un contenido óptimo de asfalto y de plástico reciclado, como resultado se obtuvo que si se puede incorporar plástico reciclado tipo PET por vía seca mientras no sean mayores al 6% ya que la muestra presenta un incremento considerable de volumen de la briketa. Finalmente, como conclusión se tuvo que al incorporar porcentajes bajos de PET se evidencia una mejora de la estabilidad, pero afecta a la fluencia, mientras que al aumentar los porcentajes de PET disminuye la estabilidad, y el flujo mejora.⁴

Gutiérrez, Kendall (2019), teniendo como objetivo evaluar un método alternativo para la modificación de una mezcla asfáltica con polietileno de baja densidad en Costa Rica. Fue una investigación tipo experimental, donde la población fueron las

mezclas asfálticas realizadas en el laboratorio; la muestra fueron 3 tipos de diseño de mezcla (sin polímero, con polímero- método húmedo, con polímero- método seco); el muestreo fue no probabilístico. A partir de los resultados obtenidos en estas tres pruebas, se comprueba que la modificación de asfalto (2% y 2.5%) usando 2 % de polietileno es la forma de dar los mejores resultados desde el punto de vista medioambiental. Para el ensayo de rueda de Hamburgo, el resultado de deformación máxima alcanzada fue exactamente el mismo, tanto para la mezcla de control como para la mezcla en húmedo, superando el límite de los 20 mm. Para el último de los ensayos de desempeño, los mejores resultados comparando valores de módulos extraídos de las curvas provienen de la mezcla en húmedo nuevamente, seguida de la mezcla en seco y por último de la mezcla de control. La conclusión vista de desempeño el método húmedo presenta mejor comportamiento ya que superó tanto al método en seco como a la mezcla de control en la mayoría de los ensayos realizados.⁵

Modera, Edwin (2018), cuyo objetivo primordial fue evaluar la conducta mecánico de la mezcla densa en caliente, con aumento en polipropileno a modo de polisombra en tiras de 10cm en tráfico pesado, es de tipo experimental y estudio aplicativo, como población se tuvo al conjunto de todas las probetas con una muestra de 65 probetas y un muestreo de en 12 probetas de ensayo de mezcla del asfalto convencional, y 50 probetas con las proporciones de polisombra del 0.5%, 1%, 1.5% y 2%; realizando 30 probetas para ensayo de tracción, el ensayo de Marshall con 10 probetas y para el ensayo de desgaste con 10 probetas. Como resultado se tuvo en el ensayo de Marshall, en estabilidad en el asfalto convencional de 13.74 KN, y teniendo en asfalto modificado de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de polisombra de 12.63 KN, 9.77 KN, 10.73 KN, 12.30 KN respectivamente; en fluencia en el asfalto convencional de 2.95 mm, y teniendo en asfalto modificado de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de polisombra de 6.20 mm, 8.27mm, 9.06mm, 17.42mm respectivamente. En conclusión, se encontró que la variación con polipropileno a modo de polisombra puede tener óptimo desempeño o rendimiento, ya que la mezcla tiene mayor saturación en todas las pruebas y mejora los valores de adherencia en la mezcla al agregar 0.5% y 1.0%, lo que conduce a una mayor capacidad de carga incluso después de la rotura, lo que le da al material compuesto un carácter más flexible.⁶

En otros Idiomas tenemos a: **Yulianto, H. (2018)**, cuyo objetivo fue determinar el efecto de los cambios en las características Marshall debido a las variaciones en el PET (tereftalato de polietileno) en una mezcla asfáltica. Fue de tipo experimental. La población fueron todas las briquetas elaboradas en laboratorio. El Parámetro Marshall obtenido en la primera etapa de ensayo con variaciones en el contenido de asfalto de 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% obtuvo un Contenido Óptimo de Asfalto de 5.62%. Luego se realizó la segunda etapa de ensayo variando el porcentaje de PET (tereftalato de polietileno) combinado en la mezcla asfáltica, a saber 0%, 2%, 4%, 6%, 8 % del peso total y se obtuvo el valor óptimo de adición de PET de 3,08%. Según los resultados del análisis de investigación, la mezcla de PET puede mejorar el rendimiento de la calidad del asfalto. El valor de estabilidad sin usar PET obtuvo 1303.780 kg, y con PET mezclado a un nivel óptimo de 3.08% el valor obtenido de los resultados del análisis de regresión fue de 1633.453 kg. Como conclusión, se tiene que el aumento del valor de Estabilidad con la adición de PET es del 25,286%.⁷

Rozy, F. (2019), su objetivo fue precisar el efecto de la adición de residuos plásticos de PVC de vallas publicitarias en cuanto a las características de la Prueba Marshall utilizando 5 porcentajes de contenido de asfalto, a saber, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% y 7% y los niveles de la adición de PVC utilizada fue del 2%, 4%, 6% y 8% del peso total del objeto de prueba. Es de tipo experimental, como población tuvo 45 briquetas, cada muestra consta de 5 muestras. A partir de estas pruebas, el valor óptimo para vallas publicitarias fue de 4,98 % con los valores de los parámetros de la Prueba de Marshall de la siguiente manera: Estabilidad (1004,59 kg), Flujo (3,48 mm), VIM (3,34 %), VMA (17,39 %), MQ (288,53 kg/mm), VFA (80,98 %) y IP (88,34 %). Los resultados de la Prueba Marshall todavía se encuentran dentro de los requisitos mínimos y máximos especificados en las Especificaciones Generales del Departamento de Obras Públicas de Carreteras de la Provincia de Java Oriental 2018. Como conclusión, se tuvo que la Prueba del Parámetro Marshall, como estabilidad, flujo y rigidez, hay un efecto positivo debido a la adición de residuos de vallas publicitarias y para los parámetros de Marshall como VIM, VMA, VFA no hay efecto debido a la adición de residuos de vallas publicitarias.⁸

Binti, E. (2018), Su objetivo fue investigar las propiedades de las mezclas de ligantes asfálticos que contienen modificadores nanopoliacrilato (NP) y polímero

nanocompuesto (NC) y su efecto en el comportamiento de la mezcla asfáltica densamente graduada según el método de diseño de mezcla Marshall. Es de tipo experimental. La población estaba formada por todas las muestras analizadas en el laboratorio, con una muestra de 14 mezclas asfálticas diferentes compuestas por el ligante asfáltico modificado con NP y NC. El ligante asfáltico modificado con polímeros NP se preparó con un 2%, 4% y 6% en peso de ligante asfáltico y el ligante asfáltico modificado con polímeros Nanocompuesto (NC) con 6% óptimo de NP con látex de caucho natural NR en varios porcentajes que oscilaban entre el 0% y el 6%. Los parámetros medidos fueron mediante: el módulo de resiliencia, el seguimiento de las ruedas, el módulo dinámico y la prueba de susceptibilidad a la humedad). Los resultados muestran que la adición de polímeros nanopoliacrilato NP y polímero nanocompuesto NC a la mezcla tiene un efecto positivo significativo en las propiedades de la mezcla asfáltica, lo que podría mejorar la resistencia de la mezcla contra la deformación permanente (ahuellamiento), la resistencia al desprendimiento y aumentar la rigidez de la mezcla. Por lo tanto, se puede concluir que el polímero NP y NC es factible para ser utilizado como modificador de asfalto y el 6% de NC es la proporción más efectiva que podría brindar un mejor rendimiento de los aglomerantes asfálticos y la mezcla asfáltica en comparación con otros.⁹

A nivel de Artículos se tiene a: **Cruz, N. et al. (2021)**, El objetivo principal fue evaluar la conducta de una mezcla modificada con residuos de policloruro de vinilo tipo blíster, a partir de una comparación de las propiedades mecánicas de esta mezcla con las de una mezcla convencional. Las poblaciones fueron probetas, que fueron tres mezclas con diferentes porcentajes de PVC tipo blíster (por peso de agregado seco): 0.5%, 1.0% y 1.5. Y cada uno tiene una proporción de asfalto a peso total de 6.32%; el mismo porcentaje se usó en el diseño de las mezclas de control, lo que permitió mejores comparaciones entre las mezclas. Estos diseños se realizaron utilizando el método de diseño Superpave. De la derivación de los resultados se puede determinar que a la temperatura de mezcla (160 °C), el material no se descompone y no presenta transiciones de fase que dificulten la mezcla, de tal forma que al respecto se ha evaluado que el PVC en forma de blíster es adecuado para ajustar la mezcla asfáltica a las condiciones de mezclado y colocación. Se concluyó que el betún modificado con residuos de policloruro de vinilo tipo blíster

en las condiciones y dosificaciones empleadas dio mejores resultados que el betún convencional. Además, el tamaño de partícula utilizado con el residuo muestra una buena procesabilidad y se obtiene una mezcla homogénea.¹⁰

Movilla-Quesada, D. et al. (2019), este estudio se enfoca en estudios experimentales de las propiedades mecánicas de mezclas bituminosas calientes que incorporan partículas gruesas de tereftalato de polietileno (PET) provenientes del reciclaje de botellas, usando pruebas Marshall de flujo y estabilidad, y el ensayo del módulo de resiliencia (rigidez) a 5°C y 22°C. La prueba Marshall de estabilidad y fluidez involucró el porcentaje óptimo de ligante asfáltico, el cual fue de 5.3% por peso de agregado. Se fabricaron 24 muestras de Marshall, con porcentajes de aditivo PET 0%, 6%, 10%, 14%, 18% y 22% por peso del ligante. Estas muestras fueron compactadas mediante 75 golpes superficiales para simular las condiciones de tráfico pesado. Como resultado, se alcanzó un máximo de rigidez Marshall con la adición de un 14 % de partículas de plástico, al agregar porcentajes más altos de PET, como 18 % y 22 %, se redujo la rigidez Marshall. En conclusión, a medida que aumenta el número de partículas de PET, estas dominan y alteran el buen funcionamiento de la mezcla. Por lo tanto, es necesario encontrar el contenido óptimo de aditivos de Tereftalato de polietileno para mejorar las propiedades de la mezcla.¹¹

Veranita y Bambang (2020), el objetivo de este artículo fue establecer las consecuencias del uso de PVC en la mezcla asfáltica. El diseño de las variaciones de PVC y asfalto PEN 60/70 en la mezcla AC-WC está compuesto por tres variaciones, siendo, la variación del 3%, 4% y 6%. Los especímenes de prueba se hicieron usando variaciones de asfalto (5% 5.5% 6% 6.5% 7%) y luego variando el contenido de asfalto. El resultado de la prueba Marshall de inmersión de 30 minutos al 3% de variación es de 1.367,91 kg, al 4% de variación es de 1.283,84 kg y al 6% de variación es de 1.225,81 kg. El valor de durabilidad para tres variaciones es 94,75 %, 92,54 % y 93,85 %. Como conclusión, se tiene que el uso de PVC como aditivo indicó que la adición de PVC a la mezcla asfáltica puede proporcionar una mayor durabilidad, pero cuanto más alto sea el PVC como aditivo, se puede reducir la estabilidad y aumentar el valor de flujo.¹²

Como bases teóricas relacionada a las variables y las dimensiones tenemos lo siguiente: **Mezcla Asfáltica**. Las mezclas asfálticas, también conocidas como aglomerados, están formadas por una mezcla de agregados pétreos y un hidrocarburo, de manera que se recubren con una película continua. Se fabrica en plantas fijas o móviles y luego se transporta a obra para su esparcimiento y compactado.¹³ La mezcla asfáltica se compone alrededor de un 90 % de áridos finos y gruesos, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes anteriores son de gran relevancia para el funcionamiento adecuado del pavimento, y la baja calidad de alguno de ellos afectará al conjunto. El aglutinante bituminoso y el polvo mineral son los dos factores que más influyen en la calidad de la mezcla asfáltica y su coste global.¹⁴ **El cloruro de polivinilo (PVC)**. es el polímero termoplástico sintético más producido en el planeta, por lo que se ha convertido en un material fundamental por su bajo costo de producción, elasticidad, peso ligero, buenas propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión y desgaste. Es un material blanco sólido conformado a lo largo de la polimerización de monómeros de cloruro de polivinilo con una estructura química de $(C_2 H_3 Cl)$.¹⁵ El PVC se utiliza en una variedad de productos, desde materiales de construcción, productos civiles hasta productos de consumo.¹⁶ El sector de la construcción y edificación tiene el mayor stock de PVC en utilización, mientras que el sector de bienes de consumo produce la mayor cantidad de residuos de PVC.¹⁷

Tereftalato de Polietileno (PET). Es un termoplástico de alto peso molecular compuesto por ácido tereftálico (TPA) y etilenglicol (EG). El PET puede existir como polímero amorfo y semicristalino.¹⁸ Debido a sus excelentes propiedades físicas y químicas, el PET encuentra numerosas aplicaciones como fibras textiles, materiales de embalaje y botellas de bebidas.¹⁹ La producción de la industria del plástico ha experimentado un aumento en 2019, 2020 y 2021, en parte producto de la circunstancia de la pandemia del COVID-19.²⁰ El PET, actualmente es reconocido como el plástico más circular y apto para ser reciclado. Su alto potencial de reciclabilidad se debe a una combinación de propiedades intrínsecas únicas del material que le permiten ser reciclado mecánicamente, casi infinitamente.²¹

Ensayo de Marshall. Es un método de prueba que se utiliza con mezclas asfálticas densas y graduadas preparadas con cemento asfáltico (modificado y no

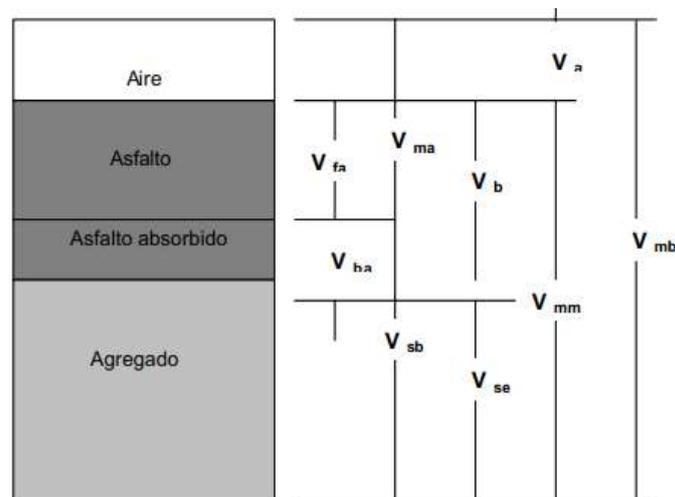
modificado), con un tamaño máximo de agregado de 1" (25mm), con el fin de hallar la estabilidad, flujo, densidad, huecos de aire y huecos llenos de asfalto, las cuales pueden trazarse contra el contenido de aglutinante para permitir la selección de un contenido óptimo de aglutinante para la mezcla.²²

Propiedades mecánicas: Estabilidad Marshall. Es la carga de resistencia máxima obtenida durante una secuencia de carga de velocidad de deformación constante. La magnitud de la estabilidad varía con el tipo de agregado, la clasificación y el tipo, grado y cantidad de betún. La estabilidad de la mezcla se ha medido respecto del porcentaje de asfalto.²³ Cuanto mayor sea el porcentaje de betún, más fuerte será la mezcla hasta cierto límite, menor será la estabilidad de la mezcla. A medida que aumenta el porcentaje de betún en la mezcla, la película asfáltica que rodea a los agregados les permitirá asentarse. Si la película de asfalto es muy gruesa, evitará el entrelazado de las partículas.²⁴ **Flujo Marshall.** Es una medida de la deformación de la mezcla de asfalto determinada durante el ensayo de estabilidad. No hay un valor ideal pero hay límites aceptables. Si el flujo en el contenido óptimo de aglutinante seleccionado está por encima del límite superior, la mezcla se considera demasiado plástica o inestable y si está por debajo del límite inferior, se considera demasiado frágil.²⁵

Propiedades Físicas: Gravedad específica. Es la relación de la masa de la mezcla por unidad de volumen. El ensayo es desarrollado de acuerdo con la norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas comprimidas utilizando parafina; o ASTM D2726, Gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas usando superficie saturada de muestra seca. Para determinar el patrón a utilizar, se realizarán ensayos de absorción sobre asfalto compactado; si la absorbancia es superior al 2 %, se utiliza la norma ASTM D1188; en caso contrario, se utiliza la norma ASTM D2726.²⁶ **Vacíos de aire.** Parámetro más eficaz para explicar el comportamiento de la mezcla, y desempeña un papel importante en el análisis de las mezclas bituminosas.²⁷ El daño por humedad en un pavimento asfáltico se puede reducir bloqueando la filtración de agua en el pavimento o aumentando la resistencia al desprendimiento del pavimento asfáltico.²⁸ El contenido de vacíos de aire es un parámetro volumétrico importante, ya que controla la susceptibilidad de

la mezcla a la formación de surcos, el sangrado, el agrietamiento y el envejecimiento.²⁹

Vacíos en el agregado mineral (VMA). Es un parámetro volumétrico que garantiza la durabilidad de la mezcla asfáltica mediante la provisión de un espesor adecuado de la película asfáltica sobre los áridos.³⁰ Con una relación VMA alta, la película de asfalto será más gruesa y la mezcla será más duradera. La mezcla densa puede reducir el porcentaje de VMA, reducir la película de asfalto y, por lo tanto, reducir la resistencia del asfalto y hacer que se vea seco.³¹ **Vacios llenos de asfalto (VFA).** Porcentaje en volumen de asfalto que recubre el agregado después de someterse a un proceso de compactación. Valores demasiado pequeños hacen la mezcla menos impermeable al agua y al aire, por lo que la esta se oxida fácilmente.³² **Asfalto Efectivo.** Representa el volumen del contenido efectivo de betún en la mezcla, está inversamente relacionada con los vacíos de aire.³³



- V_{ma} = volumen de vacíos en agregado mineral
- V_{mb} = volumen total de la mezcla asfáltica.
- V_{mm} = volumen de la mezcla asfáltica sin vacíos
- V_{fa} = volumen de vacíos llenados con asfalto
- V_a = volumen de vacíos de aire
- V_b = volumen de asfalto
- V_{ha} = volumen de asfalto absorbido
- V_{sb} = volumen de agregado mineral (gravedad específica de la masa)
- V_{se} = volumen de agregado mineral (gravedad específica efectiva)

Figura 1: Componente del diagrama de compactación de una mezcla asfáltica

Fuente: Garnica, P. et al

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, caracterizándose por comprender los problemas y cuestiones del mundo real; y hacer recomendaciones sobre ellos.³⁴

En este sentido, se analizarán los efectos de la adición del PET y PVC reciclado a la mezcla asfáltica, y su con ello indagar en su aplicación para pavimentos, basándose en los conocimientos previos de diseño de mezcla asfáltica, la aplicación de los materiales y los antecedentes similares, para así poder obtener una mezcla asfáltica óptima adicionado con el porcentaje de PET y PVC reciclado, y que a través de los resultados del laboratorio cumpla con los parámetros de estabilidad, fluencia y porcentaje de vacíos.

Diseño de investigación:

En cuanto al diseño, se muestra como un cuasi experimental, ya que es una averiguación con todos los recursos de un experimento, excepto que los sujetos no se distribuyen aleatoriamente entre equipos. En ausencia de una distribución aleatoria, el investigador se enfrenta a la tarea de detectar la variable independiente (PET y PVC reciclado) y dividir el efecto de los tratamientos con el resto de los componentes que afectan a la variable dependiente (propiedades de la mezcla de asfalto).³⁵

De este modo, la investigación se estima **cuasi experimental**, ya que se emplearán adrede las porciones de PET reciclado (1%, 3% y 5%) y PVC reciclado (1%,3% y 5%) en el diseño de la mezcla asfáltica, con el fin de analizar sus efectos en las propiedades mecánicas y volumétricas de la mezcla asfáltica; además, se sub clasifica como cuasi experimental, porque los investigadores determinaron previamente el diseño de la mezcla del estudio actual, con cuatro diseños que corresponden a la mezcla asfáltica patrón y luego de seleccionar el porcentaje óptimo de asfalto, se diseñarán cuatro diseños, correspondiente a la mezcla asfáltica adicionada con el PET en 1%, 3% y 5% y cuatros diseños más con PVC en 1%, 3%, 5% en base del peso del agregado para los dos aditivos; se seleccionaron las porciones inicialmente sobre la base de estudios previos de

diferentes autores (tesis Escobar, Zumba 1%,2%,3%,4%,5%,6%) realizados con PET en la mezcla asfáltica y (tesis Rozy 1%, 2%, 3%, 4%) realizados con PVC.

3.2. Variable y Operacionalización

Variable Independiente 1: PET reciclado

Definición conceptual

Se califica como el polímero que puede ser reusado en su totalidad debido a las características y propiedades que presenta como su resistencia a esfuerzos permanentes y al desgaste, su dureza y estabilidad a la intermperie.³⁶

Definición operacional: Las dosificaciones de Tereftalato de Polietileno 1%, 3% y 5% respecto del peso del agregado fino, se utilizarán para 04 diseños de mezclas asfálticas (N, 1%, 3% y 5%), con el objetivo de optimizar las estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica y reducir el % de vacíos.

Variable Independiente 2: PVC reciclado

Es la viabilidad de la incorporación de residuos de cloruro de polivinilo (PVC), considerado como molestia para el ambiente en la mezcla asfáltica, convirtiéndolo en un producto útil que mejore las propiedades del pavimento.³⁷

Definición operacional: Las dosificaciones de PVC reciclado 1%, 3% y 5% respecto del peso del agregado fino, se utilizarán 04 diseños de mezclas siguientes (N, 1%, 3% y 5%), con el objetivo de optimizar las propiedades de la mezcla asfáltica.

Variable Independiente 1 VI 1: PET reciclado

Variable Independiente 2 VI 2: PVC reciclado

Variable Dependiente: propiedades de la mezcla asfáltica

Definición conceptual:

Son los parámetros que permiten determinar el comportamiento estructural del pavimento bajo diversas condiciones de carga, temperatura y entre agentes externos.³⁸

Definición operacional:

La mezcla asfáltica se combina con el PET y el PVC reciclado, para que mejore las propiedades tanto mecánicas como volumétricas de la mezcla asfáltica de forma independiente. En el presente proyecto se realizará el ensayo de Marshall para el asfalto convencional (5%,5.5%,6%,6.5%), preparándose 3 muestras para cada contenido, siendo 12 briquetas para conseguir el porcentaje óptimo de asfalto y para los 8 diseños pre establecidos con el Tereftalato de Polietileno (N, 1%, 3% y 5%) y el Cloruro de Polivinilo (N, 1%, 3% y 5%), se harán 3 muestras para cada diseño, siendo 24 briquetas, resultando finalmente un total de 36 briquetas, a través de estas se estará evaluando mediante los ensayos de laboratorio las propiedades de: estabilidad, fluencia y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica.

Variable Dependiente VD1: propiedades de la mezcla asfáltica

3.3. Población, Muestra y muestreo

Población

Una población es una colección de objetos del universo estudiado. Por lo general, connota todos los miembros del objetivo del análisis según lo determinado por el objetivos y fines del análisis.³⁹

En este sentido, la población de la presente investigación serán todas las briquetas cilíndricas de mezcla asfáltica, de dimensiones de 4" (101.6 mm) x 2 ½" (6.35 mm), resultantes del ensayo de Marshall, de donde obtendremos la prueba de estabilidad, prueba de fluencia y el porcentaje de vacíos, de la mezcla asfáltica elaborada, a la cual se añadirán los aditivos antes mencionados empleado en los 12 diseños adicionales.

Muestra

La muestra es un pequeño porcentaje de la población seleccionada para observación y análisis. Es un grupo que consiste en una parte o subconjunto de objetos o individuos de una población definida con el propósito expreso de representar a la población.⁴⁰

Para esta investigación, se tomará una serie de muestras de la mezcla asfáltica, conformada por el conjunto de briquetas (DxH 4" (101.6 mm) x 2 ½" (6.35 mm)

según la norma ASTM-D6926 y ASTM-D6927), que estará conformado por cemento asfáltico, agregado grueso y fino, las cuales se someterán a ensayos de laboratorio para determinar las propiedades que estas presentan en respuesta a la incorporación del PET reciclado (1%, 3% y 5%) y PVC reciclado (1%, 3% y 5%).

Los porcentajes a usar para la dosificación del Tereftalato de Polietileno son basados en el análisis de Escobar y Zumba (2021), donde planteó dosificar la mezcla asfáltica al 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6% así mismo, para la dosificación del PVC reciclado se basó en la investigación de Rozy (2019), donde planteó dosificar la mezcla asfáltica al 1%, 2%, 3%, 4%.

En este sentido, el MTC E 504 nos dice que existen 3 muestras por cada prueba realizada; es un total de 12 diseños de mezcla, para la mezcla asfáltica convencional (5%,5.5%,6%,6.5%), para obtener el porcentaje óptimo de asfalto, posteriormente para el PET reciclado (N, 1%, 3% y 5%) y para el PVC reciclado (N, 1%, 3% y 5%), resultando 36 especímenes que serán ensayadas, donde los porcentajes son en relación al peso de los agregados de la mezcla asfáltica original. (ver tabla N° 1, N°2, N°3).

Dejando una muestra total de 04 muestras para Ensayos de Marshall, 36 probetas para los ensayos de estabilidad, fluencia y porcentaje de vacíos.

Tabla 1. *Muestra de la investigación de la mezcla asfáltica convencional*

DESCRIPCIÓN	ESTABILIDAD	FLUENCIA	% DE VACÍOS
Mezcla asfáltica al 5.0% CA	3	3	3
Mezcla asfáltica al 5.5% CA	3	3	3
Mezcla asfáltica al 6.0% CA	3	3	3
Mezcla asfáltica al 6.5% CA	3	3	3
TOTAL	12	12	12

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Muestra de la investigación de la mezcla asfáltica adicionada con el PET y el PVC reciclado

DESCRIPCIÓN		ESTABILIDAD	FLUENCIA	% DE VACIOS
Mezcla Asfáltica adicionada con PET reciclado	Mezcla asfáltica sin modificar (Grupo de control) = N	3	3	3
	Espécimen con adición PET reciclado 1%	3	3	3
	Espécimen con adición PET reciclado 3%	3	3	3
	Espécimen con adición PET reciclado 5%	3	3	3
Mezcla Asfáltica adicionada con PVC Reciclado	Mezcla asfáltica sin modificar (Grupo de control) = N	3	3	3
	Espécimen con adición PVC reciclado 1%	3	3	3
	Espécimen con adición PVC reciclado 3%	3	3	3
	Espécimen con adición PVC reciclado 5%	3	3	3
TOTAL		24	24	24

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Resumen de la muestra de la investigación

DESCRIPCIÓN	ESTABILIDAD	FLUENCIA	% DE VACIOS
Mezcla asfáltica convencional	12	12	12
Mezcla asfáltica adicionado con PET reciclado	12	12	12
Mezcla Asfáltica adicionada con PVC reciclado	12	12	12
TOTAL	36	36	36

Fuente: elaboración propia

Muestreo

En esta investigación, el tipo de muestreo es no probabilístico porque se indica el número de ensayos. El muestreo no probabilístico es el enfoque de muestreo en el cual no se sabe ni se asegura la probabilidad o posibilidad de que cada unidad se seleccione.⁴¹

Para la presente, el muestreo ocurre de forma no probabilística por conveniencia de la investigación, es decir, donde no se aplican métodos estadísticos de selección, y, por el contrario, se emplea el análisis de los sujetos que se encuentran disponibles al investigador. En este sentido, se emplea un número de muestras de acuerdo a los estándares normativos utilizados (MTC E 504), los cuales mencionan un mínimo de 3 muestras por ensayo, y sin límite en el número de ensayos totales.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Se refiere al procesamiento de la recopilación de datos en la ejecución de indagaciones. Se debe asegurar que los resultados de la investigación sean consistentes con los objetivos establecidos. Se usará como técnica primordial la observación experimental.⁴²

En este sentido, se evaluará el comportamiento de las muestras sometidas al ensayo de Marshall mediante la observación directa, por ende, serán realizados los ensayos de estabilidad, fluencia y del porcentaje de vacíos, para así proporcionar soluciones posibles a las problemáticas planteadas, así también probar las hipótesis dadas. Además, con las bases teóricas de cada variable se empleará las fichas bibliográficas, teniendo la técnica de la cuasi experimentación.

Asimismo, se emplea las normativas del establecidas por las Normas MTC del “Manual de ensayo de materiales” MTC E 504, ASTM D6926 “Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus”, AASHTO T245 “Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Asphalt Mixtures Using Marshall Apparatus”, ASTM D6927 “Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures”.

Instrumentos de recolección de datos

Se refiere a las herramientas de investigación que se emplean para recopilar y distinguir los datos obtenidos al examinar las relaciones entre las variables.⁴³

Entre ellos, para la presente investigación se utilizará lo mencionado a continuación, lo cual será empleado para registrar los datos generados en los ensayos.

- Observación
- Fichas de Recolección de Datos (Firma de Expertos)
- Fichas de Resultados de Laboratorio (Certificados)
- Ensayos

Tabla 4. *Ensayos de Laboratorio para el agregado grueso*

	Ensayos	Instrumentos
Ensayos	Durabilidad (Al Sulfato de magnesio)	Fichas Resultados de Laboratorio, según la norma MTC E 209
	Abrasión Los Ángeles	Fichas Resultados de Laboratorio según la norma MTC E 207
	Adherencia	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 517
	Índice de Durabilidad	Fichas de Resultados de Laboratorio según la MTC E 214
	Partículas chatas y alargadas	Fichas de Resultados de Laboratorio según la norma ASTM 4791
	Caras fracturadas	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 210
	Sales solubles y totales	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 219
	Absorción	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 206

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Ensayos de Laboratorio para el agregado fino

	Ensayos	Instrumentos
Ensayos	Índice de Durabilidad	Fichas de Resultados de Laboratorio según la norma MTC E 214
	Equivalente de arena	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 114
	Angularidad del agregado fino	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 222
	Azul de metileno	Fichas de Resultados de Laboratorio según AASHTO TP 57
	Índice de Plasticidad (malla N.º40 y malla N.º200)	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 111
	Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	Fichas Resultados de Laboratorio, según la norma MTC E 209
	Sales solubles y totales	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 219
	Absorción	Fichas de Resultados de Laboratorio según MTC E 206

Fuente: Elaboración propia**Tabla 6. Ensayos de Laboratorio para el diseño de mezcla**

	Ensayos	Instrumentos
Ensayos	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	Fichas Resultados de Laboratorio, según la norma MTC E 204
	Ensayo de gravedad específica de los agregados	Fichas de Resultados de Laboratorio según la norma MTC E 205
	Ensayo de Marshall	Fichas de Resultados de Laboratorio según la norma MTC E 504

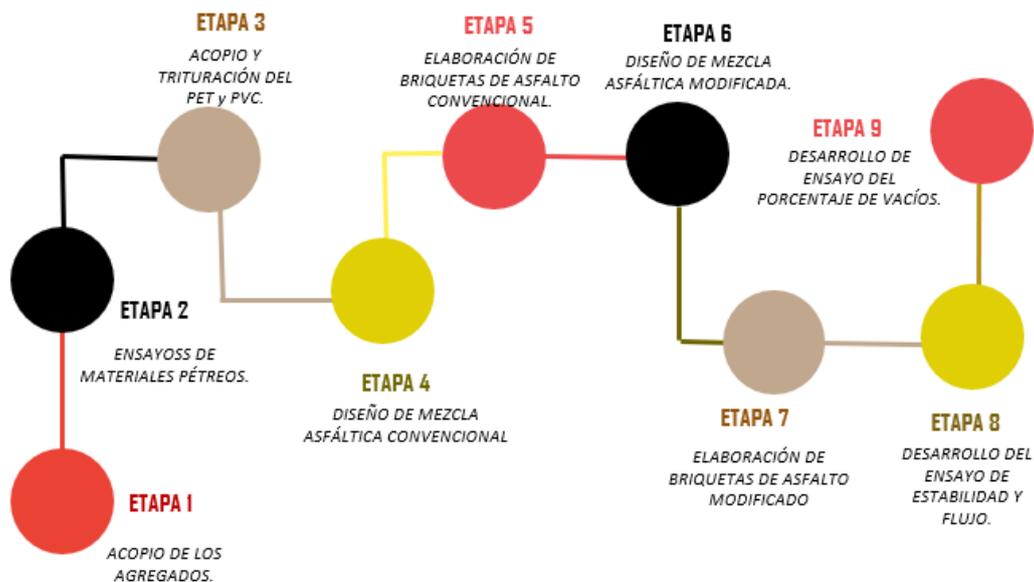
Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad. La confiabilidad se refiere a la consistencia de una medida. Aunque no es posible dar un cálculo exacto de la confiabilidad, se puede lograr una estimación de la misma a través de diferentes medidas.⁴⁴ La confiabilidad se refiere a la aplicación repetida o consistente del objeto de estudio, el cual, al ser estudiado de manera continua, dará resultados iguales o similares, generando confianza en los resultados obtenidos y en las herramientas que se utilizarán durante la prueba. A cambio, se entregarán certificados de calibración de los equipos a utilizar en las pruebas.

Validez. La validez viene definida por la interpretación significativa y correcta de los datos logrados del instrumento de medida como consecuencia de los análisis.⁴⁵ Por consiguiente, los instrumentos a utilizar en esta investigación son sujetos a una validación de expertos o especialistas (Fichas de Recolección de Datos) en el ámbito de carreteras, quienes darán verificación y por ende aceptación al contenido del instrumento a emplear en esta investigación, basados en las normas del MTC, AAHSTO y ASTM.

3.5. Procedimiento de datos

La cantidad y selección de briquetas se han realizado de acuerdo a los estándares del MTC E 504, siendo en total 12 tipos de diseños empleados, conformado por la mezcla convencional para encontrar el contenido de betún óptimo, y la combinación de la Muestra patrón N con las cantidades de 1%, 3% y 5% del PET y PVC reciclado, para lo cual fueron recolectados de las botellas utilizadas para el Tereftalato de Polietileno y de los sobrantes empleados en construcción para el Cloruro de Polivinilo. Para posteriormente realizar los estudios y ensayos de los materiales pétreos utilizados para la elaboración de la mezcla asfáltica, bajo lo cual se procedió a la elaboración de la mezcla siguiendo el método de diseño Marshall, para finalmente, realizarles a los especímenes los ensayos de estabilidad y fluencia, y el ensayo del porcentaje de vacíos, según el ASTM y las normas MTC, evaluándose la mejor alternativa de resultados



3.6. Método de análisis de datos

Es el procedimiento utilizado para analizar los datos recopilados con el fin de alcanzar el propósito de la investigación. Utilizando el método de análisis de datos correcto, se obtiene un análisis excelente para enfrentar el problema de investigación. A través de la observación directa como la recolección de datos, nos ayudará a visualizar cada prueba, probada en el laboratorio y las observaciones que corresponden, requeridas para nuestros resultados y proyectarlos con la hipótesis.⁴⁶

Los datos obtenidos luego de la realización de los ensayos serán recogidos mediante la observación directa, cuya información será la base de comparación del comportamiento del diseño de mezcla, utilizando cada muestra de la mezcla asfáltica ensayadas en el laboratorio. Para la comprobación de los objetivos y las hipótesis del estudio.

3.7. Aspectos éticos

Para el desarrollo del presente estudio se emplean las disposiciones generales contenidas en los códigos y normas de diseño que regulan la materia, en especial, aquellos referidos por el MTC en el “Manual de ensayos de materiales”, así como el uso de las mejores prácticas y otras disposiciones encontradas en normas nacionales o internacionales aplicables a la materia de estudio. De igual manera, se emplearon diversas referencias como apoyo teórico de la investigación, para lo cual se ha respetado los derechos de autoría pertinentes, citándolos mediante la Norma ISO-690-2010, y siendo constatados por la plataforma web turnitin.

IV. RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Evaluación del PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica, Ica 2022

Ubicación:

Departamento : Ica

Provincia : Ica

Distrito : Ica



Figura 2: Mapa del Perú

Fuente: Google Search.



Figura 3: Mapa Región Ica

Fuente: Google Search

Localización:



Figura 4: Localización del distrito de Ica

Fuente: Google Search.

Se toma el peso del material para luego fabricar las muestras de asfalto de acuerdo a la norma:



Figura 5: Peso de materiales
Fuente: Elaboración propia



Figura 6: Taras con los agregados
Fuente: Elaboración propia



Figura 7: Medición de la T° del agregado
Fuente: Elaboración propia



Figura 8: Peso de briqueta
Fuente: Elaboración propia

Trabajo de Laboratorio

Para aclarar los resultados finales de nuestra muestra, se realizaron pruebas a los agregados indicados en el manual de uso vial “Especificaciones Generales de Construcción” para examinar el material que utilizaremos en la producción de briquetas con mezclas asfálticas, así como, incluso, material rocoso extraído de la cantera Palomino.

Tabla 7. Parámetros para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de Carreteras (EG-2013)

Tabla 8. Parámetros para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Manual de Carreteras (EG-2013)

Ensayos realizados al Agregado Grueso

- **Durabilidad al Sulfato de Magnesio**

Según la prueba hecha se lograron los resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 209.

Tabla 9. Resultados Durabilidad al Sulfato de Magnesio realizados al agregado grueso

T. de mallas		% de Pérdidas corregidas
Pasa	Retenido	
3/4"	1/2"	2.96
1/2"	3/8"	4.43
3/8"	N°4	3.9
TOTALES		11.3

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo se hizo en concordancia con la MTC E 209 y se alcanzó un porcentaje de durabilidad de 11.3% del añadido grueso. El MTC EG-2013 donde instituye los valores máximos de deterioro de los agregados con interacción de la altitud m.s.n.m. siendo de 18% como máximo.

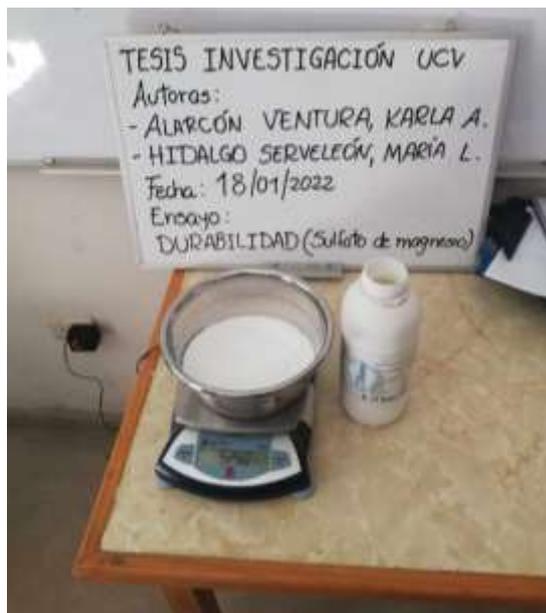


Figura 9: Preparación de la solución

Fuente: Elaboración propia



Figura 10: Inmersión de las muestras.

Fuente: Elaboración propia

- **Abrasión los Angeles**

Según la prueba hecha se lograron los resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 207.

Tabla 10. Porcentaje de desgaste de abrasión del agregado grueso

T. de Mallas		Porcentaje de desgaste por abrasión
PASA	RETIENE	
3/4"	1/2"	17%
1/2"	3/8"	

Fuente: Elaboración Propia

La prueba de abrasión de desgaste por abrasión Los Ángeles entregó como consecuencia una degradación de agregados del 17%, estando en la regla, donde se especifica que como máximo es el 40%. Este ensayo determinó cuánto se ha deteriorado el árido ante la combinación de acciones abrasivas, de choque y de fractura producidas por un determinado número de bolas de acero, 11 para este caso.

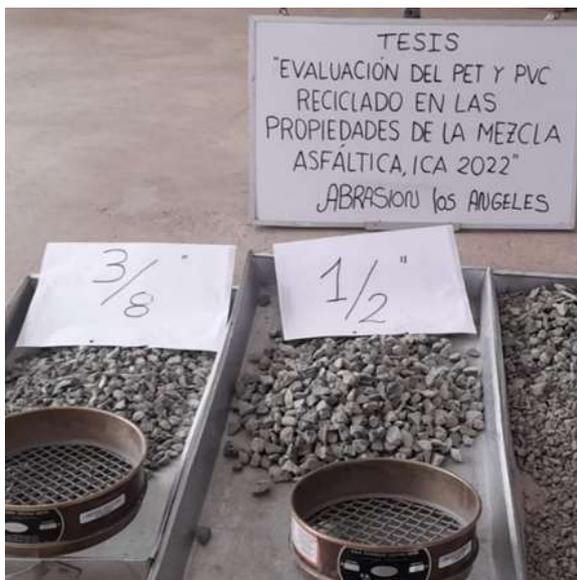


Figura 11: Preparación de la muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura 12: Colocación de la muestra en la Máquina Los Angeles

Fuente: Elaboración propia

- **Adherencia**

Según la prueba ensayada se lograron los resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 517.

Tabla 11. Resultados de la adherencia Agregado-Bitumen

T. de Mallas		Revestimiento y Desprendimiento de Agregado Bituminoso
PASA	RETIENE	95%
3/8"	1/4"	

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado, la prueba de adherencia del agregado bituminoso da una estimación visual de la superficie cubierta en la prueba de revestimiento del agregado pétreo, estimando que el porcentaje de superficie visible del agregado a recubrir es superior al 95%. Se tamizó el material pasante la malla 3/8" y retenido en la malla 1/4" y se separó alrededor de 100 gramos de material. Del mismo modo, se separó el ligante asfáltico para realizar la mezcla con el material seleccionado.



Figura 13: Vertido del ligante en la bandeja

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Retiro de las partículas una por una de la bandeja

Fuente: Elaboración propia

- **Índice de Durabilidad**

Esta prueba permitió determinar la resistencia de los agregados gruesos a producir partículas finas nocivas como la arcilla cuando se someten a métodos mecánicos degradados. El material se tamizó al grado indicado y luego se colocó en un recipiente de recolección que contenía 7mL de solución. Luego se vertió el agua destilada al nivel de todos los componentes y se cerró en el recipiente para ser enviado al motor a 600 rpm por 10 minutos. Transcurrido este lapso de tiempo se extrajo el material y se lavó a lo largo de 13 secuencias. Este material se insertó en el tubo de ensayo para posteriormente ser agitada a lo largo de 40 segundos. Al final se dejó el material en reposo a lo largo de 20 minutos, para luego ver el valor asentado de material.

Tabla 12. Resultados de Índice de Durabilidad

MUESTRA	1	2	3
Índice de Durabilidad	51.1	49.9	51.8
Promedio de Índice de Durabilidad	51		

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de índice de durabilidad en el agregado grueso dio como resultado 51%, lo cual cumple con la EG-2013, pues en ella se especifica que se requiere como mínimo 35%.

- **Partículas Chatas y Alargadas**

Según la prueba hecha se lograron los resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 223.

Tabla 13. Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas

TAMIZ	PORCENTAJE RETENIDO	PARTICULAS CHATAS	PARTICULAS ALARGADAS	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS
1" - 3/4"	698.2	0	0.00	0.00
3/4"-1/2"	445	0	0.00	0.00
1/2" - 3/8"	856.9	0.1	0.00	0.00
TOTAL	2000.1	0.10	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Según el cuadro 12, muestra el porcentaje de partículas chalas alargadas de 0.10%, lo que es óptimo el material porque facilitara la unión y el compactado. De acuerdo al manual del MTC, todo agregado poseerá hasta un máximo de 10% de partículas chatas y alargadas.



Figura 15: Ensayo de partículas chatas
Fuente: Elaboración propia



Figura 16: Cualificación de las partículas
Fuente: Elaboración propia

- **Caras Fracturadas**

Esta prueba permitió determinar la cantidad de número de partículas rotas. La clasificación se basó en el número de caras fracturadas por agregado.

Primero, se seleccionó la porción de agregado grueso, para después tamizarlo por las mallas hasta la malla N°4. Después se cualificó según las propiedades de las caras fracturadas en cada retenido de la siguiente forma: 1, 2, 3 o más caras fracturadas. Para la realización de la prueba, se siguió los criterios que corresponden a la norma MTC E 210.

En la tabla 14, se aprecian los resultados, siendo los valores calculados de 91.03% con una 1 fracturada del material en su totalidad y 61.83% con 2 caras fracturadas del agregado, haciendo una relación de 91/62.

Tabla 14. Porcentaje de Caras Fracturadas

MALLA	Porcentaje con una cara fracturada (%)	Porcentaje con dos o más caras fracturadas (%)
1/2"	92.9	68.14
3/8"	89.93	60.4
N° 4	88.84	51.36
TOTAL	91.03%	61.83%

Fuente: Elaboración Propia



Figura 17: Preparación de las muestras para el ensayo

Fuente: Elaboración propia



Figura 18: Clasificación de las partículas en caras fracturadas de 1 lado.

Fuente: Elaboración propia

- **Sales solubles totales**

Se lograron los resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 219, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 15. Resumen de sales solubles totales

Análisis Físico- Químico de los agregados gruesos	
Sales Solubles	0.084%

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo como resultado 0.084% de sales solubles totales, lo cual está dentro de los parámetros indicados en el DG-2013, pues se especifica cómo máximo 0.5%.

- **Absorción y peso específico agregado grueso**

Se lograron los siguientes resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 206.

Tabla 16. Resultados de densidad relativa y absorción agregado grueso

MUESTRA	% Absorción	Densidad Relativa
1	0.92%	2.59
2	0.91%	2.58
3	0.89%	2.59
PROMEDIO	0.91%	2.59

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 16, se aprecia que la densidad relativa es de 2.59 gr/cm³ y así mismo que arrojó un % de absorción del agregado grueso de 0.91%.



Figura 19: Preparación de la muestra
Fuente: Elaboración propia



Figura 20: Secado del agregado grueso
Fuente: Elaboración propia

Ensayos realizados al Agregado Fino

- **Equivalente de Arena**

Para la realización de este ensayo, se tamizó el material por la malla N°4. Después se llenó la probeta con el Cloruro de Calcio, hasta el tamaño inoculado para verter el material en el cilindro graduado y se dejó reposar la mezcla por 10 min. Luego, el tubo de ensayo se agitó durante 30s y luego se irrigaron las paredes con la solución. Finalmente, el material se dejó reposar durante 20 min y se registraron las medidas resultantes.

Tabla 17. Resultados Equivalente de Arena

MUESTRA	1	2	3
Equivalente de Arena	68	66	67
Promedio de equivalente de arena %	67		

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo que el porcentaje del equivalente de arena fue de un 67%, lo cual cumple con lo requerido, este ensayo se realizó de acuerdo al MTC E 114.



Figura 21: Llenado del tubo con el solvente limpiador preparado.

Fuente: Elaboración propia



Figura 22: Lectura de arcilla de los cilindros irrigados.

Fuente: Elaboración propia

- **Angularidad del agregado fino**

Se lograron los siguientes resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 222.

Tabla 18. Resultados Angularidad del agregado fino

MUESTRA	1	2	3
% de vacíos en el agregado	42.2	41.98	41.87
Promedio de % de vacíos en el agregado	42.02		

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo de Angularidad en el agregado fino dio como resultado 42%, lo cual cumple con la EG-2013, pues en ella se especifica que se requiere como mínimo 30.

- **Azul de Metileno**

Primero, se tamizó el agregado pétreo pasante por la malla N° 200 y se separó alrededor de 10 gr. Después se elaboró la bureta con la Solución de Azul Metileno para luego empezar el mezclado del agregado con la solución con un tiempo de 10 min. Esto se realizó hasta que apareció la aureola azul de la solución.

Según la prueba ensayada se lograron los resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma AASTHO TP 57.

Tabla 19. Resultados Azul de Metileno

MUESTRA	1	2	3
Valor de Azul de Metileno	4.0	3.9	3.8
Promedio de Azul de Metileno	3.9		

Fuente: Elaboración Propia

Resultando 3.9 en el ensayo, lo cual se encuentra dentro de lo requerido por el DG-2013, pues establece 8 como máximo.

- **Índice de Plasticidad (malla N°4 y malla N°200)**

Primero, el material se tamizó entre las mallas N°40 y N°200. Después, se dividió una proporción y se mezcló con agua hasta la consistencia adecuada. Una vez colocado se realizó el golpeo. En este ensayo no se llegó al límite establecido, por lo que el material no tuvo límite líquido ni índice de plasticidad.

Se lograron los siguientes resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 111.

Tabla 20. Resultados Índice de Plasticidad

Descripción	Limite Liquido			Limite Plástico	
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2
Contenido de humedad (%)	NP	NP	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad	NP				

Fuente: Elaboración Propia

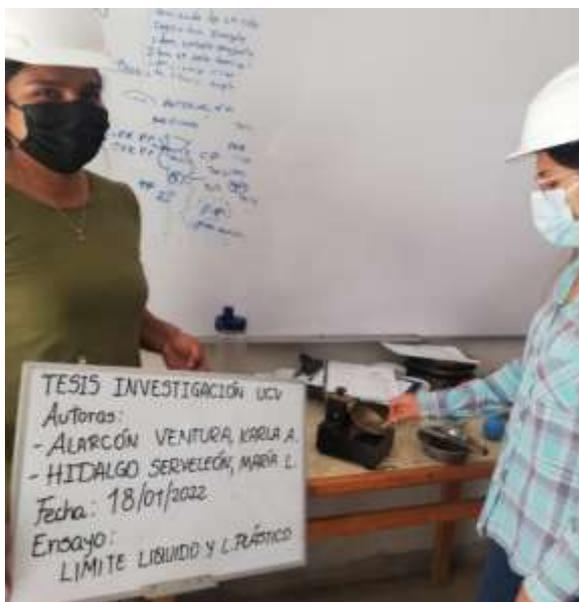


Figura 23: Realización de la ranura con el acanalador en el equipo Casagrande.

Fuente: Elaboración propia



Figura 24: Cierre de la ranura después del giro del equipo.

Fuente: Elaboración propia

- **Durabilidad (Al sulfato de Magnesio) del agregado fino**

Esta prueba se realiza con soluciones saturadas de sulfato de magnesio, durante un mínimo de 16 horas y un máximo de 18 horas, de modo que la solución cubra toda la muestra. Después del período de remojo, las muestras generales se retiraron de la solución y se colocaron en un horno para que se secaran.

Tabla 21. Resultados Durabilidad al Sulfato de Magnesio realizados al agregado fino

T. de mallas		% de Pérdidas corregidas
Pasa	Retenido	
3/8"	N°4	0.9
N°4	N°30	3.3
N°8	N°16	2.6
N°16	N°30	1.4
N°30	N°50	1.5
TOTALES		9.9

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo se realizó en concordancia con la norma MTC E 209 y se consiguió un porcentaje de durabilidad de 9.9% del agregado fino.



Figura 25: Clasificación de las muestras por tamices.

Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Secado de los agregados luego de la inmersión.

Fuente: Elaboración propia

- **Índice de Durabilidad en el agregado fino**

Se realizó un procedimiento similar que para los áridos gruesos, según lo estipulado en la norma MTC 214, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 22. Resultados Índice de Durabilidad

MUESTRA	1	2	3
Índice de Durabilidad	60.0	63.0	62.0
Promedio de Índice de Durabilidad	62%		

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo de índice de durabilidad en el material fino dio como resultado 62%, lo cual cumple con la EG-2013, pues en ella se especifica que se requiere como mínimo 35%.

- **Sales Solubles Totales**

Se realizó el mismo procedimiento que para los áridos gruesos, según lo estipulado en la norma MTC 219, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 23. Resultados de sales solubles totales

Análisis Físico- Químico de los agregados finos	
Sales Solubles	0.075%

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo de análisis físico- químico en el agregado fino dio como resultado 0.075%, lo cual cumple con la EG-2013, pues en ella se especifica que como máximo sea 0.5%.

- **Absorción y gravedad específica agregado fino**

Se lograron los resultados siguiendo los criterios que corresponden a la norma MTC E 205. Se tamizó el material a través de la malla N°4, luego se dejó sumergido en agua durante 24 horas. Después, se dejó que el material se seque hasta que la muestra estuvo superficialmente seca, luego se pesó una cantidad seleccionada y se colocó en una estufa durante 24 horas. Pasado este tiempo, se pesó nuevamente la muestra en estado seco y se determinó el porcentaje de

absorbancia. Para la gravedad específica, se llenó el picnómetro con agua hasta la medida establecida y se pesó. Luego el material se introdujo al picnómetro y el aire es extraído para luego llenarlo con agua y el material hasta la medida; y pesarlo de nuevo.

Tabla 24. Resultados de densidad relativa y absorción agregado fino

MUESTRA	% Absorción	Densidad Relativa
1	1.26%	2.63
2	1.17%	2.65
3	1.21%	2.64
PROMEDIO	1.21%	2.64

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 24, se considera que los resultados arrojaron una densidad relativa de 2.64 gr/cm³ y que el % de absorción fue de 1.21%.



Figura 27: Preparación de las muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 28: Agregado en la fiola.

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis Granulométrico del agregado grueso y del agregado fino**

El ensayo de análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos facilitó la determinación cuantitativa de la distribución del tamaño de partícula, utilizando tamices que van desde malla de 3/4" hasta malla N°200.

El tamaño de los tamices utilizados en la prueba de granulometría de materiales pétreos es el siguiente: 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°16, N°30, N°40, N°50, N°100, N°200. El material fue seleccionado por cuarteo y se tamizó (1500 gr correspondiente al agregado grueso y 500 gr correspondiente al agregado fino), luego se lavaron los agregados a través de la malla N° 200, y secado en el horno a 110°C. Finalmente se realiza el proceso de tamizado, arrojando los siguientes resultados.

Tabla 25. Análisis Granulométrico Agregado Grueso

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	651.40	43.65	43.65	56.35
3/8"	9.500	290.00	19.43	63.08	36.92
Nº 4	4.750	446.10	29.89	92.97	7.03
Nº 10	2.000	63.70	4.27	97.24	2.76
Nº 40	0.425	19.50	1.31	98.55	1.45
Nº 80	0.180	7.50	0.50	99.05	0.95
Nº 200	0.075	11.20	0.75	99.80	0.20
< Nº 200	FONDO	3.00	0.20	100.00	0.00
		1492.4	100.0		

Fuente: Laboratorio EPICRET

Tabla 26. Análisis Granulométrico Agregado fino

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	3.80	0.87	0.87	99.13
Nº 10	2.000	61.40	14.11	14.99	85.01
Nº 40	0.425	171.60	39.45	54.44	45.56
Nº 80	0.180	136.40	31.36	85.79	14.21
Nº 200	0.075	26.80	6.16	91.95	8.05
< Nº 200	FONDO	35.00	8.05	100.00	0.00
		435.0	100.0		

Fuente: Laboratorio EPICRET

Los dos agregados se combinan en distintas proporciones para encontrar una mezcla de granulometría que cumpla con los requisitos establecidos en el MAC 2 del "Manual de Carreteras - Especificaciones Generales para la Construcción EG-2013" sección 423, en donde se obtuvo una relación de 43% agregado grueso y 57% agregado fino, el resultado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27: Mezcla de agregados

AGREGADOS	CANTIDAD EN PORCENTAJE
Grava triturada TM ¾"	43%
Arena triturada	52.3%
Filler	4.7%
Especificaciones de Gradación	MAC – 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Mezcla asfáltica

Especificaciones de Gradación	MAC – 2
Tipo de Asfalto	PEN 60/70
% óptimo de asfalto residual	5.40

Fuente: Elaboración propia

Luego de diseñar la mezcla para preparar 3 briquetas para cada porcentaje de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de cemento asfáltico, se evalúa el peso del material, ya que se incluye en cada briketa de las muestras estándar para obtener un contenido óptimo de betún y para posteriormente a esta mezcla incorporarle el PET y el PVC reciclado.

Tabla 29. Peso de materiales

% Asfalto	5.0	5.5	6.0	6.5
Peso asfalto	60.0	66.00	72.00	78.00
Peso grava	490.20	487.62	485.04	482.46
Peso arena	644.1	640.71	637.32	633.93
Filler	5.70	5.67	5.64	5.61
Peso de la briketa	1200.00			

Fuente: Elaboración propia

La adición de PET y PVC reciclado en la mezcla asfáltica en caliente, fueron realizadas en los siguientes porcentajes de 1%, 3% y 5% en reemplazo al peso total de los agregados. El PET y PVC fueron cortados a copos pequeños y luego reducidos a su tamaño final pasando por un proceso de trituración, para posteriormente tamizarlo, siendo utilizado el material que pasa por el tamiz N°4 y que queda retenido en el tamiz N°10, es decir de un tamaño de partículas que van desde 4.750 mm hasta 2.00 mm. Para poder entender los efectos de la incorporación de partículas PET y PVC recicladas en la mezcla, se mantuvo el contenido de ligante constante para cada combinación correspondiendo a la cantidad óptima de ligante utilizada en la mezcla de referencia de 5.40%.

Tabla 30. Análisis Granulométrico Global

TAMIZ	ABERTURA (mm)	COMBINACIÓN DE AGREGADOS			ESPECIF. MAC - 2
		%RET	%RET ACUM	% QUE PASA	
3"	76.200	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00	100 - 100
1/2"	12.500	18.77	18.77	81.23	80 - 100
3/8"	9.500	8.36	27.12	72.88	70 - 88
N4	4.750	13.35	40.48	59.52	51 - 68
N10	2.000	9.88	50.36	49.64	38 - 52
N40	0.425	23.05	73.40	26.60	17 - 28
N80	0.180	18.09	91.49	8.51	8 - 17
N200	0.075	3.83	95.33	4.67	4 - 8
FONDO	-	4.67	100.00	0.00	
		100.00			

Fuente: Elaboración Propia

Se puede mostrar la curva de tamaño de partícula; la cual cumple con los estándares MAC para la medición del tamaño de partícula de mezclas asfálticas.

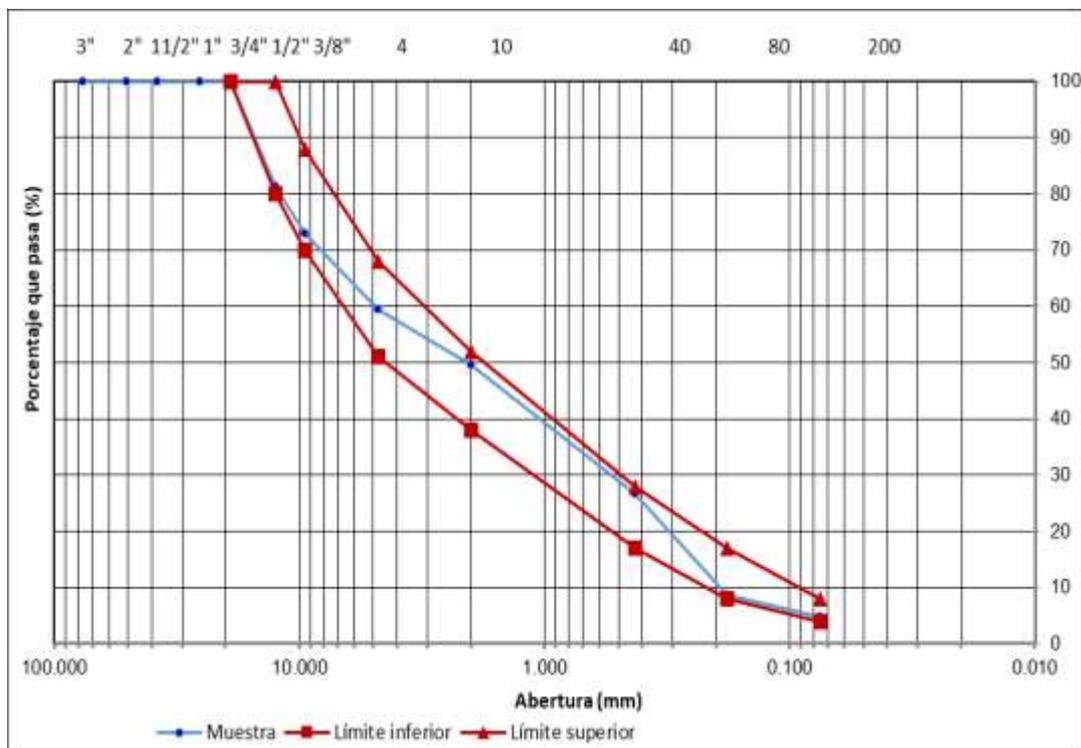


Figura 29: Curva granulométrica de agregados

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Ensayo Marshall (5.0 % C.A)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.00			
%Grava en peso de la Mezcla	40.85			
%Arena en peso de la Mezcla	49.69			
%Filler en peso de la Mezcla	4.47			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Específico del Filler (Aparente) gr/cm3	2.64			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1166	1165	1160	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1172	1172	1166	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	654	650	646	
Volumen de la briqueta	518	522	520	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.251	2.232	2.231	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.238			
Peso específico máximo - Rice	2.366			
% de Vacíos de aire	4.86	5.67	5.72	
% De vacíos promedio	5.4			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.62			
Peso específico efectivo agregado total	2.54			
Asfalto absorbido por el agregado	1.18			
% de Asfalto Efectivo	3.88			
Relación Polvo/Asfalto	0.89			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	18.27	18.96	19.00	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	18.7			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	73.39	70.09	69.92	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	71.1			
Flujo (mm)	2.64	2.44	2.59	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	10.56	9.76	10.36	
Flujo promedio	10.2			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	1393.7	1132.1	1061.6	
Factor de Corrección para Estabilidad	1.00	1.00	1.00	
Estabilidad Corregida (kg)	1393.70	1132.10	1061.60	
Estabilidad corregida promedio (kg)	1195.8			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	5279	4640	4099	
Estabilidad/Flujo promedio (kg/cm)	4677			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Ensayo Marshall (5.5 % C.A)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.50			
%Grava en peso de la Mezcla	40.63			
%Arena en peso de la Mezcla	49.42			
%Filler en peso de la Mezcla	4.44			
Peso Especifico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Especifico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Especifico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cm3	2.64			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1170	1187	1144	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1178	1193	1151	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	653	664	641	
Volumen de la briqueta	525	529	510	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.229	2.244	2.243	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.239			
Peso específico máximo - Rice	2.348			
% de Vacíos de aire	5.09	4.44	4.47	
% De vacíos promedio	4.7			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.62			
Peso específico efectivo agregado total	2.54			
Asfalto absorbido por el agregado	1.21			
% de Asfalto Efectivo	4.35			
Relación Polvo/Asfalto	0.81			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	19.51	18.96	18.98	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	19.1			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	73.93	76.60	76.47	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	75.7			
Flujo (mm)	2.82	3.07	2.97	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	11.28	12.28	11.88	
Flujo promedio	11.8			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	1063.7	830.3	668.5	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.96	0.96	1.00	
Estabilidad Corregida (kg)	1021.15	797.09	668.50	
Estabilidad corregida promedio (kg)	828.9			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	3621	2596	2251	
Estabilidad/Flujo promedio (kg/cm)	2805			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Ensayo Marshall (6.0 % C.A)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	6.00			
%Grava en peso de la Mezcla	40.42			
%Arena en peso de la Mezcla	49.16			
%Filler en peso de la Mezcla	4.42			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Específico del Filler (Aparente) gr/cm3	2.64			
Peso de la briketa al aire (gr)	1209	1183	1182	
Peso de la briketa SSS al aire (gr)	1215	1190	1188	
Peso de la briketa SSS sumergida (gr)	679	668	661	
Volumen de la briketa	536	522	527	
Peso específico Bulk de la briketa	2.256	2.266	2.243	
Peso específico Bulk promedio de la briketa (gr/cm3)	2.255			
Peso específico máximo - Rice	2.34			
% de Vacíos de aire	3.61	3.15	4.15	
% De vacíos promedio	3.6			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.62			
Peso específico efectivo agregado total	2.55			
Asfalto absorbido por el agregado	1.05			
% de Asfalto Efectivo	5.01			
Relación Polvo/Asfalto	0.74			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	18.96	18.58	19.42	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	19.0			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	80.98	83.04	78.63	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	80.9			
Flujo (mm)	3.38	3.12	3.25	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	13.52	12.48	13.00	
Flujo promedio	13.0			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	790.8	716.9	541	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.93	1.00	0.96	
Estabilidad Corregida (kg)	735.44	716.90	519.36	
Estabilidad corregida promedio (kg)	657.2			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	2176	2298	1598	
Estabilidad/Flujo promedio (kg/cm)	2022			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Ensayo Marshall (6.5 % C.A)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	6.50			
%Grava en peso de la Mezcla	40.20			
%Arena en peso de la Mezcla	48.90			
%Filler en peso de la Mezcla	4.40			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm ³	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm ³	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm ³	2.64			
Peso Específico del Filler (Aparente) gr/cm ³	2.64			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1185	1204	1193	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1190	1209	1198	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	671	685	678	
Volumen de la briqueta	519	524	520	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.283	2.298	2.294	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm ³)	2.292			
Peso específico máximo - Rice	2.338			
% de Vacíos de aire	2.34	1.72	1.87	
% De vacíos promedio	2.0			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.62			
Peso específico efectivo agregado total	2.57			
Asfalto absorbido por el agregado	0.77			
% de Asfalto Efectivo	5.78			
Relación Polvo/Asfalto	0.68			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	18.41	17.89	18.01	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	18.1			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	87.27	90.37	89.61	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	89.1			
Flujo (mm)	3.76	3.68	3.66	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	15.04	14.72	14.64	
Flujo promedio	14.8			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	702.2	882.2	915.9	
Factor de Corrección para Estabilidad	1.00	0.96	1.00	
Estabilidad Corregida (kg)	702.20	846.91	915.90	
Estabilidad corregida promedio (kg)	821.7			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1868	2301	2502	
Estabilidad/Flujo promedio (kg/cm)	2221			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACIÓN ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO

Tabla 35: Datos de las proporciones

DATOS DE LAS PROPORCIONES				
% C.A.	5.0	5.5	6.0	6.5
P.U. BRIQUETA	2.24	2.24	2.26	2.29
VACIOS	5.4	4.7	3.6	2.0
V.M.A.	18.7	19.1	19.0	18.1
V.F.A.	71.1	75.7	80.9	89.1
POLVO / ASF.	0.89	0.81	0.74	0.68
FLUJO	10.2	11.8	13.0	14.8
ESTABILIDAD	1195.8	828.9	657.2	821.7

Fuente: Elaboración propia

Se elaboraron los gráficos para poder encontrar el contenido óptimo de cemento asfáltico.

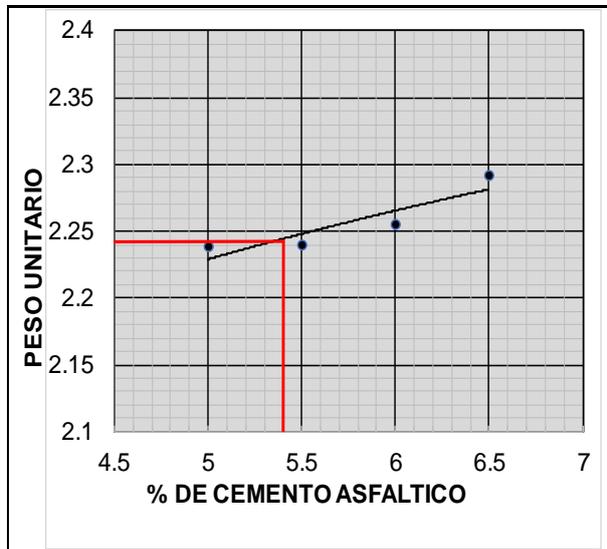


Figura 30. Grafica de peso unitario

Fuente: Elaboración propia

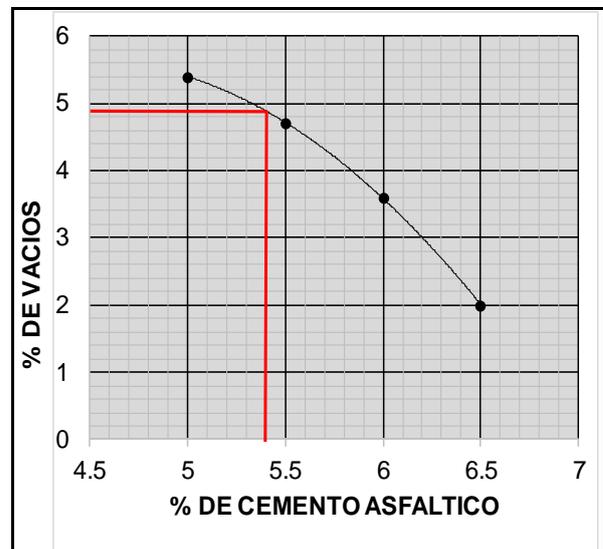


Figura 31. Grafica de % de vacíos

Fuente: Elaboración propia

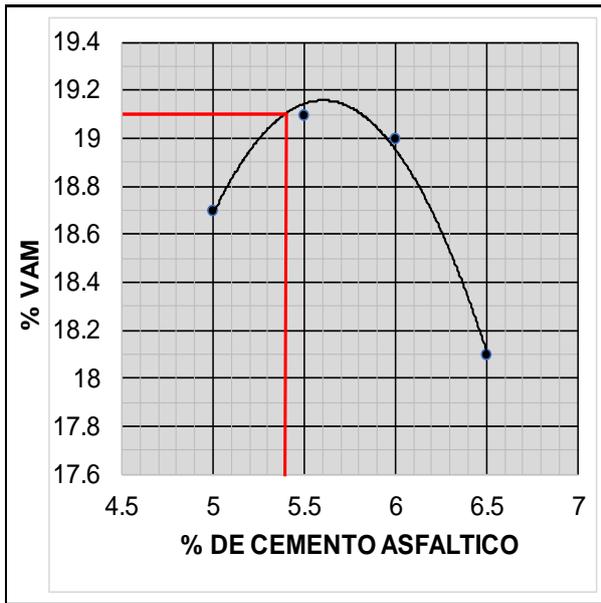


Figura 32. Gráfica de V.M.A.

Fuente: Elaboración propia

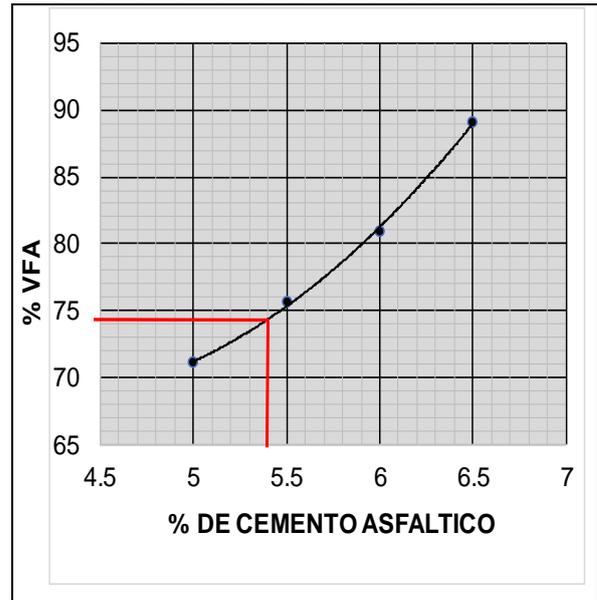


Figura 33. Gráfica de % de V.F.A.

Fuente: Elaboración propia

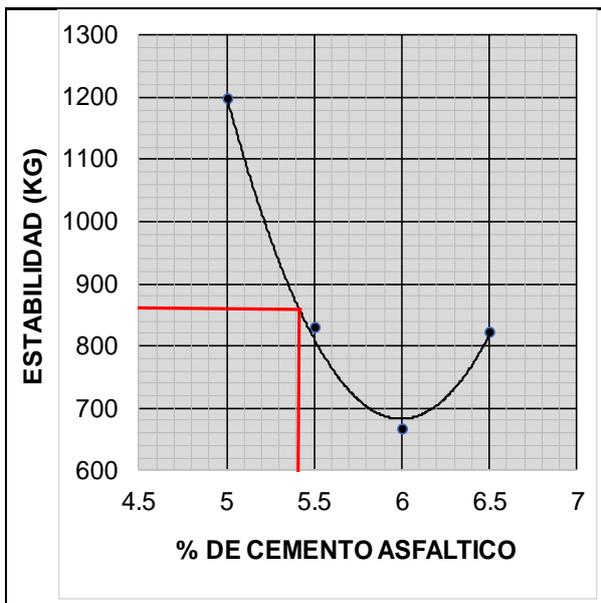


Figura 34. Gráfica de estabilidad

Fuente: Elaboración propia

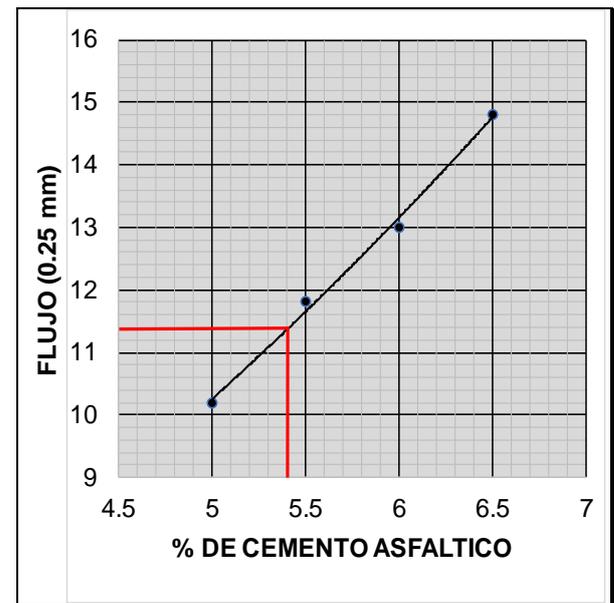


Figura 35. Gráfica de fluencia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: *Características Marshall*

CARACTERÍSTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACIÓN
CONTENIDO ÓPTIMO DE C.A. (%)	5.4	NA
MASA VOLUMETRICA MARSHALL EN GRS/CM ³	2.236	NA
VACÍOS DE AIRE EN (%)	4.8	3 a 5
VACÍOS EN AGREGADO MINERAL V.M.A. EN (%)	19.1	15 MIN
VACÍOS OCUPADOS POR EL ASFALTO V.F.A. EN (%)	75	NA
POLVO/ ASFALTO	0.8	0.6 a 1.3
ESTABILIDAD MARSHALL (KG)	860.0	830 MIN
FLUENCIA (0.25mm)	11.4	8 a 14

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE PORCENTAJES DE VACÍOS EN MEZCLA PATRÓN

Tabla 37: *Resultados de porcentajes de vacíos patrón*

CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	% DE VACÍOS
5.00%	5.4
5.50%	4.7
6.00%	3.6
6.50%	2
5.40%	4.8

Fuente: Elaboración propia

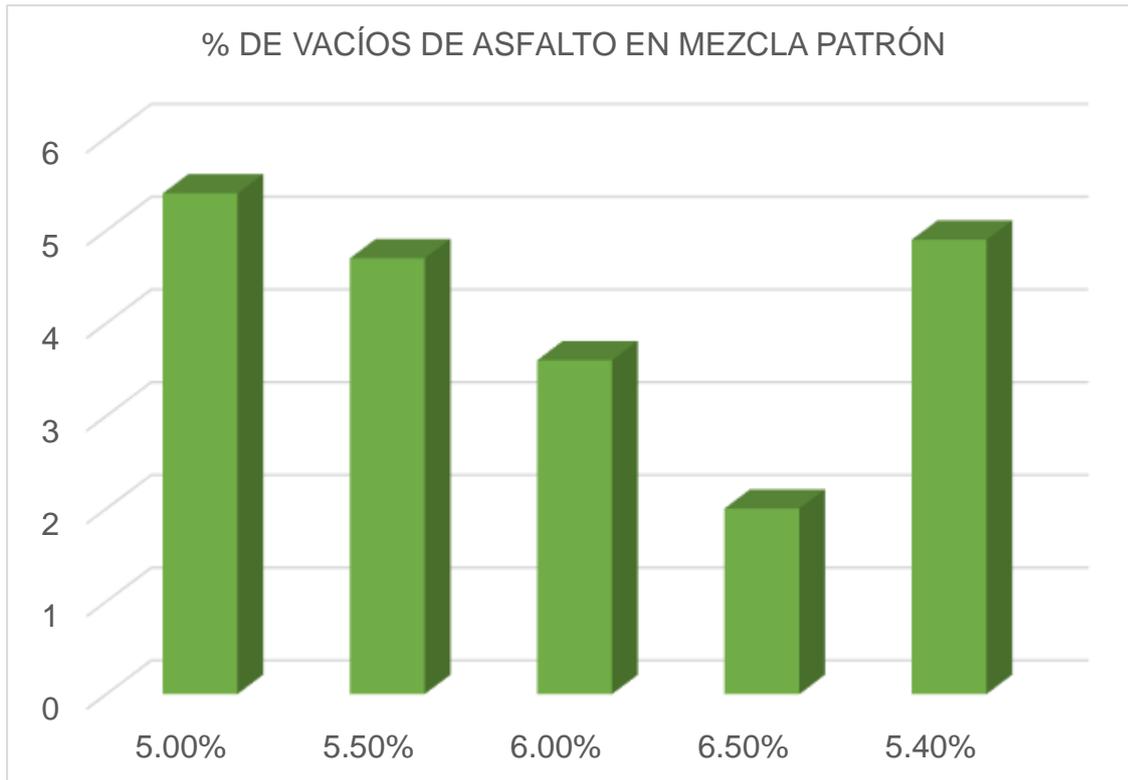


Figura 36: Gráfico de resultados de % de vacíos en el asfalto - patrón

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - El cuadro comparativo respectivo muestra la relación de vacíos para cada diseño compuesto, en diferentes porcentajes de C.A.: 5,0%, 5,5%, 6,0% y 6,5%. Observamos que en un contenido de cemento bituminoso de 5.0% la mezcla tiene una relación de vacíos de 5.4 %, continuando con cemento bituminoso de 5.5% encontramos que la mezcla nos da una relación de vacíos es de 4.7%, con 6.0% de CA comprobamos que la mezcla asfáltica obtenida un porcentaje de poros de 3.6%, en 6,5% de CA en el cual la mezcla asfáltica obtuvo una relación de vacíos de 2.0%. Finalmente, en el cemento asfáltico al 5.4%, el asfalto patrón tiene un contenido de vacíos del 4.8%.

RESULTADOS DE FLUJO EN MEZCLA PATRÓN

Tabla 38: Resultados de flujo patrón

CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	FLUENCIA
5.00%	10.2
5.50%	11.8
6.00%	13
6.50%	14.8
5.40%	11.4

Fuente: Elaboración propia

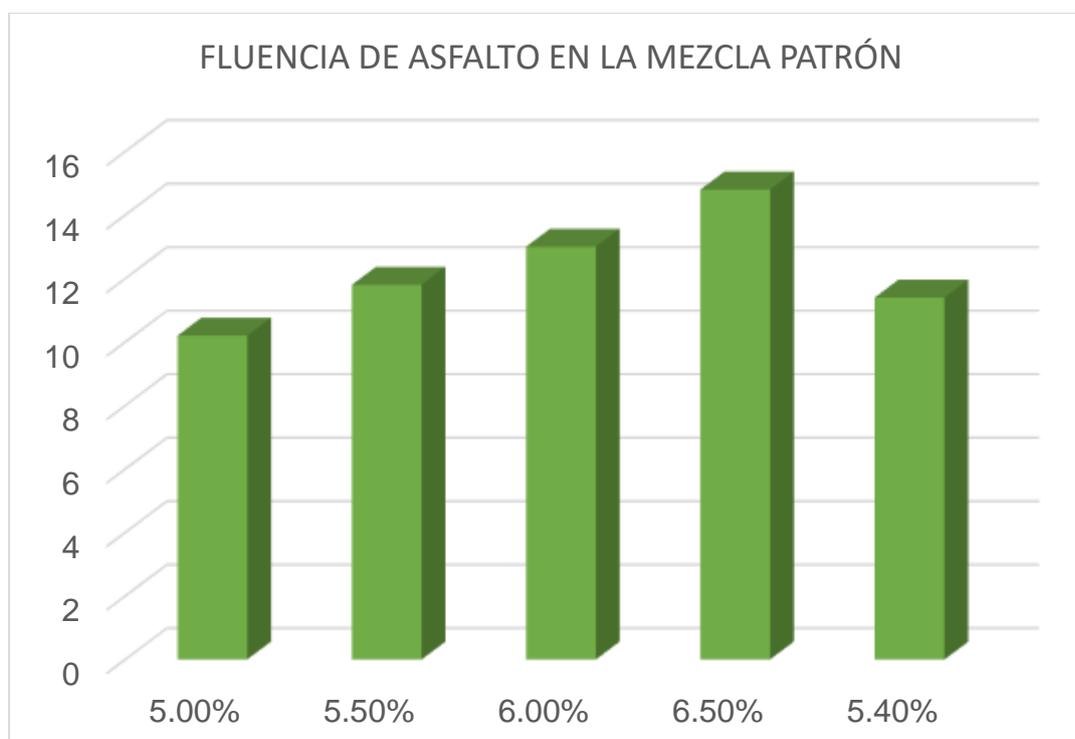


Figura 37: Gráfico de resultados de flujo en el asfalto - patrón

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - El cuadro de comparación muestra los valores de flujo para cada diseño compuesto, con diferentes porcentajes de CA: 5,0%, 5,5%, 6,0% y 6,5%. Se puede observar que al 5,0% de cemento asfáltico la fluencia de la mezcla asfáltica es de 10,2, continuando con el 5,5% de cemento asfáltico encontramos que la mezcla asfáltica da una fluencia de 11,8, y verificamos la fluencia de la mezcla

asfáltica al 6.0% de C.A., la cual fue de 13.0 y 6.5% en C.A., la fluencia de la mezcla asfáltica dio como resultado 11.4. Finalmente, el cemento asfáltico al 5.40 % dio un valor de 11.4 (0.25 mm) en nuestra mezcla patrón.

RESULTADOS DE ESTABILIDAD EN MEZCLA PATRÓN

Tabla 39: Resultados de estabilidad Marshall patrón

CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	ESTABILIDAD EN KG
5.00%	1,196
5.50%	829
6.00%	665
6.50%	822
5.40%	860

Fuente: Elaboración propia

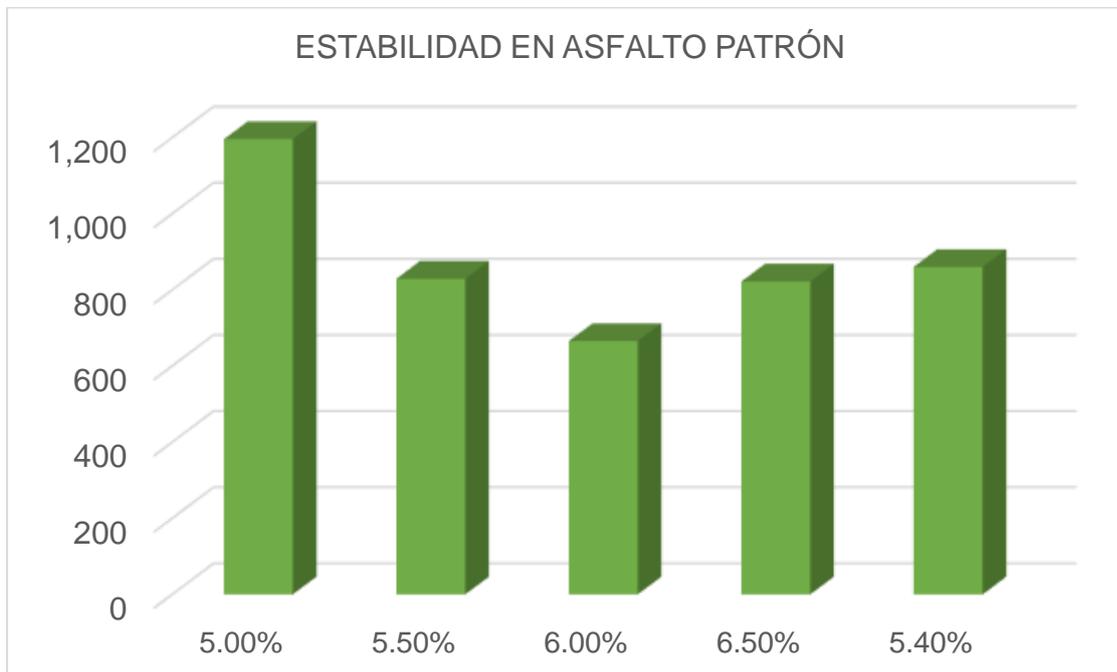


Figura 38: Gráfico de resultados de estabilidad en el asfalto - patrón

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - Los gráficos de comparación correspondientes muestran la estabilidad de cada diseño compuesto en diferentes porcentajes de CA: 5.0 %,

5.5 %, 6.0 % y 6.5 %. Se puede apreciar que con 5.0% cemento asfáltico la mezcla asfáltica alcanzó una estabilidad de 1196 kg, continuando con 5.5% cemento asfáltico encontramos que la mezcla asfáltica nos dio 829 kg de estabilidad, con 6.0% CA se comprobó que el asfalto alcanzó una estabilidad de 665 kg, y al 6.5% CA, la estabilidad de la mezcla asfáltica fue de 822 kg. Finalmente, con 5.40% de cemento asfáltico, nuestra muestra estándar tiene una estabilidad de 860 kg.

Objetivo 1:

Determinar la influencia del PET y PVC reciclado sobre el porcentaje de vacíos en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

Prueba de Marshall para % de Vacíos

En que se basa el ensayo: Encontrar el % de vacíos ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON + 1.0% de PET b) PATRON + 3.0% de PET c) PATRON + 5.0% de PET y detectar si el PET reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto al % de vacíos.

Evidencia Fotográfica



Figura 39: Medición de los agregados
Fuente: Elaboración propia



Figura 40: Incorporación del PET reciclado
Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Resultados de porcentajes de vacíos

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE VACÍOS
Patrón	4.5
1.0% PET	6.1
3.0% PET	9.5
5.0% PET	12.0

Fuente: Elaboración propia

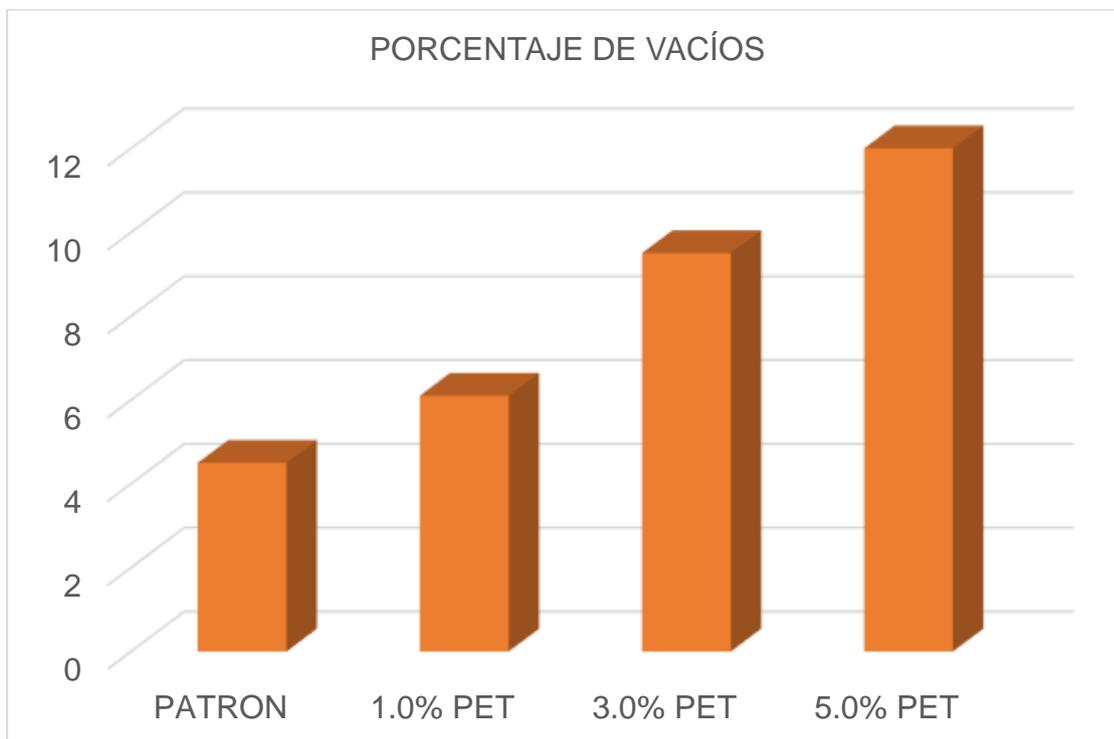


Figura 41: Gráfico de % de vacíos con incorporación de PET

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para este caso, se realizó una prueba de Marshall para determinar los porcentajes de vacíos, incluidos los porcentajes variables de PET reciclado, obteniendo inicialmente un 4.3 % de vacíos en nuestras muestras de betún, sin embargo, al combinar 1.0 % de PET reciclado, se obtuvo 6.1% de vacíos y 3.0% de PET reciclado, resultó 9.7% de porosidad, al hacer 5.0% de PET reciclado, se obtuvo 12.0% de porosidad, lo que significa que no cumple con los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica porque se han incrementado y la norma indica que debe estar entre el 3% y el 5%.

Prueba de Marshall para % de Vacíos

En que se basa el ensayo: Encontrar el % de vacíos ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON + 1.0% de PVC b) PATRON + 3.0% de PVC c) PATRON + 5.0% de PVC y detectar si el PVC reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto al % de vacíos.

Evidencia Fotográfica



Figura 42: Medición de loa agregados
Fuente: Elaboración propia

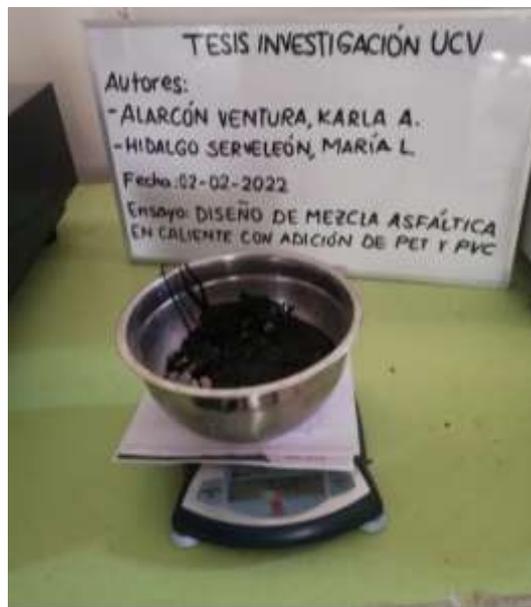


Figura 43: Medición del cemento asfaltico
Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Resultados de porcentajes de vacíos

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE VACÍOS
Patrón	4.4
1.0% PVC	5.5
3.0% PVC	8.0
5.0% PVC	10.0

Fuente: Elaboración propia

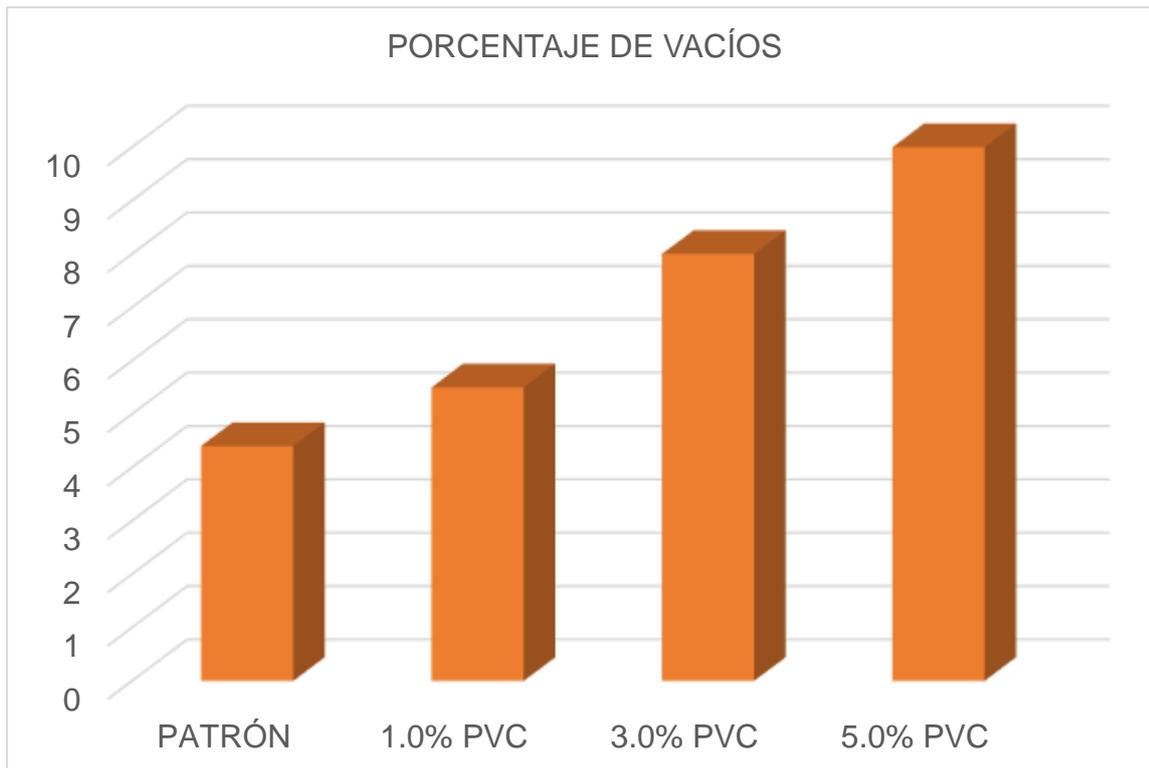


Figura 44: Gráfico de % de vacíos con incorporación de PVC

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para este caso, se realizó una prueba de Marshall para determinar la fracción de vacíos, incluyendo porcentajes variables de PVC reciclado, obteniendo inicialmente un 4.4 % de vacíos en nuestras muestras de asfalto. Sin embargo, al agregar 1.0 % de PVC reciclado, dio 5.5 % de vacíos, con 3.0% de PVC reciclado, arrojó 8.0% de vacíos, cuando se agregó 5.0% de PVC reciclado, dio 10.0% de porosidad, esto quiere decir que no cumple con los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica ya que se han incrementado y la norma indica que se debe estar entre el 3% y el 5%.

Objetivo 2:

Determinar influencia del PET y PVC reciclado sobre la fluencia en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

Prueba de Marshall para la fluencia

En que se basa el ensayo: Encontrar la fluencia ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON + 1.0% de PET b) PATRON + 3.0% de PET

c) PATRON + 5.0% de PET y detectar si el PET reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la fluencia.

Evidencia Fotográfica



Figura 45: Adición del PET reciclado
Fuente: Elaboración propia



Figura 46: Briquetas con PET adicionado
Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Resultados de fluencia

DESCRIPCION	FLUENCIA
Patrón	10.3
1.0% PET	11.0
3.0% PET	12.6
5.0% PET	14.5

Fuente: Elaboración propia

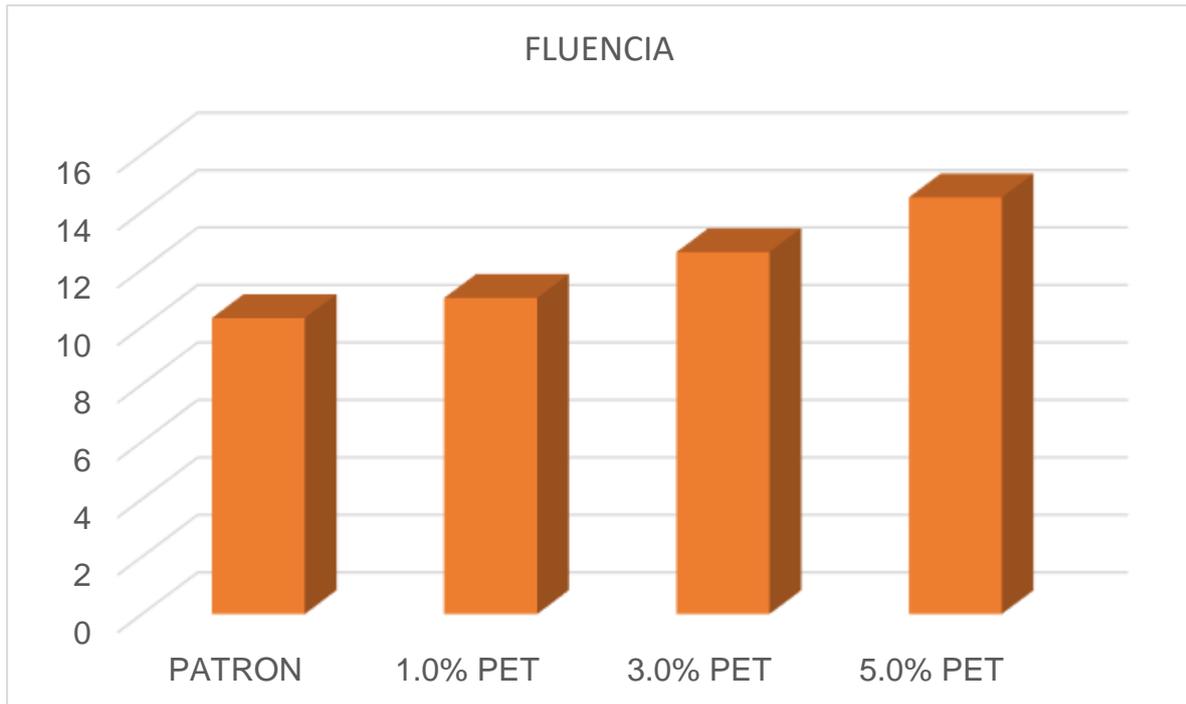


Figura 47: Gráfico de fluencia con incorporación de PET

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este caso se ejecutó la prueba de Marshall para identificar la fluencia, se ha introducidos distintas porciones de plástico reciclado PET, en un inicio en nuestra muestra de asfalto Patrón arrojó 10.3 (0.25 mm) de fluencia, sin embargo, en el proceso de integración al 1.0% de PET reciclado dio el valor de 11.0 (0.25 mm) de fluencia, con un 3.0% de PET reciclado arrojó un valor de 12.6 (0.25 mm) de fluencia y al incorporar el 5.0% de PET reciclado dio una fluencia de 14.5 (0.25 mm), dando el hallazgo que con la adición de PET reciclado, la fluencia aumenta, la cual sigue los parámetros de diseño que indican que debe estar entre 8 y 14, con excepción de la muestra con 5.0% de PET reciclado, el cual sobrepasa el límite con 14.5 (0.25mm) de fluencia.

Prueba de Marshall para la fluencia

En que se basa el ensayo: Encontrar la fluencia ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON + 1.0% de PVC b) PATRON + 3.0% de PVC c) PATRON + 5.0% de PVC y detectar si el PVC reciclado aporta favorablemente a

la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la fluencia.

Evidencia Fotográfica



Figura 48: Adición del PVC reciclado
Fuente: Elaboración propia



Figura 49: Mezcla de los agregados con CA
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Resultados de fluencia

DESCRIPCIÓN	FLUENCIA
Patrón	10.6
1.0% PVC	11.7
3.0% PVC	14.3
5.0% PVC	14.5

Fuente: Elaboración propia

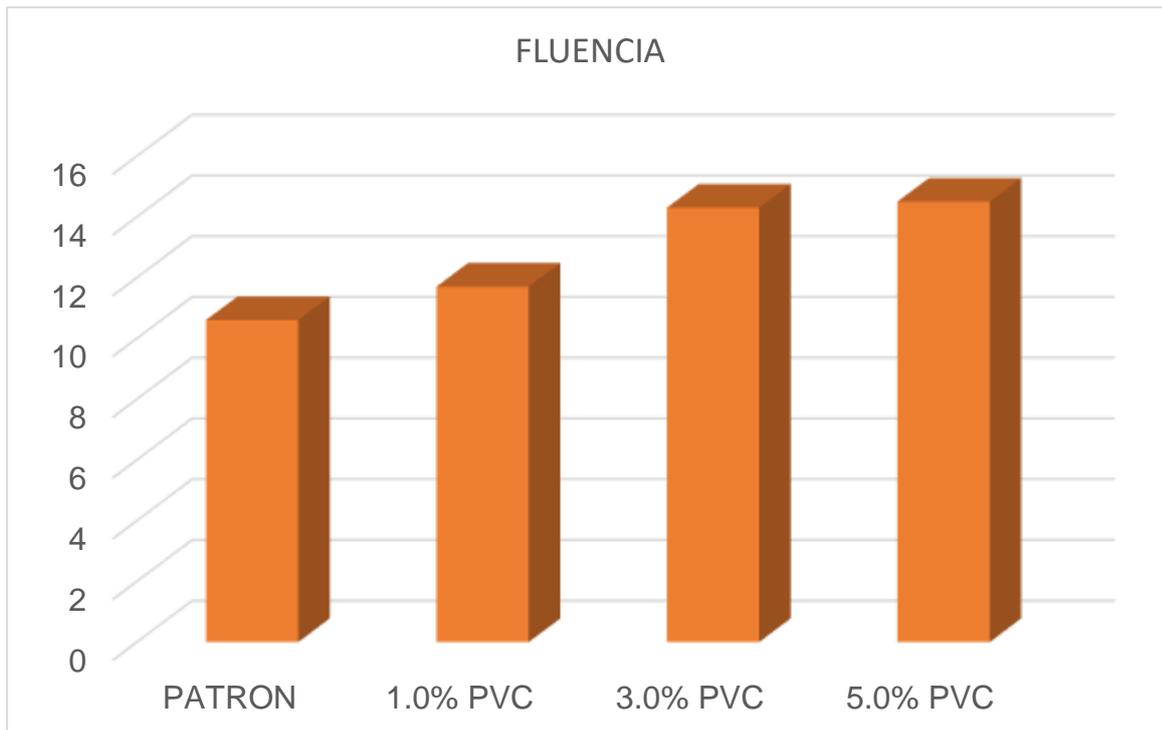


Figura 50: Gráfico de fluencia con incorporación de PVC

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este caso se ejecutó la prueba de Marshall para identificar la fluencia, se ha introducidos distintas porciones de PVC reciclado, en un inicio en nuestra muestra de asfalto Patrón arrojó 10.6 (0.25 mm) de fluencia, sin embargo, en el proceso de integración al 1.0% de PVC reciclado dio el valor de 11.7 (0.25 mm) de fluencia, con un 3.0% de PVC reciclado arrojó un valor de 14.3 (0.25 mm) de fluencia y al incorporar el 5.0% de PVC reciclado dio una fluencia de 14.5 (0.25 mm), dando el hallazgo que al incorporar el PVC reciclado se aumentó el flujo, de los cuales solo cumple con los parámetros de diseño el asfalto con 1.0% de PVC reciclado, estando entre 8 a 14 de Flujo según la norma, mientras que los asfaltos con 3.0% y 5.0% de PVC reciclado, sobrepasan el límite con 14.3 (0.25mm) y 14.5 (0.25mm) de fluencia respectivamente.

Objetivo 3:

Determinar la influencia del PET y PVC reciclado sobre la estabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

Prueba de Marshall para la estabilidad

En que se basa el ensayo: Encontrar la estabilidad ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON + 1.0% de PET b) PATRON + 3.0% de PET c) PATRON + 5.0% de PET y detectar si el PET reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la estabilidad.

Evidencia Fotográfica



Figura 51: Desmolde de la briqueta
Fuente: Elaboración propia

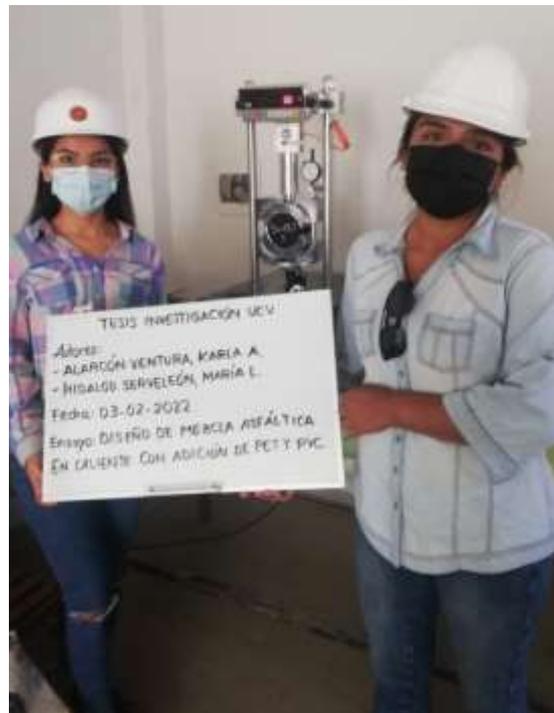


Figura 52: Estabilidad Marshall con PET
Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Resultados de estabilidad

DESCRIPCIÓN	ESTABILIDAD
Patrón	866.8
1.0% PET	913.2
3.0% PET	774.9
5.0% PET	645.7

Fuente: Elaboración propia

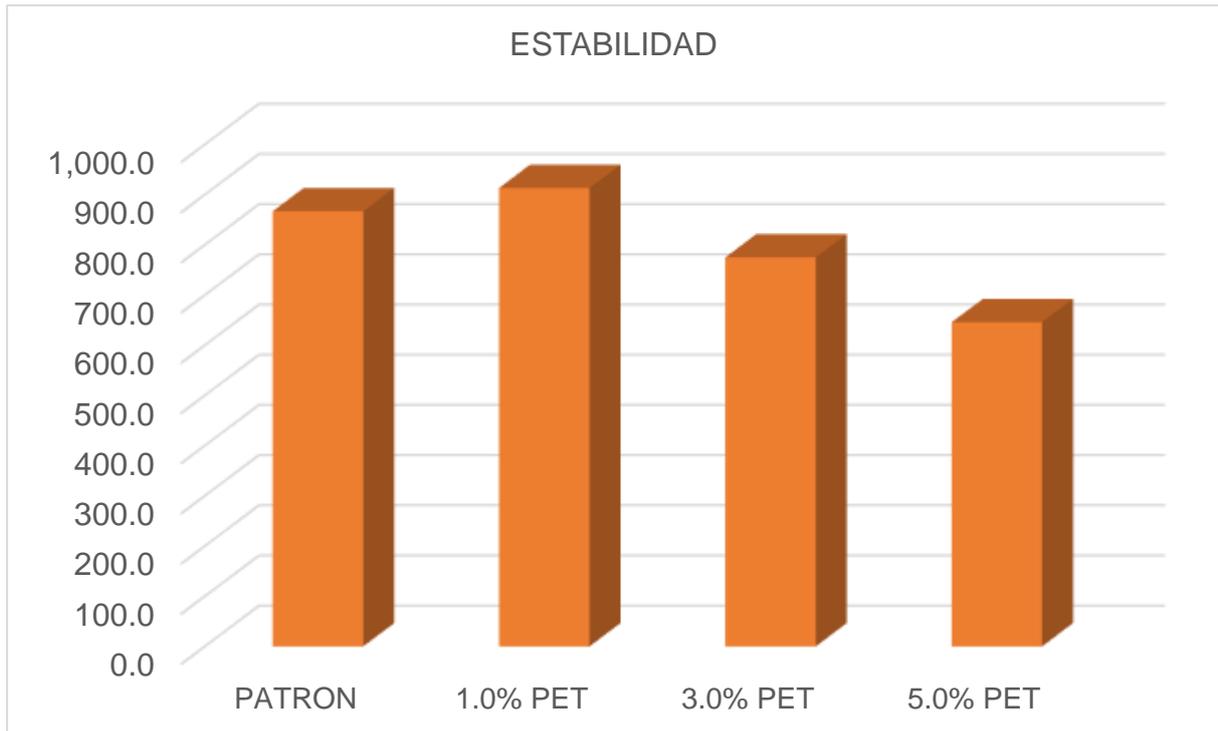


Figura 53: Gráfico de estabilidad con incorporación de PET

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En esta ocasión se realizó la prueba de Marshall para determinar la estabilidad, inicialmente se introdujeron diferentes porcentajes de PET en nuestro asfalto Patrón, logrando en este 866.8 kg de estabilidad, sin embargo al combinar 1.0% PET se obtuvo 913.2 kg de estabilidad, con 3.0% de PET logrando 774.9 kg de estabilidad y al realizar 5.0% de PET arrojó 645.7 kg de estabilidad, esto demuestra que al incorporar PET al 1.0% se obtuvo un aumento de estabilidad de 913.2 kg en comparación con nuestra mezcla convencional un valor de 866.8 kg, lo cual de hecho es consistente con los parámetros de diseño, ya que indica que la estabilidad debe ser de al menos 830 kg, lo contrario ocurrió al reemplazar el agregado con PET al 3% y 5%, ya que disminuyó la estabilidad.

Prueba de Marshall para la estabilidad

En que se basa el ensayo: Encontrar la estabilidad ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON + 1.0% de PVC b) PATRON + 3.0% de PVC c) PATRON + 5.0% de PVC y detectar si el PVC reciclado aporta

favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la estabilidad.

Evidencia Fotográfica



Figura 54: Briqueta con adición de PVC
Fuente: Elaboración propia



Figura 55: Estabilidad Marshall con PVC
Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Resultados de estabilidad

DESCRIPCIÓN	ESTABILIDAD
Patrón	914.6
1.0% PVC	1054.6
3.0% PVC	885.4
5.0% PVC	916.0

Fuente: Elaboración propia

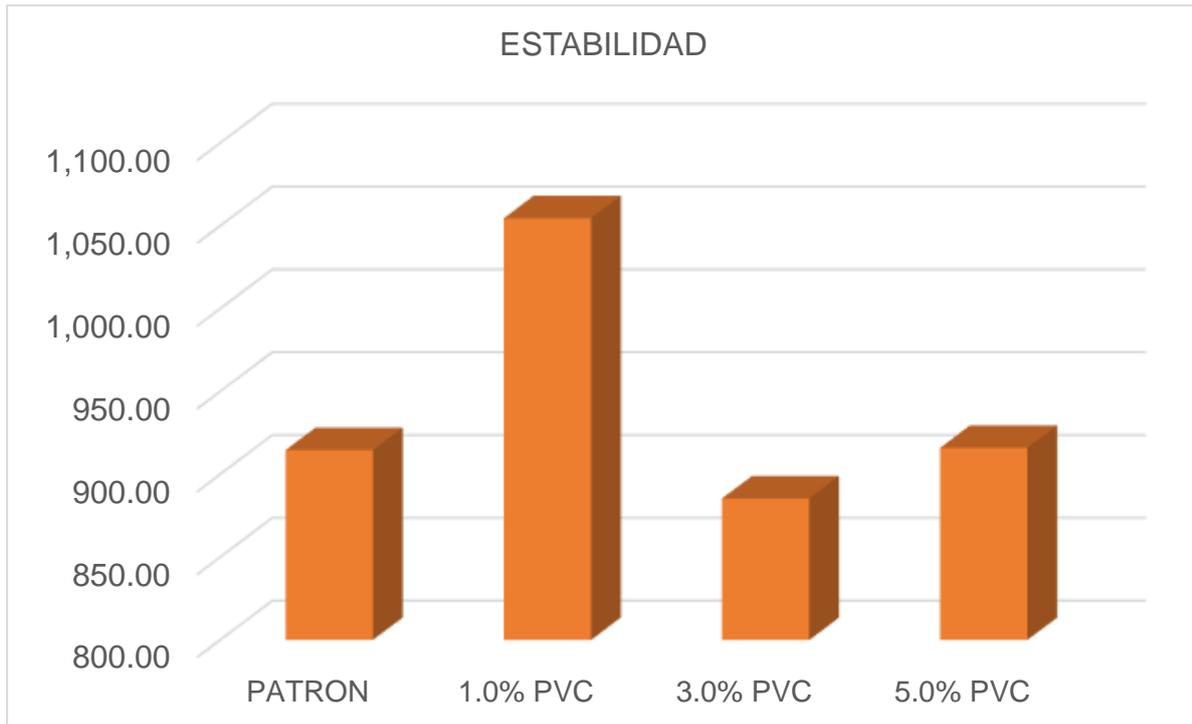


Figura 56: Gráfico de estabilidad con incorporación de PVC

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este caso, se realizó una prueba de Marshall para determinar la estabilidad, incluyendo porcentajes variables de PVC reciclado, alcanzando inicialmente una estabilidad de 914 kg en nuestra muestra de betón patrón, sin embargo, cuando se agregó 1.0% de PVC reciclado, arrojó una estabilidad de 1054.6 kg., con un 3.0% de PVC reciclado dio 885.4 kg de estabilidad, y cuando se implementó 5.0% de PVC reciclado dio como resultado 916.0 kg de estabilidad, lo que demuestra que la adición de 1.0% y 5.0% de PVC reciclado aumentó la estabilidad a 1054.6 kg y 916 kg respectivamente con respecto a la mezcla convencional, que dio como resultado un valor de 914.6 kg, que en realidad está dentro de los parámetros de diseño ya que indica que la estabilidad debe ser de al menos 830 kg.

Tabla 46: Ensayo Marshall (1.0 % PET)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.40			
%PET en peso de la Mezcla	0.95			
%Grava en peso de la Mezcla	40.27			
%Arena en peso de la Mezcla	48.98			
%Filler en peso de la Mezcla	4.4			
Peso Especifico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Especifico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Especifico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Especifico del Filler gr/cm3	2.64			
Peso Especifico del PET gr/cm3	1.39			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1201	1190	1191	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1207	1195	1195	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	655	658	659	
Volumen de la briqueta	552	537	536	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.176	2.216	2.222	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.205			
Peso específico máximo - Rice	2.347			
% de Vacíos de aire	7.30	5.58	5.33	
% De vacíos promedio	6.1			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.59			
Peso específico efectivo agregado total	2.53			
Asfalto absorbido por el agregado	0.92			
% de Asfalto Efectivo	4.48			
Relación Polvo/Asfalto	0.90			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	20.64	19.17	18.95	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	19.6			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	64.64	70.88	71.90	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	69.1			
Flujo (mm)	2.54	2.72	3.00	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	10.16	10.88	12.00	
Flujo promedio	11.0			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	940	981.2	1064.9	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.89	0.93	0.93	
Estabilidad Corregida (kg)	836.60	912.52	990.36	
Estabilidad corregida promedio (kg)	913.2			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	3294	3355	3301	
Promedio Estabilidad/flujo (kg/cm)	3318			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Ensayo Marshall (3.0 % PET)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.40			
%PET en peso de la Mezcla	2.84			
%Grava en peso de la Mezcla	39.46			
%Arena en peso de la Mezcla	47.99			
%Filler en peso de la Mezcla	4.31			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Específico del Filler gr/cm3	2.64			
Peso Específico del PET gr/cm3	1.39			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1194	1200	1183	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1203	1207	1190	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	634	642	634	
Volumen de la briqueta	569	565	556	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.098	2.124	2.128	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.117			
Peso específico máximo - Rice	2.338			
% de Vacíos de aire	10.25	9.16	8.99	
% De vacíos promedio	9.5			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.55			
Peso específico efectivo agregado total	2.52			
Asfalto absorbido por el agregado	0.41			
% de Asfalto Efectivo	4.99			
Relación Polvo/Asfalto	0.90			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	22.12	21.17	21.03	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	21.4			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	53.67	56.75	57.23	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	55.9			
Flujo (mm)	2.92	3.38	3.15	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	11.68	13.52	12.60	
Flujo promedio	12.6			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	713.1	1076.7	882.7	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.86	0.86	0.89	
Estabilidad Corregida (kg)	613.27	925.96	785.60	
Estabilidad corregida promedio (kg)	774.9			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	2100	2740	2494	
Promedio Estabilidad/flujo (kg/cm)	2461			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Ensayo Marshall (5.0 % PET)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.40			
%PET en peso de la Mezcla	4.73			
%Grava en peso de la Mezcla	38.64			
%Arena en peso de la Mezcla	47.01			
%Filler en peso de la Mezcla	4.22			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Específico del Filler gr/cm3	2.64			
Peso Específico del PET gr/cm3	1.39			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1171	1190	1189	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1183	1198	1197	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	598	624	621	
Volumen de la briqueta	585	574	576	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.002	2.073	2.064	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.046			
Peso específico máximo - Rice	2.325			
% de Vacíos de aire	13.90	10.83	11.22	
% De vacíos promedio	12.0			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.51			
Peso específico efectivo agregado total	2.51			
Asfalto absorbido por el agregado	0.02			
% de Asfalto Efectivo	5.38			
Relación Polvo/Asfalto	0.90			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	24.43	21.74	22.07	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	22.7			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	43.09	50.17	49.19	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	47.5			
Flujo (mm)	3.68	3.81	3.40	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	14.72	15.24	13.60	
Flujo promedio	14.5			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	483.8	985.9	864.3	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.83	0.83	0.83	
Estabilidad Corregida (kg)	401.55	818.30	717.37	
Estabilidad corregida promedio (kg)	645.7			831 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1091	2148	2110	
Promedio Estabilidad/flujo (kg/cm)	1778			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Ensayo Marshall (1.0 % PVC)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.40			
%PVC en peso de la Mezcla	0.95			
%Grava en peso de la Mezcla	40.27			
%Arena en peso de la Mezcla	48.98			
%Filler en peso de la Mezcla	4.4			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Específico del Filler gr/cm3	2.64			
Peso Específico del PVC gr/cm3	1.41			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1191	1194	1199	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1196	1200	1206	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	660	665	662	
Volumen de la briqueta	536	535	544	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.222	2.232	2.204	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.219			
Peso específico máximo - Rice	2.349			
% de Vacíos de aire	5.41	4.99	6.17	
% De vacíos promedio	5.5			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.59			
Peso específico efectivo agregado total	2.54			
Asfalto absorbido por el agregado	0.89			
% de Asfalto Efectivo	4.51			
Relación Polvo/Asfalto	0.90			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	18.96	18.61	19.62	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	19.1			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	71.49	73.18	68.55	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	71.1			
Flujo (mm)	2.92	2.77	3.10	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	11.68	11.08	12.40	
Flujo promedio	11.7			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	1125.3	1186.8	1052	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.93	0.96	0.93	
Estabilidad Corregida (kg)	1046.53	1139.33	977.99	
Estabilidad corregida promedio (kg)	1054.6			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	3584	4113	3155	
Promedio Estabilidad/Flujo (kg/cm)	3600			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: Ensayo Marshall (3.0 % PVC)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.40			
%PVC en peso de la Mezcla	2.84			
%Grava en peso de la Mezcla	39.46			
%Arena en peso de la Mezcla	47.99			
%Filler en peso de la Mezcla	4.31			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Específico del Filler gr/cm3	2.64			
Peso Específico del PVC gr/cm3	1.41			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1188	1194	1197	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1192	1201	1203	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	647	641	645	
Volumen de la briqueta	545	560	558	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.180	2.132	2.145	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.152			
Peso específico máximo - Rice	2.340			
% de Vacíos de aire	6.85	8.88	8.33	
% De vacíos promedio	8.0			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.55			
Peso específico efectivo agregado total	2.53			
Asfalto absorbido por el agregado	0.40			
% de Asfalto Efectivo	5.00			
Relación Polvo/Asfalto	0.90			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	19.16	20.92	20.44	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	20.2			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	64.28	57.55	59.27	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	60.4			
Flujo (mm)	3.30	4.01	3.45	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	13.20	16.04	13.80	
Flujo promedio	14.3			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	1036	964.5	970.6	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.93	0.86	0.89	
Estabilidad Corregida (kg)	963.02	829.47	863.83	
Estabilidad corregida promedio (kg)	885.4			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	2918	2069	2504	
Promedio Estabilidad/Flujo (kg/cm)	2465			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Ensayo Marshall (5.0 % PVC)

INFORME ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)				
BRIQUETA N°	M-1	M-2	M-3	ESPECIF.
%C.A. en Peso de la Mezcla	5.40			
%PVC en peso de la Mezcla	4.73			
%Grava en peso de la Mezcla	38.64			
%Arena en peso de la Mezcla	47.01			
%Filler en peso de la Mezcla	4.22			
Peso Específico Aparente del C.A. gr/cm3	1.023			
Peso Específico de la Grava (Bulk) gr/cm3	2.59			
Peso Específico de la Arena (Bulk) gr/cm3	2.64			
Peso Específico del Filler gr/cm3	2.64			
Peso Específico del PVC gr/cm3	1.41			
Peso de la briqueta al aire (gr)	1198	1194	1185	
Peso de la briqueta SSS al aire (gr)	1203	1199	1192	
Peso de la briqueta SSS sumergida (gr)	634	631	625	
Volumen de la briqueta	569	568	567	
Peso específico Bulk de la briqueta	2.105	2.102	2.090	
Peso específico Bulk promedio de la briqueta (gr/cm3)	2.099			
Peso específico máximo - Rice	2.332			
% de Vacíos de aire	9.71	9.86	10.38	
% De vacíos promedio	10.0			3 - 5
Peso específico Bulk agregado total	2.51			
Peso específico efectivo agregado total	2.52			
Asfalto absorbido por el agregado	0.11			
% de Asfalto Efectivo	5.29			
Relación Polvo/Asfalto	0.90			0.6 - 1.3
% Vacíos del agregado mineral V.M. A	20.61	20.74	21.20	
%Vacíos Promedio Del V.M.A.	20.8			15 MIN
% Vacíos llenos con C.A. (VFA)	52.87	52.47	51.03	
% Vacíos promedio Llenos con Asfalto VFA	52.1			
Flujo (mm)	3.43	3.76	3.68	
Flujo 0.01" (0.25 mm)	13.72	15.04	14.72	
Flujo promedio	14.5			8 - 14
Estabilidad sin corregir (Kg)	1040.7	1103.1	1051.4	
Factor de Corrección para Estabilidad	0.86	0.86	0.86	
Estabilidad Corregida (kg)	895.00	948.67	904.20	
Estabilidad corregida promedio (kg)	916.0			830 MIN
Estabilidad/Flujo (kg/cm)	2609	2523	2457	
Promedio Estabilidad/Flujo (kg/cm)	2528			1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Ligante asfáltico

Tipo de asfalto	PEN 60 / 70	DM (1.0% PET)	DM (3.0% PET)	DM (5.0% PET)	DM (1.0% PVC)	DM (3.0% PVC)	DM (5.0% PVC)
% óptimo de asfalto residual	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Requisitos para mezcla bituminosa en caliente

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

Fuente: Manual de Carreteras (EG-2013)

Tabla 54: Vacíos mínimos en el Agregado Mineral

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.º 8)	21	-
4,75 mm (N.º 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (½")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 ½")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Fuente: Manual de Carreteras (EG-2013)

Tabla 55: Características de Marshall modificado con PET

Parámetros de diseño		% Óptimo diseño convencional	DM (1.0% PET)	DM (3.0% PET)	DM (5.0% PET)	Especificación EG 2013
GOLPES	N°	75	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO	%	5.4	5.4	5.4	5.4	
PESO UNITARIOS	gr/cm3	2.25	2.20	2.12	2.05	
VACIOS	%	4.3	6.1	9.5	12.0	3 a 5
VAM	%	18.7	19.6	21.4	22.70	15 MIN
V.LL.C.A.	%	76.0	69.1	55.9	47.5	
POLVO/ASFALTO	%	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6 a 1.3
FLUJO	0.01", 0.25 mm	10.3	11.0	12.6	14.5	8 a 14
ESTABILIDAD	kN	8.5	8.95	7.51	6.33	8.15 MIN
ESTABILIDAD/FLUJO	kg/cm	3357	3318	2461	1778	1700 a 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Características de Marshall modificado con PVC reciclado

Parámetros de diseño		% Óptimo diseño convencional	DM (1.0% PET)	DM (3.0% PET)	DM (5.0% PET)	Especificación n EG 2013
GOLPES	N°	75	75	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.4	5.4	5.4	5.4	
PESO UNITARIOS	gr/cm3	2.25	2.22	2.15	2.10	
VACÍOS	%	4.4	5.5	8.0	10.0	3 a 5
VAM	%	18.6	19.1	20.2	20.8	15 MIN
V.LL.C.A.	%	76.1	71.1	60.4	52.1	
POLVO/ASFALTO	%	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6 a 1.3
FLUJO	0.01", 0.25 mm	10.6	11.7	14.3	14.5	8 a 14
ESTABILIDAD	kN	8.96	10.34	8.68	8.98	8.15 MIN
ESTABILIDAD/FLUJO	kg/cm	3451	3600	2467	2528	1700 a 4000

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1: Determinar la influencia del PET y PVC reciclado (1%, 3%, 5%) sobre el porcentaje de vacíos en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

Antecedente: Puente (2020) en su investigación modificó la mezcla asfáltica con la adición de los siguientes porcentajes de PET reciclado de 1%, 3%, 5% y 7%, obteniendo el aumento del porcentaje de vacíos, los cuales variaban desde 4.3% hasta 16.6%.

Resultados: Al realizarse los ensayos de Marshall y obtener el porcentaje de vacíos, el patrón sin PET reciclado, su resultado fue 4.5% y en la medida que se incorporó el PET reciclado en 1% (6.1%), 3% (9.5%) y 5% (12.0%), resultados que no se encontraban dentro de los parámetros de la norma del MTC (3% a 5%) y ninguno de los 03 porcentajes logró disminuir el porcentaje de vacíos.

Comparación: Con el material reciclado PET en la mezcla de los antecedentes se obtuvieron los resultados desfavorables pues se acrecentó el porcentaje de vacíos. Y en la presente investigación, tampoco se logró la reducción de vacíos, a pesar que se incrementaba la cantidad de PET los resultados por el contrario continuaban ascendiendo en forma rápida en el % de vacíos.

Antecedente: Cruz, et al. (2021) en su investigación de mezcla asfáltica modificada con residuos de PVC tipo blíster en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5%, obteniendo el aumento del porcentaje de vacíos, los cuales variaban desde 4.3% hasta 5.3%.

Resultados: Al realizarse los ensayos de Marshall y obtener el porcentaje de vacíos, el patrón sin PVC reciclado, su resultado fue 4.5% y en la medida que se incorporó el PET en 1% (5.5%), 3% (8.0%) y 5% (10.0%), resultados que no se encontraban dentro de los parámetros de la norma (3 a 5%) y ninguno de los 03 porcentajes logró disminuir el porcentaje de vacíos.

Comparación: Con residuos de PVC tipo blíster en la mezcla asfáltica de los antecedentes se obtuvieron los resultados desfavorables pues se acrecentó el porcentaje de vacíos. Y en la presente investigación, tampoco se logró la reducción de vacíos de aire, a pesar que se incrementaba la cantidad de PVC reciclado los

resultados por el contrario continuaban ascendiendo en forma rápida en el % de vacíos.

Objetivo 2: Determinar la influencia del PET y PVC reciclado (1%, 3%, 5%) sobre la fluencia en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

Antecedente: Movilla-Quesada, et al. (2019) en su investigación agregó aditivo PET en porcentajes de 6%, 10%, 14%, 18% y 22% por peso del ligante, obteniendo mejoras en la fluencia del asfalto al aumentarlo de un 12 (0.25 mm) hasta 16 (0.25mm), obteniendo que las adiciones entre 6% y 14% dan valores de flujo que están dentro de la norma. Porcentajes del 18% y 22% superan el límite, alcanzando valores de flujo cercanos a los 20 (0.25 mm) para algunas muestras.

Resultados: Al realizarse el ensayo Marshall y obtener la fluencia de las muestras, el patrón sin PET, su resultado fue 10.3 y en la medida que se incorporaba en forma aumentativa el PET desde un 1% (11.0), 3% (12.6) y 5% (14.5), obteniendo que las incorporaciones entre 1% y 3% dan valores de flujo que están dentro de la norma, que exige un flujo máximo de 14 (0.25 mm). Mientras que el porcentaje de 5% supera los parámetros.

Comparación: Los resultados muestran que la fluencia aumenta junto con el contenido de PET de las muestras, incluso cuando todas las muestras contenían el mismo porcentaje de ligante asfáltico. Esto demuestra en nuestra investigación que el aumento de flujo, asociado a la presencia de partículas de PET, crea una mezcla más flexible, siendo similar al antecedente. Habiendo algunas adiciones que dieron valores de flujo dentro de la norma, y otros porcentajes que superan el límite, lo que no sería aceptable para una mezcla asfáltica utilizada como capa de soporte.

Antecedente: Modera, E. (2018) en su tesis, agregó polipropileno en forma de polisombra en tiras de 10cm., en porcentaje de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% obteniendo mejoras en la fluencia del asfalto al aumentarlo de un 12 (0.25 mm) hasta 34 (0.25mm), obteniéndose valores de flujo que sobrepasan lo indicado en la norma.

Resultados: Al realizarse el ensayo Marshall y obtener la fluencia de las muestras, el patrón sin PVC, su resultado fue 10.6 y en la medida que se incorporaba en forma aumentativa el PVC desde un 1% (11.7), 3% (14.3) y 5% (14.5), obteniendo que solo la incorporación de 1% da valores de flujo que están dentro de la norma, que

exige un flujo máximo de 14 (0.25 mm). Mientras que los porcentajes de 3% y 5% supera los parámetros.

Comparación: Los resultados muestran que el valor de la fluencia, entendido como la deformabilidad del material, aumenta de forma proporcional al aumento de PVC. En este sentido, el policloruro de vinilo reciclado puede actuar como un elemento que permite mayores niveles de deformabilidad ante la acción de la carga monotónica

Objetivo 3: Determinar la influencia del PET y PVC reciclado (1%, 3%, 5%) sobre la estabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.

Antecedente: Escobar y Zumba (2021) en su tesis, incorporó plástico reciclado vía seca en mezcla asfáltica caliente en porcentajes de 1%,2%,3%,4%;5% y 6% obteniendo mejoras en la estabilidad del asfalto al aumentarlo de un 2456lb hasta 4000 lb obteniendo un aumento con el porcentaje de 1%. Mientras que con el resto de porcentajes se reducen hasta alcanzar valores de estabilidad cercanos a las 2000 lb para algunas muestras.

Resultados: Al realizarse el ensayo Marshall y obtener la fluencia de las muestras, el patrón sin PET, su resultado fue 866.8 kg y en la medida que se incorporaba en forma aumentativa el PET desde un 1% (913.2 kg), 3% (774.9 kg) y 5% (645.7 kg), obteniendo que la incorporación de 1% aumenta la estabilidad de la mezcla patrón. Mientras que los porcentajes de 3% y 5% reducen la estabilidad.

Comparación: Los resultados muestran que la estabilidad aumenta junto con el contenido de PET de la muestra cuando se emplea el porcentaje de 1%. Mientras que con las demás incorporaciones en la mezcla asfáltica de los precedentes se obtuvo resultados desfavorables pues la estabilidad se redujo gradualmente. Y en la presente investigación, tampoco se logró el aumento de la estabilidad anhelada (con excepción de la adición de 1%).

Antecedente: Veranita y Bambang (2021), en su investigación, agregó policloruro de vinilo en una Mezcla Convencional, en porcentajes de 3%, 4% y 6% con respecto al peso del agregado, obteniendo mejoras en la estabilidad del asfalto al aumentarlo de 889 kg hasta 992 kg, con los porcentajes de 3% y 4% respectivamente, pero

obteniendo una disminución a 951 kg con el porcentaje de 6%, obteniéndose valores de estabilidad superiores a los requeridos.

Resultados: Al realizarse el ensayo Marshall y obtener la estabilidad de las muestras, el patrón sin PVC, su resultado fue 914.6 kg y en la medida que se incorporaba en forma aumentativa el PVC desde un 1% (1054.6 kg), 3% (885.4 kg) y 5% (916 kg), obteniendo que solo la incorporación de 3% da valores de estabilidad menor que el patrón, pero aun estando dentro del parámetro mínimo de 830kg. Mientras que los porcentajes de 3% y 5% supera la mezcla patrón.

Comparación: Los resultados muestran que la estabilidad aumenta junto con el contenido de PVC de las muestras, con excepción de la incorporación de 3%. Con lo que se comprueba que existe una mayor resistencia a las cargas que son sometidas el asfalto.

VI. CONCLUSIONES

Para el ensayo de Marshall, el reemplazo del agregado en porcentajes del PET y PVC reciclado no influyó en la posible reducción de los porcentajes de vacíos, por el contrario, aumentó dicho porcentaje. Con respecto al PET reciclado, de 4.5% con 0%, se obtuvo valores crecientes desde 6.1% con el 1% hasta 12.0% con un 5% de PET reciclado. Referente al PVC reciclado, de 4.4% con 0%, se obtuvieron valores crecientes desde 5.5% con 1% hasta 10% con 5% de PVC; entonces la influencia del PET Y PVC reciclado no disminuye el porcentaje de vacíos en los porcentajes propuestos con respecto al ensayo Marshall de la mezcla asfáltica. La presencia de aditivos plásticos genera mayores vacíos en el árido, ya que no es capaz de unirse homogéneamente con el ligante asfáltico ni con el árido. Eso crea espacios en la mezcla y disminuye la densidad.

Se estableció la dependencia del porcentaje de PET y PVC reciclado en la fluencia del ensayo de Marshall, porque se obtuvieron valores superiores a los 10.3 de fluencia de la mezcla patrón; al emplearse el PET reciclado en los siguientes porcentajes: 1% obtuvimos 11.1(0.25mm) , 3% obtuvimos 12.6(0.25mm), 5% obtuvimos 14.5(0.25mm); así como también al incorporar el PVC se obtuvieron valores superiores a los 10.6 de fluencia de la mezcla patrón en los siguientes porcentajes: 1% obtuvimos 11.7(0.25mm), 3% obtuvimos 14.6(0.25mm), 5% obtuvimos 14.5(0.25mm); entonces el mejoramiento es favorable con el PET hasta un óptimo del 3%, ya que con 5% sobrepasa el límite según las normas; con respecto al PVC el mejoramiento es favorable hasta un óptimo del 1%, ya que con 3% y 5% sobrepasa el límite según las normas del MTC. La fluencia aumenta con la adición de estos polímeros, creando un mayor potencial de deformación a medida que alcanza el fallo de estabilidad, lo que indica que la mezcla es plástica, por lo que es más capaz de seguir los cambios que ocurren debido a la carga.

Se estableció como influye el porcentaje de PET y PVC en los ensayos de Estabilidad Marshall, ya que contribuyeron en el incremento de Estabilidad. Con respecto al PET reciclado en 866.8kg con la mezcla patrón aumentó en 913.2 kg al reemplazarse el agregado en 1% por PET reciclado, pero al incorporar 3% y 5%

disminuyó hasta en 645.7 kg. Al emplearse el PVC reciclado en 914.6 kg con la mezcla patrón aumentó en 1054.6 kg al reemplazarse el agregado en 1% por PVC reciclado, pero al incorporar 3% disminuyó hasta en 885.4 kg, mientras que con 5% tuvo un ligero aumento hasta 916 kg; entonces la influencia del PET mejora con respecto a la Estabilidad del ensayo Marshall solo al reemplazarse el 1% con respecto al peso de los agregados y el PVC es favorable en porcentajes de 1% y 5% de inclusión, por lo tanto, la mejora es positiva en la adición de ciertos porcentajes con la estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica.

VII. RECOMENDACIONES

En la presente investigación al escoger porcentajes: del PET reciclado que iban desde un 1% hasta un 5%, se incrementó el % de Vacíos; al igual que con el PVC reciclado, los resultados arrojaron un aumento de este porcentaje en todas las muestras, para una mayor investigación se recomienda reducir a menos de 1% la inclusión de PVC y PET reciclado.

Se recomienda aumentar el porcentaje de finos de agregado mineral o filler, así como también un aumento en el contenido de ligante asfáltico para disminuir los porcentajes de vacíos de aire, ya que el ligante llena esos espacios, y así poder cumplir con los parámetros del EG-2013.

En la presente investigación al escoger porcentajes del PET reciclado, que iban del 1% al 5% se obtuvieron los incrementos de la fluencia en el Ensayo Marshall comparados al original, pero al incrementar hasta 5% la fluencia sobrepasa el límite establecido por las normas; por lo que, se recomienda emplear el PET reciclado solo hasta un 3% con un óptimo resultado de 12.6. Con respecto al PVC reciclado, se obtuvo el incremento de la fluencia en el Ensayo Marshall comparados a la mezcla patrón, pero con los porcentajes de 3% y 5% la fluencia sobrepasa el límite establecido por las normas; por lo que, se recomienda emplear el PVC reciclado solo hasta un 1% con un óptimo resultado de 11.7. Con lo que se comprueba que existe una mayor resistencia a los desplazamientos debido a las cargas. Sin embargo, se debe tener cuidado porque una fluencia excesiva es perjudicial para el buen desempeño de la mezcla, por lo que es necesario controlar la adición de PET y PVC para conseguir los valores normativos.

En la presente investigación al escoger porcentajes del PET reciclado, que iban del 1% se obtuvieron los incrementos de la Estabilidad Marshall comparado con la mezcla patrón, pero al incrementar 3% y 5% la estabilidad disminuyó hasta menos del diseño original; por lo que, se recomienda emplear el PET reciclado solo hasta un 1% que es óptimo resultado y que producirá la mayor resistencia a las cargas que son sometidas el asfalto con 913.2 kg. Con respecto al PVC reciclado, al incorporar el 1% y 5% se logró aumentar la estabilidad, sin embargo, con 3%

disminuyó con respecto a la mezcla patrón; para continuar la Investigación recomendamos incrementar mayor a 5% la inclusión de PVC reciclado. Para mayor investigación, recomendamos aumentar la el porcentaje de inclusión de PVC reciclado a más del 5%, para analizar si se incrementa la estabilidad con un porcentaje superior al utilizado para este polímero.

REFERENCIAS

1. CAÑARI, Calixto. *Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno*. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019.
2. CORBACHO, Jorge. *Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del Cusco-2018*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.
3. PUENTE, Jorge. *Análisis técnico – económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2020.
4. ESCOBAR, Cecilia y ZUMBA, Oscar. *Incorporación de plástico reciclado vía seca en mezcla asfáltica caliente utilizando agregados pétreos del cantón guamote*. Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, 2021.
5. GUTIÉRREZ, Kendall. *Comparación de métodos de incorporación de polietileno de baja densidad a una mezcla asfáltica*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2019.
6. MODERA, Edwin. *Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica densa en caliente con adición de polipropileno*. Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia, 2018.
7. YULIANTO, Helmi. *Pengaruh pemanfaatan limbah botol plastik (tereftalato de polietileno) sebagai bahan campuran AC-WC ditinjau dari karakteristik marshall*. Indonesia: Institut Teknologi Nasional Malang, 2018.
8. ROZY, Fahrur. *Pengaruh penggunaan plastik pvc terhadap kinerja campuran aspal beton (AC-WC)*. Indonesia: Universitas Mataram, 2019.
9. BENTI, Ekarizan. *Effect of Nanopolyacrylate and Natural Rubber Latex on Asphalt Binder and Mixture Performance*. Malasia: Universiti Teknologi Mara, 2018.
10. Cruz, Nicole et al. Evaluación de desempeño de la mezcla asfáltica modificada con residuos de PVC tipo blíster. *Infraestructura Vial*. 2021, vol.23, n.42, pp. 13-22. [consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en:

<http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052021000200013&lng=en&nrm=iso>. ISSN 2215-3705.

11. MOVILLA-QUESADA, Diana et al. Effects of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) on Stiffness of Hot Asphalt Mixtures. *Advances in Civil Engineering*. 2019 [consultado el 15 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/6969826>
12. TRIPOLI, Bambang, et al. The Effect of Using PVC as A Mixed Additive Material Asphalt Concrete Wearing Course. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. [consultado el 8 de enero de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/832/1/012030/meta>
13. KRAEMER, Carlos et al. *Ingeniería de carreteras Vol. II*. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U., 2004, pp. 313. ISBN 84-481-3998-4.
14. PADILLA, Alejandro. *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*. España: Universidad Politécnica de Catalunya. 2004, pp. 45.
15. MAHMOUD, K. A. et al. Investigation of the gamma ray shielding properties for polyvinyl chloride reinforced with chalcocite and hematite minerals. *Heliyon*. 2020, vol. 6, n. 3. ISSN 2405-8440 [consultado el 2 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020304059>.
16. NAKAMURA, Shinichiro et al. Analyzing polyvinyl chloride in japan with the waste input-output material flow analysis model. *Journal of Industrial Ecology* [en línea]. 2009, vol.13, n.5, pp. 706–717 [consultado el 31 de diciembre de 2021]. Disponible en: [doi:10.1111/j.1530-9290.2009.00153.x](https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00153.x)
17. LIU, Yijie et al. Stocks and flows of polyvinyl chloride (PVC) in China: 1980-2050. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020, vol. 154. ISSN 0921-3449 [consultado el 3 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919304902>

18. WEBB, H.K., et al., Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Poly(ethylene terephthalate). *Polymers*, 2013. 5(1): p. 1-18.
19. WEI, Ren y ZIMMERMANN, Wolfgang. Biocatalysis as a green route for recycling the recalcitrant plastic polyethylene terephthalate. *Microbial Biotechnology*.2017, vol.10, n.6, pp. 1302-1307[consultado el 25 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12714>
20. Plastics Europe, 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data. *Plastics - the Facts*, 2020 [consultado el 25 de enero de 2022]. Disponible en: https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB2020_versionJun21_final.pdf
21. TSOCHATZIS, E. et al. Chemical testing of mechanically recycled polyethylene terephthalate for food packaging in the European Union. *Resources, Conservation and Recycling*, 2022, vol. 179. ISSN 0921-3449 [consultado el 21 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106096>
22. ASTM D6927-15, *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures*. United States: ASTM International, 2015 [consultado el 1 de noviembre de 2021]. Disponible en: doi:10.1520
23. ASTM D6927-15, *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures*. United States: ASTM International, 2015 [consultado el 1 de noviembre de 2021]. Disponible en: doi:10.1520
24. MINAYA, S. y ORDOÑEZ, A. Diseño moderno de pavimentos asfálticos. Universidad Nacional de Ingeniería, 2da edición, 2006, pp. 169.
25. ASTM D6927-15, *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures*. United States: ASTM International, 2015 [consultado el 1 de noviembre de 2021]. Disponible en: doi:10.1520
26. GARNICA, Paul et al. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Sanfandila: Publicación Técnica No. 246, 2004, pp.8.
27. Xu H, Guo W, Tan Y. Permeability of asphalt mixtures exposed to freeze–thaw cycles. *Cold Regions Science and Technology*, 2016, vol. 123, pp. 99–

- 106, ISSN 0165-232X [consultado el 25 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.12.001>
28. AHMAD, N.; HAROON, W.; ABID, M. M. Effect of air voids on permeability and durability of hot mix asphalt. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 2020, vol. 48, no 4.
29. CHOUDHARY, Rajan; KUMAR, Abhinay; MURKUTE, Kishori. Properties of waste polyethylene terephthalate (PET) modified asphalt mixes: dependence on PET size, PET content, and mixing process. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 2018, vol. 62, no 3, pp.5. [consultado el 1 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3311/PPci.10797>
30. CHOUDHARY, Rajan; KUMAR, Abhinay; MURKUTE, Kishori. Properties of waste polyethylene terephthalate (PET) modified asphalt mixes: dependence on PET size, PET content, and mixing process. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 2018, vol. 62, no 3, pp.5. [consultado el 1 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3311/PPci.10797>
31. TRIPOLI, Bambang, et al. The Effect of Using PVC as A Mixed Additive Material Asphalt Concrete Wearing Course. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021, pp. 8. [consultado el 29 de enero de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/832/1/012030/meta>
32. TRIPOLI, Bambang, et al. The Effect of Using PVC as A Mixed Additive Material Asphalt Concrete Wearing Course. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021, pp. 8. [consultado el 29 de enero de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/832/1/012030/meta>
33. JEGATHEESAN, N. et al. Effect of Polyethylene Terephthalate (PET) Fibres as Binder Additive in Hot Mix Asphalt Concrete. *Annual Sessions of IESL. The Institution of Engineers, Sri Lanka*. 2018, pp. 179.
34. GUEST, Greg, Emily NAMEY y Marilyn MITCHELL. *Collecting Qualitative Data: A Field Manual for Applied Research*. United States: SAGE, 2013. ISBN 978-1-4129-8684-7, pp. 8.

35. PEDHAZUR, Elazar y SCHMELKIN, Liora. *Measurement, Design, and Analysis: An Integrated Approach*. New York: Lawrence Erlbaum Associates. 1991, pp. 277.
36. SHERWELL, G. *Estudio del uso de Polietileno Tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructuras térreas conformadas por suelo fino*. Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
37. MODU, Mohammed et al. Utilization of waste polyvinyl chloride (PVC) for ultrafiltration membrane fabrication and its characterization. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2020, 8(2). ISSN 2213-3437 [consultado el 29 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343719307730>
38. HAICHUAN, Jia et al. Effects of bamboo fiber on the mechanical properties of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*. 2021, 289. ISSN 0950-0618 [consultado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821009569>
39. ADEKEYE, Joseph y Paulina APEH. Applicability of sampling techniques in social sciences. *Net Journal of Social Sciences*. 2019, vol. 7, pp.103. [consultado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi:10.30918/NJSS.74.19.028
40. PANDEY, Prabhat y Meenu PANDEY. *Research methodology: tools and techniques*. Romania: Bridge Center, 2015. ISBN 978-606-93502-7-0, pp 43.
41. RAHI, Samar. Research design and methods: a systematic review of research paradigms, sampling issues and instruments development. *International Journal of Economics & Management Sciences*. 2017, vol. 6, nro. 2, pp. 3. [consultado el 30 de noviembre de 2021] Disponible en: doi:10.4172/2162-6359.1000403.
42. HASSAN, Shahir. Islamic-Based research methodology for development studies. *ICIDS 2019, 10 September 2019, Bandar Lampung, Indonesia*. 2019, pp. 2. [consultado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi:10.4108/eai.10-9-2019.2289396
43. KHALDI, Kamel. Quantitative, qualitative or mixed research: which research paradigm to use? *Journal of Educational and Social Research* [en línea].

- 2017, vol.7, nro. 2, pp. 19. [consultado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.richtmann.org/journal/index.php/jesr/article/view/9915>
44. HEALE, Roberta y Alison TWYXCROSS. Validity and reliability in quantitative studies. *Evidence-based nursing*. 2015, vol.18, n.3, pp. 66. [consultado el 3 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi:10.1136/eb-2015-102129
45. SÜRÜCÜ, Lütfi y Ahmet MASLAKÇI. Validity and reliability in quantitative research. *Business & Management Studies: An International Journal*. 2020, vol. 6, n.3, pp. 2696. ISSN 2148-2586 [consultado el 2 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi:10.15295/bmij.v8i3.1540
46. HASSAN, Shahir. Islamic-Based research methodology for development studies. *ICIDS 2019, 10 September 2019, Bandar Lampung, Indonesia*. 2019, pp. 2. [consultado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi:10.4108/eai.10-9-2019.2289396

ANEXOS

- Anexo 1: Matriz de consistencia
- Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables
- Anexo 3: Instrumento de recolección de datos
(Fichas de Recolección de Datos)
- Anexo 4: Fichas de Resultados de Laboratorio
(Certificados)
 - M1 = 1 Ensayo de Marshall- Mezcla convencional
 - M2 = 1 Ensayo de Marshall- PET
 - M3 = 1 Ensayo de Marshall- PVC
 - A1 = 1 Durabilidad (al sulfato de magnesio)
 - A2 = 1 Abrasión Los Ángeles
 - A3 = 1 Adherencia
 - A4 = 1 Índice de durabilidad
 - A5 = 1 Partículas chatas y alargadas
 - A6 = 1 Caras fracturadas
 - A7 = 1 Sales Solubles Totales
 - A8 = 1 Absorción y peso específico
 - B1 = 1 Equivalente de Arena
 - B2 = 1 Angularidad del agregado fino
 - B3 = 1 Azul de metileno
 - B4 = 1 Índice de Plasticidad (malla N°40 y malla N°200)
 - B5 = 1 Durabilidad (al sulfato de magnesio)
 - B6 = 1 Índice de durabilidad
 - B7 = 1 Sales solubles totales
 - B8 = 1 Absorción y gravedad específica
 - C1 = 3 Certificados de calibración
- Anexo 5: Panel Fotográfico

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022.

AUTORES: ALARCÓN VENTURA KARLA, HIDALGO SERVELEÓN MARÍA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
P. General	O. General	H. General	INDEPENDIENTE			
¿De qué manera influye el PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022?	Evaluar la influencia del PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.	La incorporación del PET y PVC reciclado en porcentajes de 1%, 3% y 5%, mejora las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.	PET reciclado	DOSIFICACIÓN Por Peso de agregados	1%	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
					3%	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
					5%	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
			PVC reciclado	DOSIFICACIÓN Por Peso de agregados	1%	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
					3%	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
					5%	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
P. Especifico	O. Especifico	H. Especifico	DEPENDIENTE			
¿Cuánto influye el PET y PVC reciclado en el % de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022?	Determinar la influencia del PET y PVC reciclado en el porcentaje de vacíos en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.	La incorporación del PET y PVC reciclado disminuye el porcentaje de vacíos en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.	Propiedades de la mezcla asfáltica	Propiedades Mecánicas	Estabilidad (kg)	Ficha Resultado de Laboratorio según MTC E504 Anexo 4-M
¿Cuánto influye el PET y PVC reciclado en la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022?	Determinar influencia del PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.	La incorporación del PET y PVC reciclado aumenta la fluencia en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.			Fluencia (0.25 mm)	Ficha Resultado de Laboratorio según MTC E504 Anexo 4-M
¿Cuánto influye el PET y PVC reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022?	Determinar la influencia del PET y PVC reciclado en la estabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.	La incorporación del PET y PVC reciclado aumenta la estabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022.		Propiedades Físicas	Porcentaje de vacíos (%)	Ficha Resultado de Laboratorio según MTC E505 Anexo 4-M

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

TITULO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022.

AUTORES: ALARCÓN VENTURA KARLA, HIDALGO SERVELEÓN MARÍA

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
INDEPENDIENTE	Se califica como el polímero que puede ser reusado en su totalidad debido a las características y propiedades que presenta como su resistencia a esfuerzos permanentes y al desgaste, su dureza y estabilidad a la intermperie.	Las dosificaciones de PET reciclado 1%, 3% y 5 % respecto del agregado fino, se emplearán para los 04 diseños de mezclas siguientes (N, 1%, 3% y 5%), con el objetivo de mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica.	DOSIFICACIÓN Por Peso de	1%	RAZON	<p>Método: Científico Tipo Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: EXPLICATIVA (Causa Efecto)</p> <p>Diseño de Investigación: Experimental (Cuasi)</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población: Todas las briquetas ensayadas en el laboratorio</p> <p>Muestra: 36 Muestras de estabilidad 36 Muestras de flujo 36 Muestras de % de vacíos</p> <p>Muestreo: No Probabilístico</p> <p>Técnica: Observación Directa</p> <p>Instrumentos de la investigación: Ficha Recolección de Datos Ficha Resultados de Laboratorio Según MTC-ASTM</p>
PET reciclado				3%		
				5%		
	Es la viabilidad de la incorporación de residuos de cloruro de polivinilo (PVC), considerado como molestia para el ambiente en la mezcla asfáltica, convirtiéndolo en un producto útil que mejore las propiedades del pavimento.	Las dosificaciones de PVC reciclado 1%, 3% y 5 % respecto del agregado fino, se emplearán para los 04 diseños de mezclas siguientes (N, 1%, 3% y 5%), con el objetivo de mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica.	Por Peso de agregados	1%	RAZON	
PVC reciclado				3%		
				5%		
DEPENDIENTE						
PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	Son los parámetros que permiten determinar el comportamiento estructural del pavimento bajo diversas condiciones de carga, temperatura y entre agentes externos.	La mezcla asfáltica se combina con el PET y el PVC reciclado, para que mejore las propiedades tanto mecánicas como volumétricas de la mezcla asfáltica de forma independiente. En el presente proyecto se realizará el ensayo de Marshall para el asfalto convencional (5%, 5.5%, 6%, 6.5%), preparándose 3 muestras para cada contenido, siendo 12 briquetas para conseguir el porcentaje óptimo de asfalto y para los 8 diseños pre establecidos con el Tereftalato de Polietileno (N, 1%, 3% y 5%) y el Cloruro de Polivinilo (N, 1%, 3% y 5%), se harán 3 muestras para cada diseño, siendo 24 briquetas, resultando finalmente un total de 36 briquetas, a través de estas se estará evaluando mediante los ensayos de laboratorio las propiedades de: estabilidad, fluencia y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica.	PROPIEDADES MECANICAS	Estabilidad (kg)	RAZON	
				Fluencia (0.25 mm)	RAZON	
				Porcentaje de vacíos (%)	RAZON	

ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de Recolección de datos: Dosificación de PET y PVC Reciclado

"Evaluación del PET y PVC reciclado en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, Ica 2022"

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Alarcón Ventura, Karla Alexandra

Tesista 02: Hidalgo Serveleón, María Luisa

Fecha: Lima, febrero 2022

Parte B: Dosificación de PET reciclado

1%	Ok
3%	Ok
5%	Ok

Tesis: Escobar, Zumba (2021) Dosificación de PET reciclado: 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%

Parte C: Dosificación de PVC reciclado

1%	Ok
3%	Ok
5%	Ok

Tesis: Rozy, F. (2019) Dosificación de PVC reciclado: 1%, 2%, 3%, 4%

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: Peralta Pumapillo

Nombres: Pedro Jean

Título: INGENIERO CIVIL

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: 251757

Firma:


Pedro J. Peralta Pumapillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 251757

Apellidos: Contreras Motta

Nombres: Dario Adolfo

Título: INGENIERO CIVIL

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: 124431

Firma:




Apellidos: Mina Aparicio

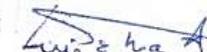
Nombres: Luis Enrique

Título: INGENIERO CIVIL

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: 44685

Firma:


Luis Enrique Mina Aparicio
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 44685

ANEXO 4: Fichas de Resultados de Laboratorio

M1 = 1 Ensayo de Marshall- Mezcla convencional

M2 = 1 Ensayo de Marshall- PET

M3 = 1 Ensayo de Marshall- PVC

A1 = 1 Durabilidad (al sulfato de magnesio)

A2 = 1 Abrasión Los Ángeles

A3 = 1 Adherencia

A4 = 1 Índice de durabilidad Agregado Grueso

A5 = 1 Partículas chatas y alargadas

A6 = 1 Caras fracturadas

A7 = 1 Sales Solubles Totales Agregado Grueso

A8 = 1 Absorción y Densidad Relativa Agregado Grueso

A9 = 1 Análisis Granulométrico Agregado grueso

B1 = 1 Equivalente de Arena

B2 = 1 Angularidad del agregado fino

B3 = 1 Azul de metileno

B4 = 1 Índice de Plasticidad (malla N°40 y malla N°200)

B5 = 1 Durabilidad (al sulfato de magnesio)

B6 = 1 Índice de durabilidad Agregado Fino

B7 = 1 Sales solubles totales Agregado Fino

B8 = 1 Absorción y Densidad Relativa Agregado fino

B9 = 1 Análisis Granulométrico Agregado Fino

C1 = 3 Certificados de calibración

ANEXO 4-M1: Ensayo de Marshall- Mezcla convencional



INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DFTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DFTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

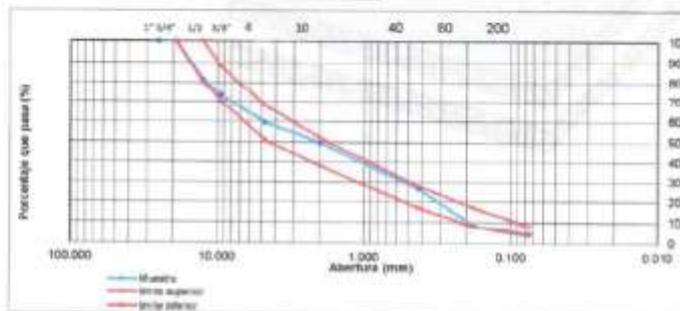
GRANULOMETRIA PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS

PIEDRA CHANCADA : 43.0 %
 ARENA : 57.0 %

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
8"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000	0		100.0	
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.500	18.8	18.8	81.2	
3/8"	9.500	8.4	27.1	72.9	
Nº4	4.750	13.4	40.5	59.5	
Nº10	2.000	9.9	50.4	49.6	
Nº40	0.425	23.1	73.4	26.6	
Nº80	0.180	18.1	91.5	8.5	
Nº200	0.075	3.8	95.3	4.7	
FONDO		4.7			

MAC-2	
TAMIZ	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 88
Nº4	51 - 68
Nº10	38 - 52
Nº40	17 - 28
Nº80	8 - 17
Nº200	4 - 8



Ingeniero Civil
 De Ingeniería Civil E.I.R.L.
 Angel Rosari Huanca Borda
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



EPICRET
Especialistas en Concreto, Suelos y Pavimentos

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DPTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
Muestra 2 : Arena
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - PIEDRA CHANCADA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q. Pasa
1"	25.000			100
3/4"	19.000	0	0.0	100
1/2"	12.500	43.65	43.7	56.35
3/8"	9.500	19.43	63.1	36.92
N°4	4.750	29.89	93.0	7.03
N°10	2.000	4.37	97.2	2.76
N°40	0.425	1.31	98.6	1.45
N°80	0.180	0.5	99.1	0.95
N°200	0.075	0.75	99.8	0.2
FONDO		0.2		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ARENA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q. Pasa
3/8"	9.500			100
N°4	4.750	0.87	0.9	99.13
N°10	2.000	14.11	15.0	85.02
N°40	0.425	39.45	54.4	45.57
N°80	0.180	31.36	85.8	14.23
N°200	0.075	6.16	92.0	8.05
FONDO		8.05		



Especialistas en Proyectos
De Ingeniería y Construcción E.I.R.L.
Angel Rosen Huanca Borda
M.Sc. Ing. Civil, CIP 51064

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACION DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DITTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - PIEDRA CHANCADA

MASA SECA
 MASA SSS
 MASA SSS SUMERGIDA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA
 PESO ESPECIFICO APARENTE
 ABSORCION (%)

1	2	3
983	877	899
992	885	907
613	545	560
2.59		
2.61		
2.65		
0.91		

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - ARENA

MASA SECA
 MASA SSS
 MASA FIOLA+AGUA
 MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA
 PESO ESPECIFICO APARENTE
 ABSORCION (%)

1	2	3
246.9	247.1	247
250	250	250
664.4	671.2	664.8
820.5	827.8	821.2
2.64		
2.67		
2.73		
1.21		



Especialistas En Proyectos
 De Ingenieria En Concreto E.I.R.L.
 Angel Rosal Guanca Borda
 MSC ING. CIVIL. CIP 53304



INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PFT Y PVC RECIKLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACIÓN: DITTO, DE ICA - PRIV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

Muestra 1: Piedra Chancada
Muestra 2: Arena
Cemento Afablico: PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			2			3			4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
BRIQUETA	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	40.85	40.85	40.85	40.63	40.63	40.63	40.42	40.42	40.42	40.20	40.20	40.20
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	54.15	54.15	54.15	53.87	53.87	53.87	53.58	53.58	53.58	53.30	53.30	53.30
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm ³)	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm ³)	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1166	1165	1160	1170	1187	1144	1209	1183	1182	1185	1204	1193
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	1172	1172	1166	1178	1193	1151	1215	1190	1188	1190	1209	1198
PESO DE LA BRIQUETA SSS SUMERGIDA (g)	654	650	646	653	664	641	679	668	661	671	685	678
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	518	522	520	525	525	510	536	522	527	519	524	520
P.E BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.251	2.232	2.231	2.229	2.244	2.243	2.256	2.256	2.243	2.283	2.298	2.294
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.238			2.239			2.255			2.292		
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm ³)	2.366	2.366	2.366	2.348	2.348	2.348	2.340	2.340	2.340	2.338	2.338	2.338
% DE VACIOS	4.86	5.67	5.72	5.09	4.44	4.47	3.61	3.15	4.15	2.34	1.72	1.87
% DE VACIOS PROMEDIO	5.4			4.7			3.6			2.0		
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616	2.616
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.26	18.96	19.00	19.50	18.95	18.98	18.96	18.57	19.41	18.40	17.88	18.01
% VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.7			19.1			19.0			18.1		
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	73.38	70.08	69.91	73.92	76.59	76.47	80.97	83.04	78.52	87.27	90.36	89.60
VACIOS LLENADOS CON C.A. PROMEDIO (VFA)	71.1			75.7			80.9			89.1		
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.55	2.55	2.55	2.57	2.57	2.57
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.15	1.15	1.15	1.18	1.18	1.18	1.02	1.02	1.02	0.74	0.74	0.74
% ASFALTO EFECTIVO	3.85	3.85	3.85	4.32	4.32	4.32	4.98	4.98	4.98	5.76	5.76	5.76
FLUJO (div)	104	96	102	111	121	117	133	123	128	148	145	144
FLUJO (mm)	2.64	2.44	2.59	2.82	3.07	2.97	3.38	3.12	3.25	3.76	3.68	3.66
FLUJO PROMEDIO (mm)	2.6			3.0			3.3			3.7		
ESTABILIDAD SIN CORRIGIR (kg)	1393.7	1132.1	1061.6	1063.7	830.3	668.5	790.8	716.9	541.0	702.2	882.2	915.9
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	0.93	1.00	0.96	1.00	0.96	1.00
ESTABILIDAD CORRIGIDA (kg)	1393.70	1132.10	1061.60	1021.15	797.09	668.50	735.44	716.90	519.36	702.20	846.91	915.90
ESTABILIDAD CORRIGIDA PROMEDIO (kg)	1195.8			828.9			657.2			821.7		

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DITTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 50/70

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927
A. MEZCLA DE AGREGADOS

- PIEDRA CHANCADA : 43 %
 - ARENA : 57 %

B. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO MARSHALL

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.0	5.5	6.0	6.5
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	2.238	2.239	2.255	2.292
ESTABILIDAD (kg)	1195.8	828.9	657.2	821.7
FLUJO (mm)	2.6	3.0	3.3	3.7
ESTABILIDAD - FLUJO (kg/cm)	4676.7	2805.2	2021.5	2220.8
RELACION POLVO - ASFALTO	0.9	0.8	0.8	0.7
VACIOS DE AIRE (%)	5.4	4.7	3.6	2.0
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.7	19.1	19.0	18.1
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	71.1	75.7	80.9	89.1



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería En Concreto E.I.R.L.

Angel Rosan Huanca Borda
MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DITTO, DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1	:	Piedra Chancada
Muestra 2	:	Arena
Cemento Asfáltico	:	PEN 60/70

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA:

Numero de golpes por cara	:	75
Contenido optimo de cemento asfáltico (%)	:	5.4
Peso especifico Bulk (gr/cm3)	:	2236.000
Relacion polvo - Asfalto	:	0.8
Estabilidad (kg)	:	860
Flujo (mm)	:	2.8
Estabilidad - Flujo (kg/cm)	:	3071.4
Vacios (%)	:	4.8
Vacios llenos con cemento asfáltico VFA (%)	:	75
Vacios de agregado mineral VMA (%)	:	19.1

PROPORCIONES DE AGREGADOS

Piedra chancada	:	43	%
Arena	:	57	%

CONTENIDO DE ASFALTO

Cemento asfáltico	:	PEN 60/70	
Contenido optimo de cemento asfáltico	:	5.4	%

NOTA:

Las muestras de agregados y cemento asfáltico fueron traídas por el solicitante hacia nuestra representada. Un contenido de Cemento asfáltico lejos del optimo (+- 0.3%) puede ocasionar problemas en las características resistentes, exudación del asfalto, problemas con la fricción entre los neumáticos y la superficie del pavimento, etc.



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.

 Angel Iván Borda
 MSc. ING. CIVIL. CIP 31704

ANEXO 4 - M2: Ensayo de Marshall- PET



INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACIÓN: DITTO, DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : FEN 60/70

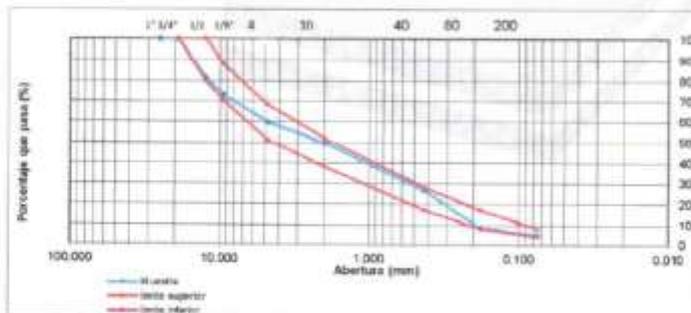
GRANULOMETRIA PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS

PIEDRA CHANCADA : 43.0 %
 ARENA : 57.0 %

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
3"	75.000			
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000	0		100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	18.8	18.8	81.2
3/8"	9.500	8.4	27.1	72.9
N°4	4.750	13.4	40.5	59.5
N°10	2.000	9.9	50.4	49.6
N°40	0.425	23.1	73.4	26.6
N°80	0.180	18.1	91.5	8.9
N°200	0.075	3.8	95.3	4.7
FONDO		4.7		

MAC - 2	
TAMIZ	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 88
N°4	51 - 68
N°10	38 - 52
N°40	17 - 28
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8



Especialistas en Proyectos
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.
Angel Rosal Huanca Borda
 MSC. ING. CIVIL CIP 55304

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVEFON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECIKLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DFTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DFTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - PIEDRA CHANCADA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q. Pasa
1"	25.000			100
3/4"	19.000	0	0.0	100
1/2"	12.500	43.65	43.7	56.35
3/8"	9.500	19.43	63.1	36.92
N°4	4.750	29.89	93.0	7.03
N°10	2.000	4.27	97.2	2.76
N°40	0.425	1.31	98.6	1.45
N°80	0.180	0.5	99.1	0.95
N°200	0.075	0.75	99.8	0.2
FONDO		0.2		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ARENA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q. Pasa
3/8"	9.500			100
N°4	4.750	0.93	0.9	99.07
N°10	2.000	10.17	11.1	88.9
N°40	0.425	42.16	53.3	46.74
N°80	0.180	33.51	86.8	13.23
N°200	0.075	6.58	93.4	6.65
FONDO		6.65		



Especialistas En Proyectos De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.
 Angel Rosán Huanca Borda
 MSC. ING./CIVIL - CIP 53304



EPICRET
Especialistas en Concreto, Suelos y Pavimentos

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, ICA
2022
UBICACION: DITTO, DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
Muestra 2 : Arena
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - PIEDRA CHANCADA

MASA SECA	1	2	3
MASA SSS	978	872	894
MASA SSS SUMERGIDA	996	890	911
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	619	552	566
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	2.99		
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.64		
ABSORCION (%)	2.72		
	1.94		

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - ARENA

MASA SECA	1	2	3
MASA SSS	245.9	247.1	247
MASA FIOLA+AGUA	250	250	250
MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA	664.4	671.2	664.8
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	820.5	827.8	821.2
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	2.64		
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.67		
ABSORCION (%)	2.73		
	1.21		



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.

Angel Rosa Muanica Borda
MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACION DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA
UBICACION: DITD. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

Muestra 1 : Piedra Chancada
Muestra 2 : Arena
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

	1			2			3			4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
DISEÑO METODO MARSHALL												
BRIGUETA												
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
% DE PET EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.95	0.95	0.95	2.84	2.84	2.84	4.73	4.73	4.73
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	40.68	40.68	40.68	40.27	40.27	40.27	39.46	39.46	39.46	38.64	38.64	38.64
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	53.92	53.92	53.92	53.38	53.38	53.38	52.30	52.30	52.30	51.23	51.23	51.23
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm3)	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm3)	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm3)	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO BULK DEL PET (g/cm3)	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
PESO DE LA BRIGUETA AL AIRE (g)	1181	1218	1187	1201	1190	1191	1194	1200	1183	1171	1190	1189
PESO DE LA BRIGUETA SSS AL AIRE (g)	1186	1223	1192	1207	1195	1195	1203	1207	1190	1183	1198	1197
PESO DE LA BRIGUETA SSS SUMERGIDA (g)	661	684	662	655	658	658	654	642	634	598	624	621
VOLUMEN DE LA BRIGUETA (g)	525	539	530	552	537	536	569	565	556	585	574	576
P.E BULK DE LA BRIGUETA (g/cm3)	2.250	2.260	2.240	2.176	2.216	2.222	2.098	2.124	2.128	2.002	2.073	2.064
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIGUETA (g/cm3)	2.355	2.355	2.355	2.347	2.347	2.347	2.338	2.338	2.338	2.325	2.325	2.325
PESO ESPECIFICO MAXIMO (PICE) (g/cm3)	4.48	4.04	4.90	7.30	5.58	5.33	10.25	9.16	8.99	13.90	10.83	11.22
% DE VACIOS	4.5			6.1			9.5			12.0		
% DE VACIOS PROMEDIO												
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.616	2.616	2.616	2.593	2.593	2.593	2.549	2.549	2.549	2.506	2.506	2.506
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.67	18.30	19.02	20.64	19.17	18.95	22.12	21.37	21.03	24.43	21.74	22.07
% VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.7			19.6			21.4			22.7		
VACIOS LLENADOS CON C.A. (VFA)	76.01	77.89	74.25	64.64	70.88	71.90	53.67	56.75	57.23	43.09	50.17	49.19
VACIOS LLENADOS CON C.A. PROMEDIO (VFA)	76.0			69.1			55.9			47.5		
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.54	2.54	2.54	2.53	2.53	2.53	2.52	2.52	2.52	2.51	2.51	2.51
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.11	1.11	1.11	0.92	0.92	0.92	0.41	0.41	0.41	0.02	0.02	0.02
% ASFALTO EFECTIVO	4.29	4.29	4.29	4.48	4.48	4.48	4.99	4.99	4.99	5.38	5.38	5.38
FLUIDO (gV)	99	96	110	100	107	118	115	133	124	145	150	134
FLUIDO (mm)	2.51	2.44	2.79	2.54	2.72	3.00	2.92	3.38	3.15	3.68	3.81	3.40
FLUIDO PROMEDIO (mm)	2.6			2.8			3.1			3.6		
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	880.8	961.5	896.4	940.0	981.2	1064.9	713.1	1076.7	882.7	483.8	985.9	864.3
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	0.96	0.93	0.96	0.89	0.93	0.93	0.86	0.86	0.86	0.83	0.83	0.83
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	845.57	894.20	860.54	836.60	912.52	990.36	613.27	925.96	785.60	401.55	815.30	717.37
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	866.8			913.2			774.9			605.7		





EPICRET
Especialistas en Concreto, Suelos y Pavimentación

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SCRVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACION DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, ICA
UBICACIÓN: 2022
DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
Muestra 2 : Arena
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927

A. MEZCLA DE AGREGADOS

- PIEDRA CHANCADA : 43 %
- ARENA : 57 %

B. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO MARSHALL

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.4	5.4	5.4	5.4
PET (%)	0.00	0.95	2.84	4.73
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	2.250	2.205	2.117	2.046
ESTABILIDAD (kg)	856.8	913.2	774.9	645.7
FLUJO (mm)	2.6	2.8	3.1	3.6
ESTABILIDAD - FLUJO (kg/cm)	3356.5	3318.6	2460.5	1777.8
RELACION POLVO - ASFALTO	0.9	0.9	0.9	0.9
VACIOS DE AIRE (%)	4.5	6.1	9.5	12.0
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.7	19.6	21.4	22.7
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	76.0	69.1	55.9	47.5



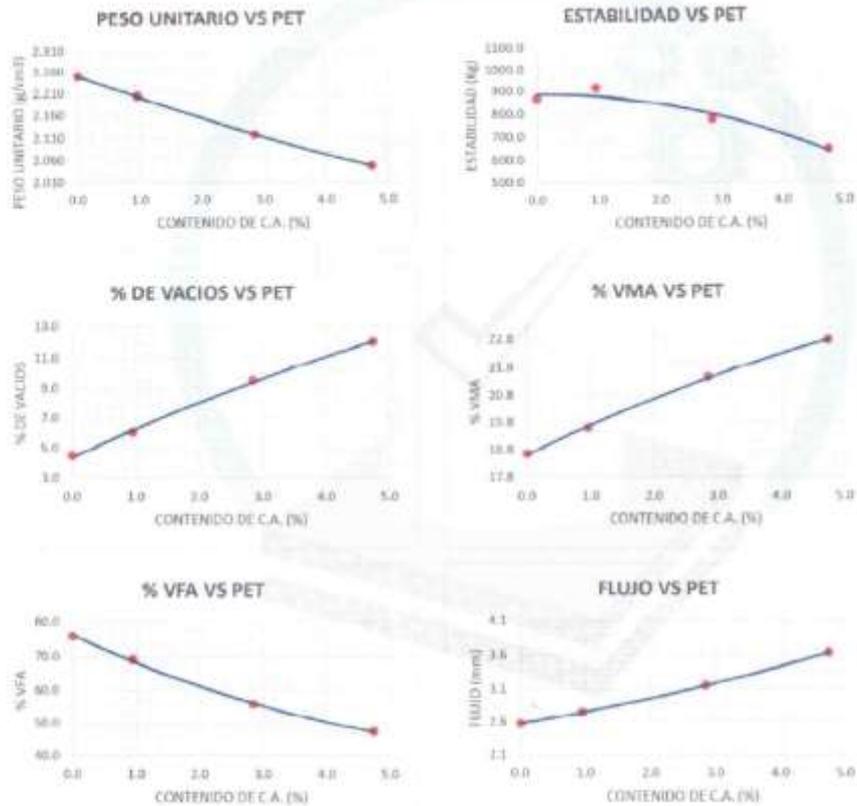
Especialistas en Proyectos
De Ingeniería y Concreto (E.I.C.T.)
Angel Rosa
Angel Rosa Blanca Borde
MSC. ING. CIVIL CIP 53305

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACION DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DITTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1	:	Piedra Chancada
Muestra 2	:	Arena
Cemento Asfáltico	:	PEN 60/70



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.
 Angel Rosan Huanca Borda
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

ANEXO 4 - M3: Ensayo de Marshall- PVC



INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

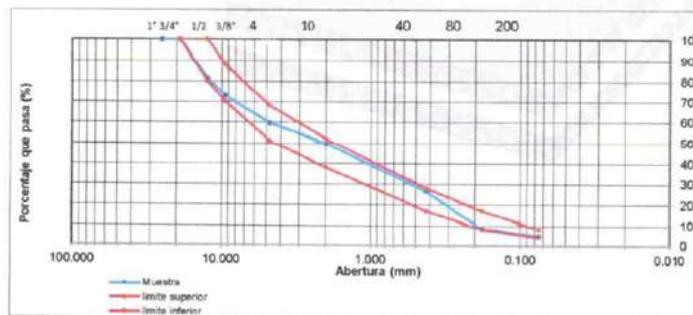
GRANULOMETRÍA PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS

PIEDRA CHANCADA : 43.0 %
 ARENA : 57.0 %

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000	0		100.0	
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.500	18.8	18.8	81.2	
3/8"	9.500	8.4	27.1	72.9	
N°4	4.750	13.4	40.5	59.5	
N°10	2.000	9.9	50.4	49.6	
N°40	0.425	23.1	73.4	26.6	
N°80	0.180	18.1	91.5	8.5	
N°200	0.075	3.8	95.3	4.7	
FONDO		4.7			

MAC - 2	
TAMIZ	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 88
N°4	51 - 68
N°10	38 - 52
N°40	17 - 28
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8



Especialistas en Proyectos De Ingeniería y Concreto E.I.R.L

Angel Rosan Huanca Borda
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DFTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DFTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - PIEDRA CHANCADA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
1"	25.000				100
3/4"	19.000	0	0.0		100
1/2"	12.500	43.65	43.7		56.35
3/8"	9.500	19.43	63.1		36.92
N°4	4.750	29.89	93.0		7.03
N°10	2.000	4.27	97.2		2.76
N°40	0.425	1.31	98.6		1.45
N°80	0.180	0.5	99.1		0.95
N°200	0.075	0.75	99.8		0.2
FONDO		0.2			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ARENA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
3/8"	9.500				100
N°4	4.750	0.93	0.9		99.07
N°10	2.000	10.17	11.1		88.9
N°40	0.425	42.16	53.3		46.74
N°80	0.180	33.51	86.8		13.23
N°200	0.075	6.58	93.4		6.65
FONDO		6.65			



Especialistas En Proyectos
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.
 Angel Rosas Huanca Borda
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: D.T.T.O. DE ICA - PROV. DE ICA - D.P.T.O. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - PIEDRA CHANCADA

MASA SECA
 MASA SSS
 MASA SSS SUMERGIDA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA
 PESO ESPECIFICO APARENTE
 ABSORCION (%)

1	2	3
978	872	894
996	890	911
619	552	566
2.99		
2.64		
2.72		
1.94		

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - ARENA

MASA SECA
 MASA SSS
 MASA FIOLA+AGUA
 MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA
 PESO ESPECIFICO APARENTE
 ABSORCION (%)

1	2	3
245.9	247.1	247
250	250	250
664.4	671.2	664.8
820.5	827.8	821.2
2.64		
2.67		
2.73		
1.21		



Especialistas En Proyectos
 De Ingenieria Y Concreto E.I.R.L.
 Angel Rosa Huanca Borda
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304



EPICRET
Especialistas en Concreto, Surtidos y Posttensionado

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: DITTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

Muestra 1: Piedra Chancada
Muestra 2: Arena
Cemento Asfáltico: PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			2			3			4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
BRICQUETA	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.95	0.95	0.95	2.84	2.84	2.84	4.73	4.73	4.73
% DE PVC EN PESO DE LA MEZCLA	40.68	40.68	40.68	40.27	40.27	40.27	39.46	39.46	39.46	38.64	38.64	38.64
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	53.92	53.92	53.92	53.38	53.38	53.38	52.30	52.30	52.30	51.23	51.23	51.23
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm3)	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm3)	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm3)	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
PESO ESPECIFICO BULK DEL PVC (g/cm3)	1.184	1.195	1.193	1.191	1.194	1.199	1.188	1.194	1.197	1.198	1.194	1.185
PESO DE LA BRICQUETA AL AIRE (g)	1190	1199	1197	1196	1200	1206	1192	1201	1203	1203	1199	1192
PESO DE LA BRICQUETA SSS AL AIRE (g)	663	665	672	660	665	662	647	645	634	631	625	625
PESO DE LA BRICQUETA SSS SUMERGIDA (g)	527	534	525	536	535	544	545	560	558	569	568	567
VOLUMEN DE LA BRICQUETA (g)	2.247	2.238	2.272	2.222	2.232	2.204	2.180	2.132	2.145	2.105	2.102	2.090
P.E BULK DE LA BRICQUETA (g/cm3)	2.252	2.357	2.357	2.349	2.349	2.349	2.340	2.340	2.340	2.332	2.332	2.332
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRICQUETA (g/cm3)	4.68	5.06	3.59	5.41	4.99	6.17	6.85	8.88	8.33	9.71	9.86	10.38
% DE VACIOS	4.4	4.4	4.4	5.5	5.5	5.5	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0
% DE VACIOS PROMEDIO	2.616	2.616	2.616	2.594	2.594	2.594	2.551	2.551	2.551	2.509	2.509	2.509
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	18.76	19.08	17.83	18.96	18.61	19.62	19.16	20.92	20.44	20.61	20.74	21.20
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.6	18.6	18.6	19.1	19.1	19.1	20.2	20.2	20.2	20.8	20.8	20.8
% VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	75.05	73.50	79.87	71.49	73.18	68.55	64.26	57.55	59.27	52.87	52.47	51.03
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	76.1	76.1	76.1	71.1	71.1	71.1	60.4	60.4	60.4	52.1	52.1	52.1
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	2.55	2.55	2.55	2.54	2.54	2.54	2.53	2.53	2.53	2.52	2.52	2.52
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	1.07	1.07	1.07	0.89	0.89	0.89	0.40	0.40	0.40	0.11	0.11	0.11
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	4.33	4.33	4.33	4.51	4.51	4.51	5.00	5.00	5.00	5.29	5.29	5.29
% ASFALTO EFECTIVO	96	106	111	115	109	122	130	158	136	135	148	145
FLUIDO (div)	2.44	2.69	2.82	2.92	2.77	3.10	3.30	4.01	3.45	3.43	3.76	3.68
FLUIDO (mm)	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
FLUJO PROMEDIO (mm)	969.3	908.1	980.6	1125.3	1186.8	1051.6	1035.5	964.5	970.6	1040.7	1103.1	1051.4
ESTABILIDAD SIN CORRER (kg)	0.96	0.96	0.96	0.93	0.96	0.93	0.93	0.86	0.89	0.86	0.86	0.86
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	930.53	871.78	941.38	1046.53	1139.33	977.99	963.02	829.47	863.83	895.00	948.67	904.20
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	914.6	914.6	914.6	1054.5	1054.5	1054.5	885.4	885.4	885.4	885.4	885.4	885.4
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)												

De Ingenieros de Concreto E.T.R.L.
 Especialistas En Proyectos
 Ansel Rosa Huancabamba
 INSC. CIVIL: CIP 83304



INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALAN CON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO DE IVELDON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, ICA
 2022
UBICACION: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
 Muestra 2 : Arena
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927

A. MEZCLA DE AGREGADOS

- PIEDRA CHANCADA : 43 %
 - ARENA : 57 %

B. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO MARSHALL

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.4	5.4	5.4	5.4
PVC (%)	0.00	0.95	2.84	4.73
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	2.252	2.219	2.152	2.099
ESTABILIDAD (kg)	914.6	1054.6	885.4	916.0
FLUJO (mm)	2.7	2.9	3.6	3.6
ESTABILIDAD - FLUJO (kg/cm)	3451.1	3600.0	2466.5	2527.7
RELACION POLVO - ASFALTO	0.9	0.9	0.9	0.9
VACIOS DE AIRE (%)	4.4	5.5	8.0	10.0
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.6	19.1	20.2	20.8
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	76.1	71.1	60.4	52.1



Especialistas En Proyectos
 De Ingeniería y Concreto .E.I.R.L.
 Angel Rivas Huancá Dorda
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



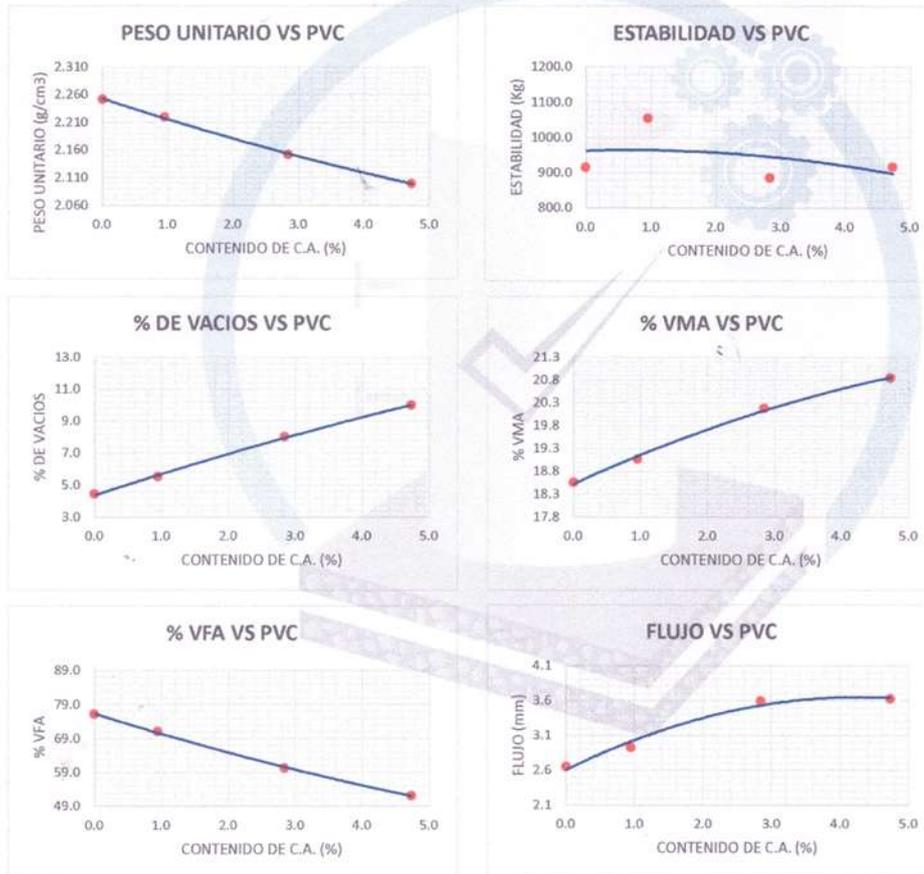
EPICRET
Especialistas en Concreto, Suelos y Pavimentos

INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

SOLICITANTE: ALARCON VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEON, MARIA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
UBICACION: D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada
Muestra 2 : Arena
Cemento Asfáltico : PEN 60/70



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L

Angel Rosan Huanca Borda
MSC. ING. CIVIL CIP 53304

ANEXO 4 - A1: Durabilidad (al sulfato de magnesio) Agregado Grueso



INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO / MTC E-209 - NTP 400.016

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MUESTRA: AGREGADO GRUESO

GRANULOMETRÍA ORIGINAL DEL AGREGADO GRUESO			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	%Retenido
3"	76.20	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00
1"	25.40	0.00	0.00
3/4"	19.00	0.00	0.00
1/2"	12.50	651.40	43.65
3/8"	9.50	290.00	19.43
N° 4	4.75	551.00	36.92
		1492.40	100.00

ANÁLISIS CUANTITATIVO									
Nº	Tamaño	%	Masa requerida (g)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Pérdida de masa (g)	Pérdida de masa (%)	Gradación original	Pérdida corregida (%)
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 300						
	2 1/2" a 2"	60	3000 ± 300						
	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200						
2	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50						
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50						
	1" a 3/4"	33	500 ± 30						
3	3/4" a 3/8"		1000 ± 10						
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	670.00	624.50	45.50	6.79	43.65	2.96
	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	330.00	254.70	75.30	22.82	19.43	4.43
4	3/8" a N°4		300 ± 5	300.00	268.30	31.70	10.57	36.92	3.90

PÉRDIDA AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO

11.3 %

NOTA: LA MUESTRA FUE EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA AL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Prolongación Av. Matías Manzanillo N° 905, Ica
 epicret.peru@gmail.com
 +51 946 971 128

EPICRET /

Especialistas En Proyectos
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.
 Américo Borda
 M. ICA - DPTO. DE ICA - CIP 51304

ANEXO 4 - A2: Abrasión Los Ángeles



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.019 / ASTM C 131

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022
MÉTODO: B **CANTIDAD DE ESFERAS:** 11

MALLAS		PESOS POR TAMAÑOS (g)	
PASA (%)	RET (%)	ESPECIFICADOS	ENSAYADOS
1 1/2"	1"		
1"	3/4"		
3/4"	1/2"	2500	2500
1/2"	3/8"	2500	2500
3/8"	N°4	-	
N°4	N°8	-	

CÁLCULOS DEL ENSAYO	
PESO TOTAL DEL MATERIAL (gr)	5000
PESO DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°12 (gr)	4145
PESO DEL MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°12 (gr)	855
PORCENTAJE DE DESGASTE (%)	17.1



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.
[Signature]
Angela Inés Borda
MSC. ING. CIVIL. CIP 53704

ANEXO 4 – A3: Adherencia



REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO DE MEZCLAS DE AGREGADO BITUMINOSO MTC E 517 - AASHTO T 182

SOLICITANTE: ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MUESTRA: AGREGADO GRUESO

1. DE LA MUESTRA:

ESPECIMEN:

- Pasante Malla 3/8 in. (9.5 mm)
- Retenido Malla 1/4 in. (6.3 mm)

2. RESULTADOS:

RECUBRIMIENTO INICIAL (%)	100
RECUBRIMIENTO FINAL (%)	+ 95



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería De Construcción E.I.R.L.
Ano: 11/01/2011
Módulo: 11/01/2011

ANEXO 4 – A4: Índice de durabilidad Agregado Grueso



ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO MTC E 214 - ASTM D 3744

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022
MUESTRA: AGREGADO GRUESO

1. DE LA MUESTRA:

Procedimiento: A
Agua: destilada

2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

Tamaño	Masa seca al horno (g)	Masa seca utilizada (g)	Granulometría del material (%)
3/4 in. a 1/2 in.	1050 ± 10	1054	43.65
1/2 in. a 3/8 in.	550 ± 10	552	19.43
3/8 in. a No. 4	900 ± 5	898	36.92
	2500 ± 25		

3. RESULTADOS:

	M - 1	M - 2	M - 3
ALTURA DE SEDIMENTACIÓN (H)	3.3	3.5	3.2
ÍNDICE DE DURABILIDAD	51.1	49.9	51.8

ÍNDICE DE DURABILIDAD PROMEDIO

51

ANEXO 4 – A5: Partículas Chatas y Alargadas



DETERMINACION DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS AL AGREGADO GRUESO NTP 400.040 / ASTM 4791

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DPTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTICULAS CHATAS			PARTICULAS ALARGADAS			PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET (g)	% RET	% Q. PASA	PESO (g)	% P1	% DEL PESO TOTAL	PESO (g)	% P2	% DEL PESO TOTAL	PESO (g)	% P3	% DEL PESO TOTAL
3"	76.200	0	0.00	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
2"	50.800	0	0.00	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
1 1/2"	38.100	0	0.00	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
1"	25.400	0	0.00	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
3/4"	19.050	0	0.00	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
1/2"	12.700	698.2	34.91	65.09	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
3/8"	8.750	445.0	22.25	77.75	2	0.4	0.10	0	0	0.00	0	0	0.00
N°4	4.760	856.9											
FONDO	-	0											
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		2000.1											
PESO TOTAL DE LA MUESTRA DE ENSAYO (RET. 3/8")		2000.1											

PARTICULAS CHATAS :	0.10%
PARTICULAS ALARGADAS:	0.00%
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS:	0.00%
% PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS:	0.10%

NOTA: LA MUESTRA FUE EXTRAIDA Y TRANSPORTADA AL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería De Concreto E.I.R.L.
Alfonso Morda
E.I.R.L.

ANEXO 4 – A6: Caras Fracturadas



DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS MTC E 210 / ASTM D5821

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	GRANULOMETRIA RETENIDO %	MASA MUESTRA (g)	MASA DE PART. FRACTURADAS	% PARTICULAS FRACTURADAS	% INDIVIDUAL PART. FRACTURADAS
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	12.700	45.76	897.30	833.60	42.51	92.90
3/8"	8.750	30.93	606.60	545.50	27.82	89.93
Nº 4	4.750	23.31	457.00	406.00	20.70	88.84
TOTAL:		100.00	1960.90			

CANTIDAD DE PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA:

91.03%

PARTICULAS CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	GRANULOMETRIA RETENIDO %	MASA MUESTRA (g)	MASA DE PART. FRACTURADAS	% PARTICULAS FRACTURADAS	% INDIVIDUAL PART. FRACTURADAS
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1/2"	12.700	45.76	897.30	611.40	31.18	68.14
3/8"	8.750	30.93	606.60	366.40	18.69	60.40
Nº 4	4.750	23.31	457.00	234.70	11.97	51.36
TOTAL:		100.00	1960.90			

CANTIDAD DE PARTICULAS CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADA:

61.83%

CARAS FRACTURADAS:

91 / 62

ANEXO 4 – A7: Sales Solubles Totales Agregado Grueso



ANALISIS FISICO - QUIMICO DE AGREGADOS

SOLICITANTE(s): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022
MATERIAL: AGREGADO GRUESO

PARAMETROS	REPORTE EN p.p.m.	REPORTE EN %	NORMATIVA
PH 6.5	-	-	Conductimetro
Sales Solubles	840	0.08400	G. Volatizacion



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería De Concreto E.I.R.L.
Angel [Signature]
MSC. ING. CIVIL CIP 93364

Prolongación Av. Matías Manzanilla N° 905, Ica
epicret.peru@gmail.com
+51 946 971 128

EPICRET /

ANEXO 4 – A8: Absorción y Densidad Relativa Agregado Grueso



DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.021 / ASTM C 127

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DITTO, DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

	MUESTRA		
	1	2	3
A (Peso Seco)	983	877	899
B (Peso SSS)	992	885	907
C (Peso SSS sumergido)	613	545	560
%ABSORCIÓN (B-A/A)	0.92	0.91	0.89
DENSIDAD RELATIVA (A/B-C)	2.59	2.58	2.59

% ABSORCIÓN PROM.	0.91
DENSIDAD RELATIVA PROM.	2.59



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería De Concreto E.I.R.L.
Angel Rosa Huanca Borda
MSG. ING. CIVIL CIP 52204

ANEXO 4 – A9: Análisis Granulométrico Agregado Grueso



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE NTP 400.012 - NTE CE.010

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

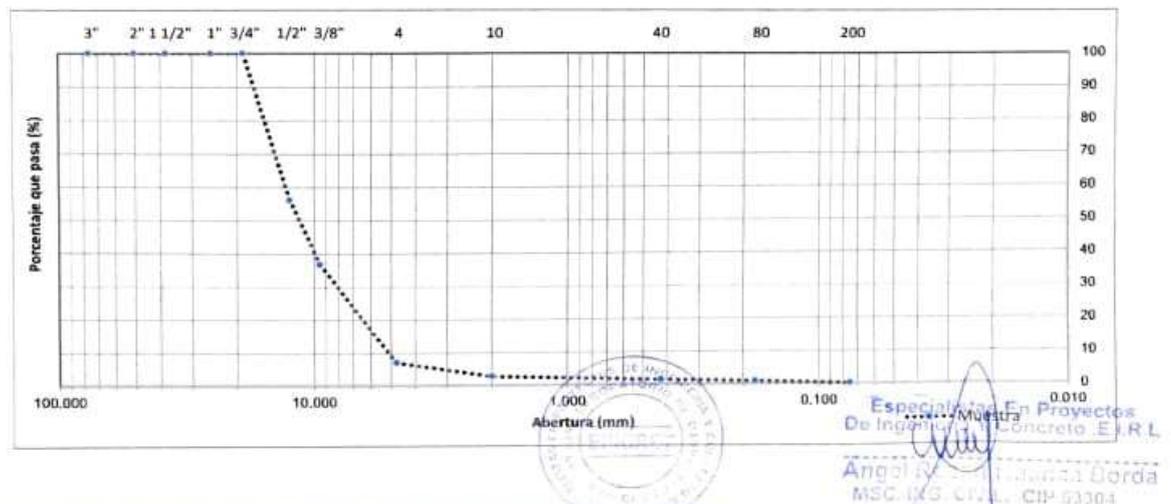
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MUESTRA: AGREGADO GRUESO

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.500	651.40	43.65	43.65	56.35
⅜"	9.500	290.00	19.43	63.08	36.92
Nº 4	4.750	446.10	29.89	92.97	7.03
Nº 10	2.000	63.70	4.27	97.24	2.76
Nº 40	0.425	19.50	1.31	98.55	1.45
Nº 80	0.180	7.50	0.50	99.05	0.95
Nº 200	0.075	11.20	0.75	99.80	0.20
< Nº 200	FONDO	3.00	0.20	100.00	0.00
		1492.4	100.0		



ANEXO 4 – B1: Equivalente de Arena



DETERMINACION DEL EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 /ASTM D 2419

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022

	MUESTRA			
	1	2	3	4
Recipiente	A	A	A	-
Volumen del recipiente (mL)	86	86	86	-
Lectura de Arcilla	10.1	9.9	10.3	-
Lectura de Arena	6.8	6.5	6.9	-
Equivalente de arena (%)	67.3	65.7	67.0	-
Equivalente de arena redondeado (%)	68.0	66.0	67.0	-
Equivalente de arena promedio (%)	67.0			-
Equivalente de arena prom. redondeado (%)	67.0			-



Especialista en Proyectos
De Ingeniería Civil E.I.R.L.
Ano 11
M.C. [Signature]
[Signature]

ANEXO 4 – B2: Angularidad del agregado fino



ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO ASTM C 1252 - MTC E 222

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DPTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MUESTRA: AGREGADO FINO

1. DE LA MUESTRA:

ESPÉCIMEN DE ENSAYO:

- Pasante Tamiz 2.360 mm (No. 8)
- Retenido Tamiz 0.075 mm (No. 200)

2. RESULTADOS:

CALIBRACIÓN DEL CILINDRO				
PRUEBA		1	2	3
Masa total del agua en cilindro	g	100.2	100.2	100.2
Temperatura de agua	°C	26.5	26.5	26.5
Densidad de agua	g/cm ³	0.99665	0.99665	0.99665
Agua empleada en el cilindro	mL	100.54	100.54	100.54

CÁLCULO DE ANGULARIDAD DE AGREGADO				
PRUEBA		1	2	3
Volumen del cilindro	cm ³	100.54	100.54	100.54
Masa del agregado en el cilindro	g	153.4	154.0	154.3
Gravedad específica del agregado	g/cm ³	2.64	2.64	2.64
Porcentaje de vacíos en el agregado	%	42.20	41.98	41.87

PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO (%)

42.02



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería De Concreto E.I.R.L.
Andrés Ballesteros
M.Sc. en Ingeniería Civil

ANEXO 4 – B3: Azul de metileno



VALOR AZUL DE METILENO AASHTO T 330 - AASHTO TP 57

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022
MUESTRA: AGREGADO FINO

1. DE LA MUESTRA:

ESPECIMEN DE ENSAYO: PASANTE No. 200

2. RESULTADOS:

MUESTRA	MASA (g)	CONCENTRACIÓN SOLUCIÓN DEL AZUL DE METILENO (g/mL)	mL DE SOLUCIÓN DE AZUL DE METILENO REQUERIDO	VALOR DE AZUL DE METILENO
1	10.00	5	8.0	4.0
2	10.20	5	8.0	3.9
3	9.89	5	7.5	3.8

VALOR DE AZUL DE METILENO PROMEDIO	3.9
---	------------



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería y Construcción E.I.R.L.
[Handwritten signature]

ANEXO 4 – B4: Índice de Plasticidad (malla N°40 y malla N°200)



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129 - ASTM D 4319

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

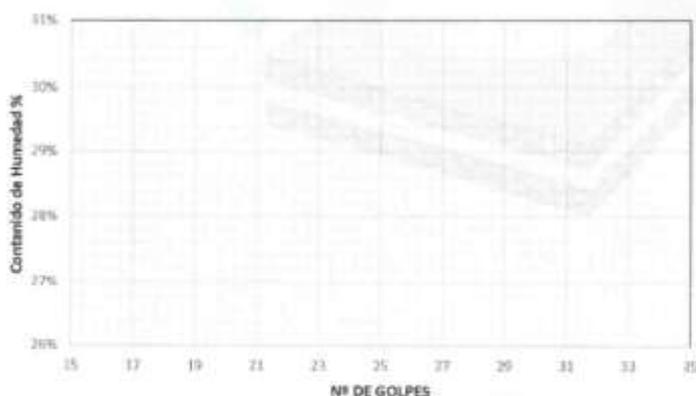
PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MUESTRA: AGREGADO FINO

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
Tara	-	-	-	-	-
Masa de la tara (g)	-	-	-	-	-
Masa muestra húmeda + tara (g)	-	-	-	-	-
Masa muestra seca + tara (g)	-	-	-	-	-
Masa muestra húmeda (g)	-	-	-	-	-
Masa muestra seca (g)	-	-	-	-	-
Masa del agua (g)	-	-	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-	-	-
Número de golpes	-	-	-	-	-

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL	NP
LP	NP
IP	NP



Especialistas en Proyectos
De Ingeniería y Construcción, E.I.R.L.
Angel Rozán Puanca Borda
MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

ANEXO 4 – B5: Durabilidad (al sulfato de magnesio) Agregado Fino



INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO FINO - MTC E-209 / NTP 400.016

SOLICITANTE: ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

UBICACION: D.T.O. DE ICA - PROV. DE ICA - D.P.T.O. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MUESTRA: AGREGADO FINO

GRANULOMETRÍA ORIGINAL DEL AGREGADO FINO			
Muestra antes del lavado		560.30	
Muestra despues del lavado		518.20	
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	%Retenido
3/8"	9.500	0.00	0.00
N° 4	4.750	5.30	0.95
N° 8	2.360	53.70	9.58
N° 16	1.180	77.30	13.80
N° 30	0.600	120.10	21.43
N° 50	0.300	185.70	33.14
N° 100	0.150	47.40	8.46
N° 200	0.075	28.70	5.12
Fondo	-	42.10	7.51
		560.30	100.00

ANÁLISIS CUANTITATIVO					
PASA MALLA - RET MALLA	GRADACIÓN ORIGINAL %	PESO DE LA FRACCION ENSAYADA (g)	PESO RET. DESPUÉS DEL ENSAYO (g)	PÉRDIDA TOTAL %	PÉRDIDA CORREGIDA %
3/8" - N°4	0.95	150.00	0.00	100.00	0.9
N°4 - N°8	9.58	150.00	97.90	34.73	3.3
N°8 - N°16	13.80	150.00	121.20	19.20	2.6
N°16 - N°30	21.43	150.00	140.20	6.53	1.4
N°30 - N°50	33.14	150.00	143.00	4.67	1.5

PÉRDIDA AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO FINO	9.9 %
---	--------------



Especialistas En Proyectos De Ingeniería De Concreto, E.I.R.L.

[Handwritten signature]

ANEXO 4 – B6: Índice de durabilidad



ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO MTC E 214 - ASTM D 3744

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MUESTRA: AGREGADO FINO

1. DE LA MUESTRA:

Procedimiento: B
Agua: destilada

2. RESULTADOS:

	MUESTRA		
	1	2	3
Recipiente	A	A	A
Volumen del recipiente (mL)	86	86	86
Lectura de Arcilla	6.4	6.6	6.3
Lectura de Arena	3.8	4.1	3.9
Equivalente de arena (%)	59.4	62.1	61.9
Equivalente de arena redondeado (%)	60.0	63.0	62.0
Equivalente de arena promedio (%)	61.7		
Equivalente de arena prom. redondeado (%)	62.0		



Especialistas en Importación
De Ingeniería Civil E.I.R.L.
Angela Patricia Rivas Viloria
MSc. ING. CIVIL. DIP 53304

📍 Prolongación Av. Matías Manzanillo N° 905, Ica
✉ epicret.peru@gmail.com
☎ +51 946 971 128

EPICRET /

ANEXO 4 – B7: Sales Solubles Totales Agregado fino



ANALISIS FISICO - QUIMICO DE AGREGADOS

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022

PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA

FECHA: ENERO DEL 2022

MATERIAL: AGREGADO FINO

PARAMETROS	REPORTE EN p.p.m.	REPORTE EN %	NORMATIVA
PH 6.7	-	-	Conductimetro
Sales Solubles	750	0.07500	G. Volatizacion



Especialistas En Proyectos De Ingeniería De Concreto, E.I.R.L.
Andrés...
MSO INGENIERO EN CIENCIAS

📍 Prolongación Av. Matías Manzanilla N° 905, Ica
✉ epicret.peru@gmail.com
☎ +51 946 971 128

EPICRET /

ANEXO 4 – B8: Absorción y Densidad Relativa Agregado fino



ANALISIS FISICO - QUIMICO DE AGREGADOS

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022
MATERIAL: AGREGADO FINO

PARAMETROS	REPORTE EN p.p.m.	REPORTE EN %	NORMATIVA
PH 6.7	-	-	Conductimetro
Sales Solubles	750	0.07500	G. Volatizacion



Especialistas En Proyectos
De Ingeniería De Concreto, E.I.R.L.
Anexo 4 - B8: Absorción y Densidad
MSQ INGENIEROS Y ARQUITECTOS

📍 Prolongación Av. Matías Manzanilla N° 905, Ica
✉ epicret.peru@gmail.com
☎ +51 946 971 128

EPICRET /

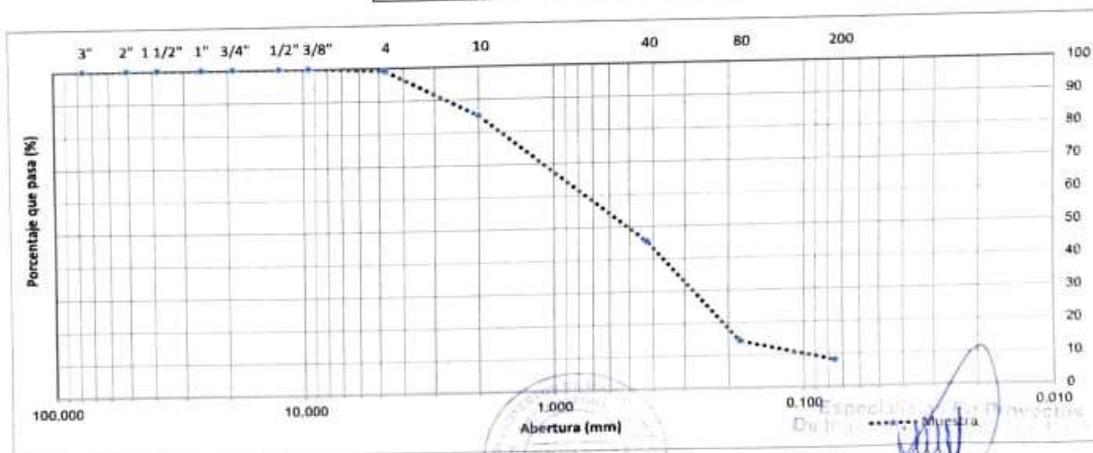
ANEXO 4 – B9: Análisis Granulométrico Agregado fino



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE NTP 400.012 - NTE CE.010

SOLICITANTE(S): ALARCÓN VENTURA, KARLA ALEXANDRA - HIDALGO SERVELEÓN, MARÍA LUISA
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL PET Y PVC RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, ICA 2022
PROCEDENCIA: DPTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA
FECHA: ENERO DEL 2022
MUESTRA: AGREGADO FINO

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	3.80	0.87	0.87	99.13
Nº 10	2.000	61.40	14.11	14.99	85.01
Nº 40	0.425	171.60	39.45	54.44	45.56
Nº 80	0.180	136.40	31.36	85.79	14.21
Nº 200	0.075	26.80	6.16	91.95	8.05
< Nº 200	FONDO	35.00	8.05	100.00	0.00
		435.0	100.0		



ANEXO 4 - C1: 3 Certificados de calibración



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument
Rangos
Measurement range
FABRICANTE
Manufacturer
Modelo
Model
Serie
Identification number
Ubicación de la máquina
Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference
Intervalo calibrado
Calibrated interval

Solicitante

Customer
Dirección
Address
Ciudad
City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard
Tipo / Modelo
Type / Model

Rangos
Measurement range
Fabricante
Manufacturer

No. serie
Identification number
Certificado de calibración
Calibration certification
Incertidumbre de medida
Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration
Unidades de medida
Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration
FECHA DE EXPEDICIÓN
Date of issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS
Number of pages of the certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatories

Téc. Giner A. Huapari Poquioma
Responsable Laboratorio de Metrología

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

5 000 kgf

A&A INSTRUMENTS

STM – 1

130811

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L
NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L
PRO. MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA
ICA

T71P / DEF – A

5000 kgf

OHAUS / KELI

B504530209 / AGB8505

N° CC – 1752 – 2021

0.062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2022 – 01 – 19

2022 – 01 – 22

Pág. 1 de 3

3



● Teléfono
(01) 622 – 5814
● Celular
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

✉ Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E LL 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **019-2022 GLF**
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS MARSHALL Y CBR

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN **Resolución:** 0.02 kgf

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kgf	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
		kgf	kgf	No Aplica	kgf	No Aplica
10	500.0	505.6	500.8		507.2	
20	1000.0	1007.8	1000.4		1009.0	
30	1500.0	1507.2	1498.6		1506.0	
40	2000.0	2002.0	1993.2		1999.8	
50	2500.0	2493.8	2484.2	No Aplica	2490.2	No Aplica
60	3000.0	2982.4	2971.8		2977.4	
70	3500.0	3467.4	3455.0		3459.6	
80	4000.0	3947.6	3936.2		3940.8	
90	4500.0	4424.6	4411.0		4416.8	
100	5000.0	4986.5	4976.8		4982.4	
Indicación después de Carga:		0.0	0.0		0.0	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kgf	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	500.0	-0.90	1.27			0.004	0.769
20	1000.0	-0.57	0.86			0.002	0.544
30	1500.0	-0.26	0.57			0.001	0.371
40	2000.0	0.08	0.44			0.001	0.282
50	2500.0	0.43	0.39	No Aplica	No Aplica	0.001	0.245
60	3000.0	0.77	0.36			0.001	0.228
70	3500.0	1.14	0.36			0.001	0.231
80	4000.0	1.48	0.29			0.001	0.194
90	4500.0	1.87	0.31			0.000	0.203
100	5000.0	0.36	0.19			0.000	0.149
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 30.5 °C Humedad Mínima: 40.0 %Hr
Temperatura Máxima: 30.6 °C Humedad Máxima: 40.0 %Hr



Telefono: (01) 622 - 5814
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 019-2022 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios aces (%)	Cero fe (%)	Resolución a (%) en el 20%
1,87	0,86	No Aplica	No Aplica	0,00	0,002

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 2 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables de Si calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B504530209 / AGB8505, con incertidumbre del orden de 0,062 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 1752 – 2021.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición, "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 019-2022 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

Téc. Gilmer A. Huaman Poggioma
Responsable Laboratorio de Metrología



● Teléfono:
(01) 622 - 5814
● Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E. Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 023-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-01-22

1. SOLICITANTE : ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

DIRECCIÓN : PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : SPS4001F

NÚMERO DE SERIE : 71310600861

ALCANCE DE INDICACIÓN : 4100 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-01-19

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4* - ABRIL, 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA



Gilmer Antonio Huamani Paquima
Responsable del Laboratorio de Metrología



📞 Teléfono:
101 822 - 5814
📱 Celular:
952 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E.LL. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30.3 °C	30.3 °C
Humedad Relativa	40 %	40 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 428 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 4000 g la balanza indicó 3999.5 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.

Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición	Carga L1=	Inicial			Final		
		Temp. (°C)	30.3	30.3	Temp. (°C)	30.3	30.3
N°	l(g)	Δ L (g)	E (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	
1	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.007	0.043	
2	2,000.0	0.007	0.043	4,000.0	0.006	0.044	
3	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.002	0.048	
4	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.007	0.043	
5	2,000.0	0.008	0.044	4,000.0	0.005	0.045	
6	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.003	0.047	
7	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.003	0.047	
8	2,000.0	0.006	0.044	4,000.0	0.006	0.044	
9	2,000.0	0.007	0.043	4,000.0	0.007	0.043	
10	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.006	0.042	
Carga Máxima		0.003				0.006	
Emp Máximo permitido ±		0.2 g		±		0.3 g	





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _s				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (g)	Eo(mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)
1	0.1	0.1	0.005	0.045	1,400.0	1,400.0	0.007	0.043	-0.002
2		0.1	0.007	0.043		1,400.0	0.004	0.046	0.003
3		0.1	0.003	0.047		1,400.0	0.005	0.045	-0.002
4		0.1	0.008	0.042		1,400.0	0.004	0.046	0.004
5		0.1	0.005	0.045		1,400.0	0.007	0.043	-0.002

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200.0 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	
0.1	0.1	0.006	0.044						0.100
0.5	0.5	0.006	0.044	0.000	0.5	0.006	0.044	0.000	0.100
1.0	1.0	0.006	0.042	-0.002	1.0	0.005	0.045	0.001	0.100
10.0	10.0	0.006	0.044	0.000	10.0	-0.007	0.043	-0.001	0.100
100.0	100.0	0.007	0.043	-0.001	100.0	0.006	0.044	0.000	0.100
500.0	500.0	0.006	0.044	0.000	500.0	0.004	0.046	0.002	0.100
800.0	800.0	0.007	0.043	-0.001	800.0	0.005	0.045	0.001	0.200
1,000.0	1,000.0	0.004	0.046	0.002	1,000.0	0.006	0.044	0.000	0.200
2,000.0	2,000.0	0.006	0.044	0.000	2,000.0	0.003	0.047	0.003	0.200
3,000.0	3,000.0	0.007	0.043	-0.001	3,000.0	0.005	0.045	0.001	0.300
4,000.0	4,000.0	0.006	0.042	-0.002	4,000.0	0.008	0.042	-0.002	0.300

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 028E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{017E-04 \text{ g}^2 + 002E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)





LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 021 - 2022 GLML

Fecha : 2022-01-22

Solicitante: ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L.
Dirección: PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA - ICA - ICA

Instrumento / Tipo: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

Marca: PYS EQUIPOS

Modelo / Serie: STMH - 3 / 190141

Fecha de Calibración: 2022-01-22

Norma Utilizada Como Referencia: ASTM C 131 - 1

Instrumentos Utilizados: Pie de Rey Digital Certificado: N° L - 1417 - 2021

Balanza Ohaus Certificado: N° 023 - 2022 GLM

Cronómetro Certificado: N° 1025-4813435

Método de Calibración: Comparación Directa

Esferas Maquina de los Angeles				
Valor Nominal	Peso (g)	Diametro 1	Diametro 2	Promedio L
V	390 g - 445 g ± 1 g	(mm)	(mm)	(mm)
1	418.70	46.76	46.77	46.77
2	418.70	46.77	46.76	46.77
3	418.80	46.72	46.55	46.64
4	418.90	46.77	46.77	46.77
5	418.70	46.73	46.76	46.75
6	418.80	46.77	46.75	46.76
7	418.80	46.77	46.78	46.78
8	418.70	46.78	46.77	46.78
9	418.80	46.78	46.78	46.78
10	418.70	46.75	46.78	46.77
11	418.90	46.76	46.77	46.77
12	418.70	46.77	46.60	46.69
Masa Total	5025.20	5000 ± 25 g		

Numero de vueltas	
N° de vueltas programado en el indicador del equipo	N° de vueltas contadas
5	5
10	10
50	50
100	100
150	150
300	300
400	400
500	500
550	550

Numero de vueltas	
Tiempo (min)	N° de vueltas contadas
1	31
6	183
12	364



(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas en las condiciones y condiciones en que se realizaron.
G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.

Telefono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2022-01-22

1. SOLICITANTE : ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE
INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

DIRECCIÓN : PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 805 ICA –
ICA – ICA

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : A&A INSTRUMENTES

MODELO : ATHX-2A

NÚMERO DE SERIE : 15787

PROCEDENCIA : NO PRESENTA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

UBICACIÓN : LABORATORIO

Descripción del Termometro del Equipo

Tipo : Digital

Alcance de Indicación : 1 °C a 250 °C

División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2022-01-19

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE
INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009, del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	30.6	30.6
Humedad Relativa %HR	38	38

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas	CC - 8319 - 2021

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C, no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Téc. Olimpia Huamán Requena
Responsable del Laboratorio de Metrología

Teléfono:
(01) 622 - 5804
Celular:
992 - 302 - 803 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.


7. RESULTADOS DE MEDICIÓN
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	113.5	114.6	112.4	116.7	111.3	116.0	115.5	119.2	120.3	116.3	115.6	9
02	110.0	113.3	114.3	112.3	116.4	111.3	115.6	115.5	118.2	119.9	116.4	115.3	8.6
04	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
06	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9.0
08	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
10	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
12	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
14	110.1	113.3	114.1	112.3	116.2	111.1	115.6	115.4	118.5	120.3	115.7	115.3	9.2
16	110.0	113.4	114.0	112.4	116.8	111.3	115.9	115.8	119.3	120.7	116.4	115.6	9.4
18	109.9	113.3	114.1	112.6	116.6	111.3	115.8	115.6	119.0	120.3	116.3	115.5	9
20	110.0	113.5	114.4	112.5	116.9	111.4	115.7	115.7	119.3	120.9	116.4	115.7	9.5
22	109.9	113.8	114.6	112.7	116.9	111.4	115.9	115.5	119.5	120.4	116.2	115.7	9
24	110.1	113.2	114.1	112.4	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
26	110.0	113.5	114.6	112.4	116.7	111.3	116.0	115.5	119.2	120.3	116.3	115.6	9.0
28	110.0	113.3	114.3	112.3	116.4	111.3	115.6	115.5	118.2	119.9	116.4	115.3	8.6
30	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
32	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9
34	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
36	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
38	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
40	110.1	113.3	114.1	112.3	116.2	111.1	115.6	115.4	118.5	120.3	115.7	115.3	9.2
42	110.0	113.4	114.0	112.4	116.8	111.3	115.9	115.8	119.3	120.7	116.4	115.6	9.4
44	109.9	113.3	114.1	112.6	116.6	111.3	115.8	115.6	119.0	120.3	116.3	115.5	9
46	110.0	113.5	114.4	112.5	116.9	111.4	115.7	115.7	119.3	120.9	116.4	115.7	9.5
48	109.9	113.8	114.6	112.7	116.9	111.4	115.9	115.5	119.5	120.4	116.2	115.7	9
50	110.1	113.2	114.1	112.4	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
52	110.0	113.2	114.1	112.3	116.6	111.3	115.5	115.6	118.8	120.1	116.2	115.4	8.8
54	110.0	113.2	114.4	112.4	116.6	111.2	115.6	115.8	118.0	120.2	116.3	115.4	9
56	110.0	113.2	114.6	112.7	116.7	111.2	115.8	115.8	118.8	120.1	116.4	115.5	8.9
58	110.1	113.3	114.2	112.6	116.7	111.2	115.7	115.7	119.0	120.6	116.4	115.5	9.4
60	110.1	113.3	114.3	112.5	116.4	111.2	115.6	115.9	119.4	120.3	116.3	115.5	9.1
T. PROM.	110.0	113.3	114.3	112.5	116.6	111.3	115.7	115.7	118.9	120.3	116.3	115.5	
T. MAX	110.1	113.8	114.6	112.7	116.9	111.4	116.0	115.9	119.5	120.9	116.4		
T. MIN	109.9	113.2	114.0	112.3	116.2	111.1	115.5	115.4	118.0	119.9	115.7		
DTT	0.2	0.6	0.6	0.4	0.7	0.3	0.5	0.5	1.5	1.0	0.7		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	120.9	0.3
Mínima Temperatura Medida	111.1	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.5	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	9.1	0.3
Estabilidad Medida (±)	0.75	0.04
Uniformidad Medida	9.5	0.3

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
 T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
 T. MAX: Temperatura máxima.
 T. MIN: Temperatura mínima.
 DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





LABORATORIO DE
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT

Página 3 de 4

8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

9. FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR DEL EQUIPO



Telefono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

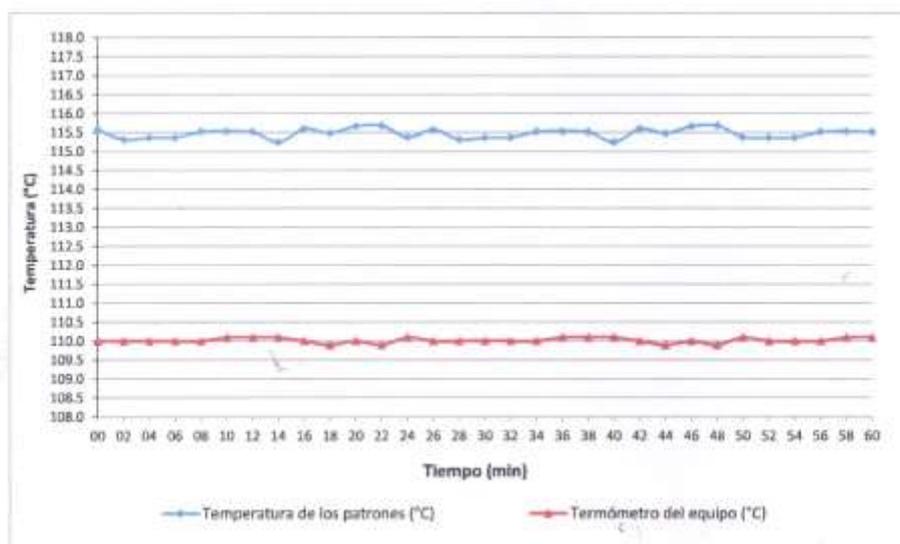
Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

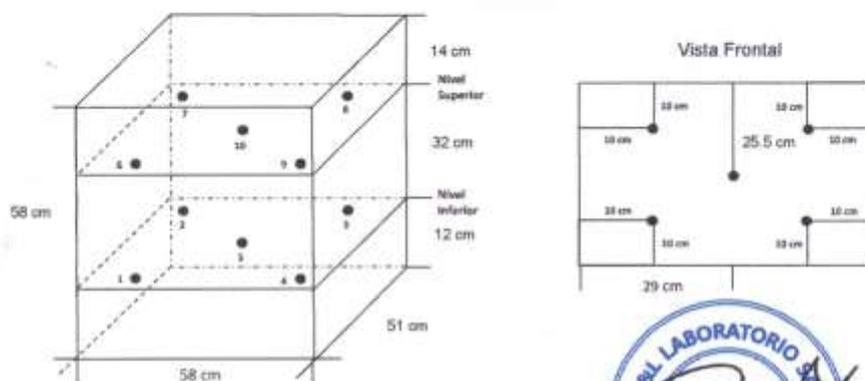
Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.



ANEXO 6: FOTOGRAFÍAS

Ensayo de Marshall- Mezcla Convencional



Peso de los agregados a emplear



Verificación de la T° del agregado



Compactación de 75 golpes por cara



Briqueta antes del desmolde



Briquetas desmoldadas



Desmolde de las briquetas



Peso de la briqueta



Peso de la briqueta sumergida



Estabilidad y Flujo Marshall



Briquetas después de realizado el ensayo



Ruptura de las briquetas tras la aplicación de las cargas

Ensayo de Marshall con adición de PET



Peso de los agregados y del PET



Peso de los agregados y del PET



PET reciclado tamizado y pesado



Mezcla de los agregados con el PET



Mezcla de los agregados con el PET



Mezcla de los materiales con el C.A.



Desmolde de las briquetas con PET



Ensayo Marshall con 1% de PET



Ensayo Marshall con 5% de PET



Briquetas rotas después del ensayo

Ensayo de Marshall con adición de PVC



Peso de los agregados y del PVC



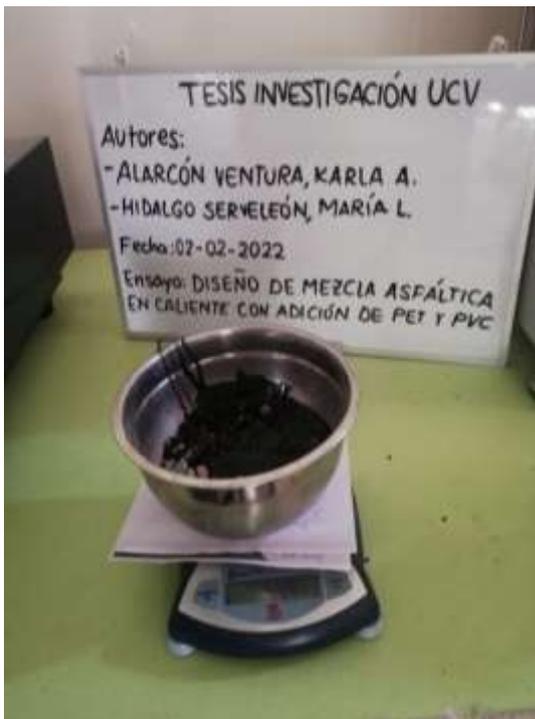
Peso de los agregados y del PVC



PVC reciclado tamizado y pesado



Combinación del PVC con los agregados



Peso del cemento asfáltico



Proceso de mezclado de los materiales



Briquetas con la adición de PVC



Ensayo Marshall con 1% de PVC

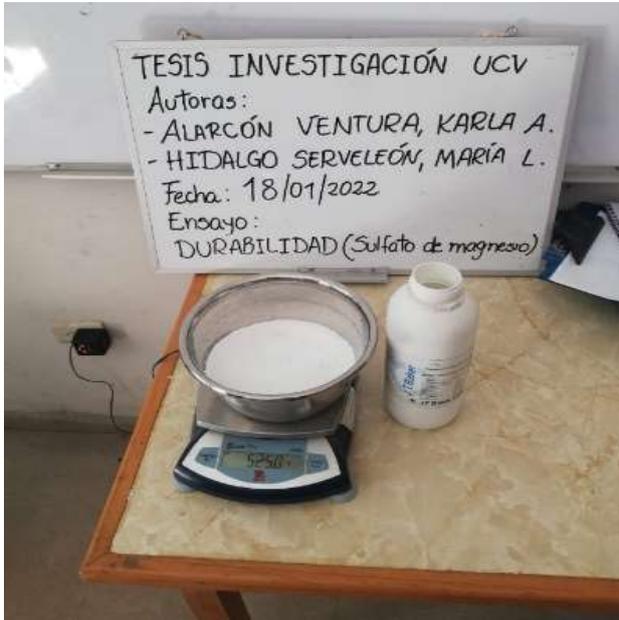


Ensayo Marshall con 3% de PVC



Ensayo Marshall con 5% de PVC

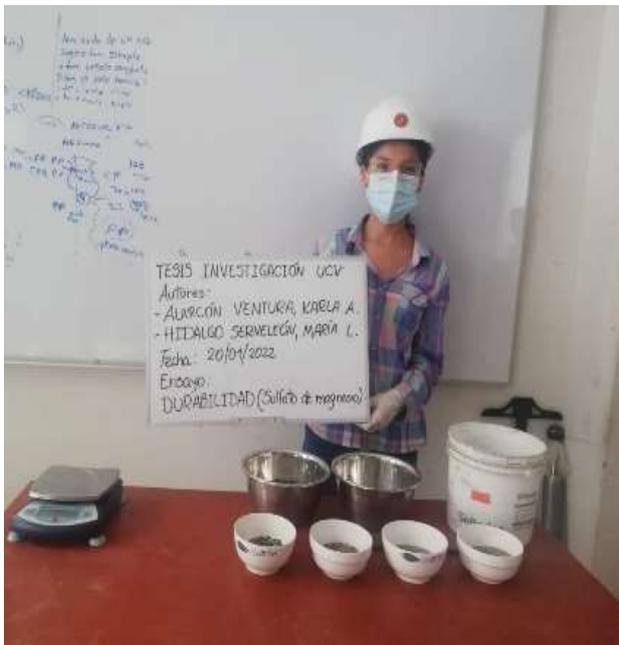
Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio



Medición del sulfato de magnesio



Disolución del sulfato de magnesio



Vertido de la solución en los agregados



Agregados después de la inmersión



Arrojo de la solución del agregado



Medición de los agregados por tamices

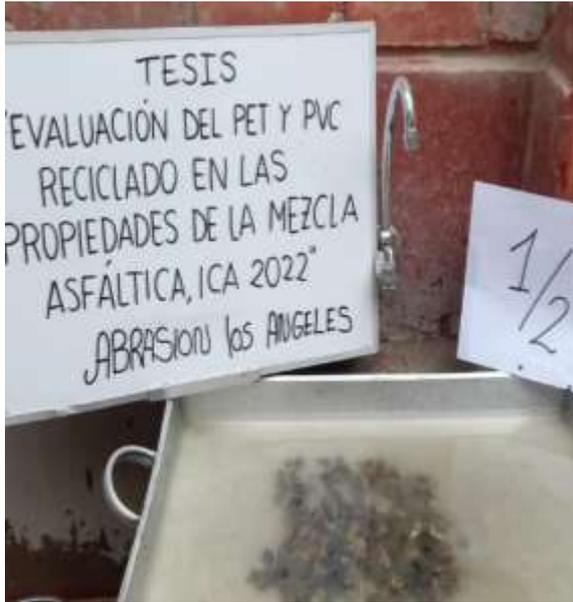
Ensayo Abrasión Los Ángeles



Cuarteo del agregado grueso



Material tamizado a emplear.



Lavado del agregado grueso de 1/2".



Material después del secado en el horno



Colocación en la Máquina Los Ángeles.



Medición del peso del agregado.

Ensayo de Adherencia



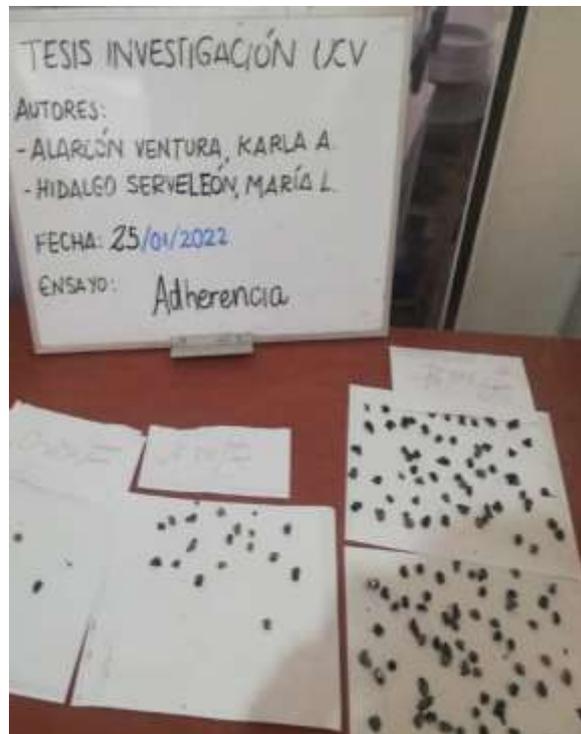
Vertido del ligante en la bandeja



Colocado de las partículas en la bandeja



Retiro de las partículas una por una



Evaluación del % de asfalto pegado

Ensayo de Partículas Chatas y Alargadas



Tamizado del agregado grueso a emplear

Material tamizado



Clasificación de la muestra

Material Clasificado

Ensayo de Caras Fracturadas



Material clasificado por tamiz



Cualificación de la muestra



Material de una cara fracturada



Material de dos caras fracturadas

Ensayo de Absorción y Densidad Relativa Agregado Grueso



Tamizado de la muestra



Agregado sumergido en agua



Material saturado después de 24 horas



Secado del agregado grueso



Colocación de la muestra en la cesta



Peso de la muestra en el agua

Equivalente De Arena



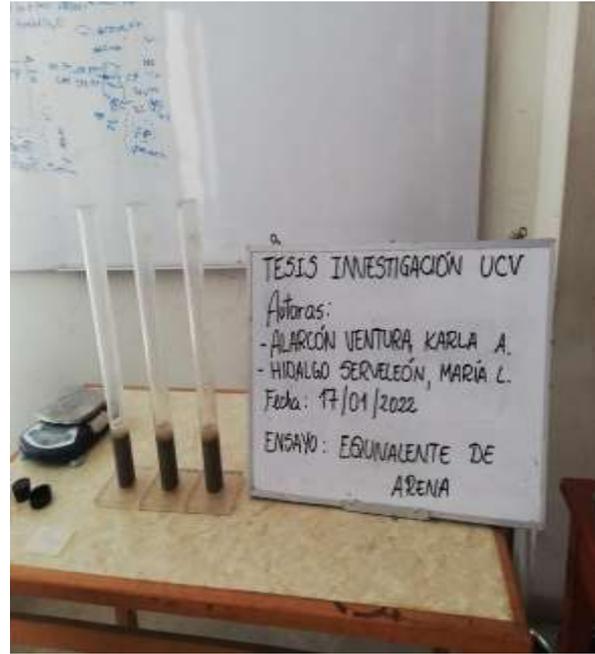
Materiales y equipos a emplear



Cuarteo del agregado



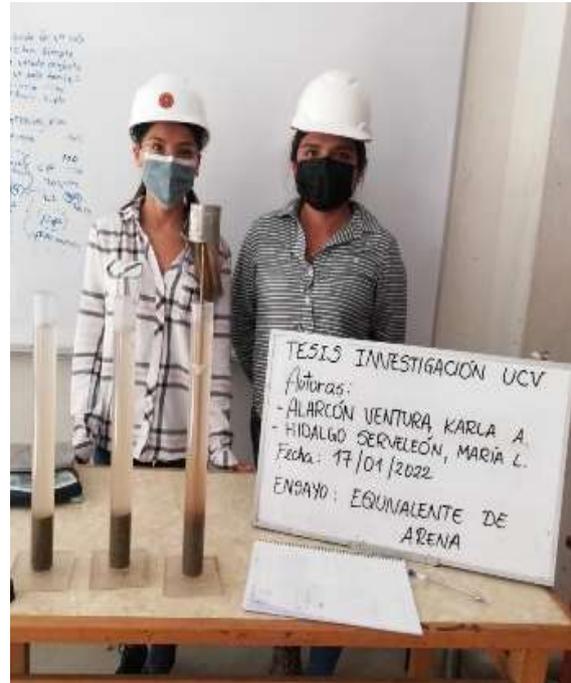
Vertido del material en la probeta



Reposo de las probetas por 10 min.

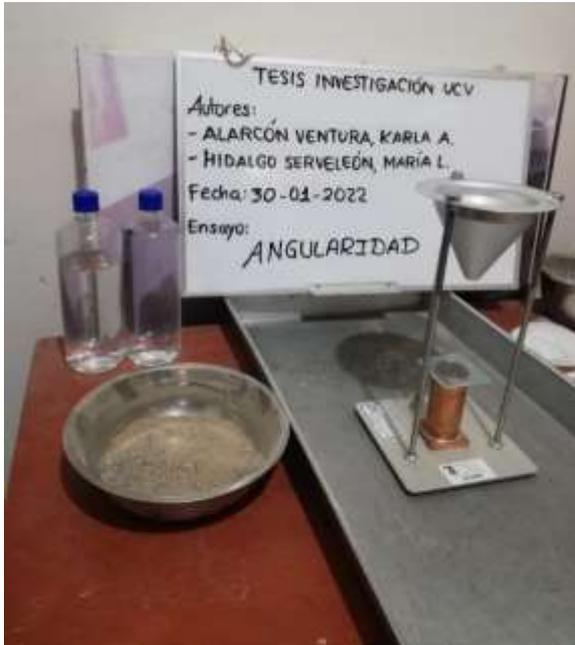


Irrigación de las paredes de la probeta



Lectura del material asentado

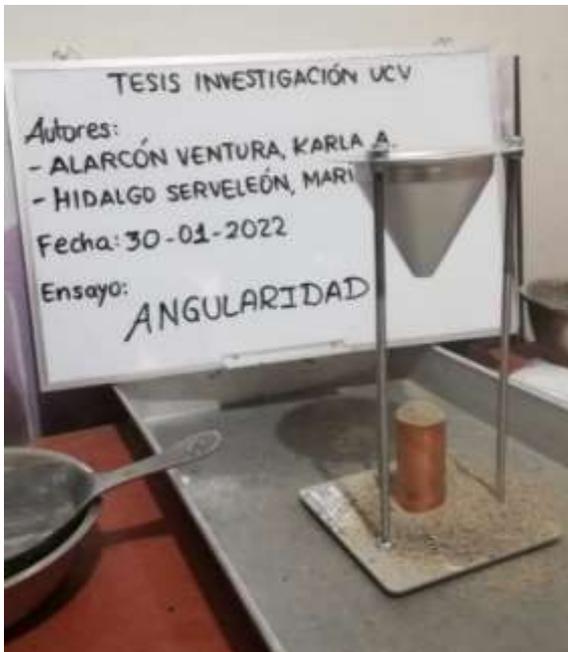
Angularidad Agregado Fino



Material y equipo a emplear



Vertido del Material



Rebose del cilindro



Material enrasado

Ensayo de Azul de Metileno



Vaciado del material en la probeta



Lectura de la aureola azul

Índice de Plasticidad



Tamizado del material



Colocación del agregado en Casagrande

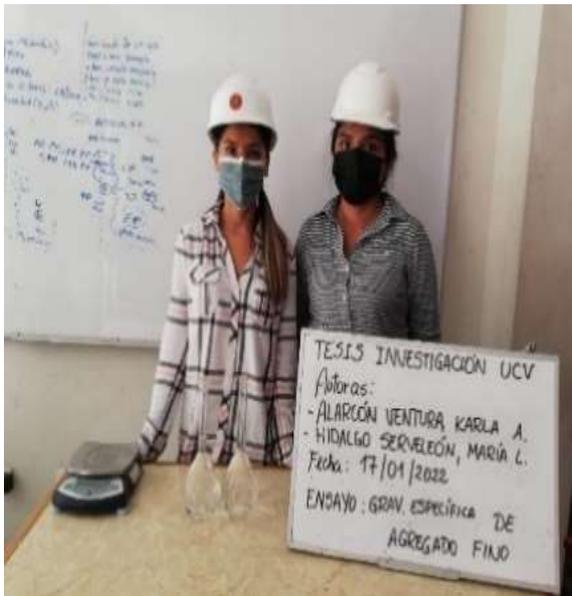


Abertura realizada en la cuchara



Realización de los golpes

Absorción y Densidad Relativa del Agregado Fino



Frasco volumétrico



Apisonado del material en el cono



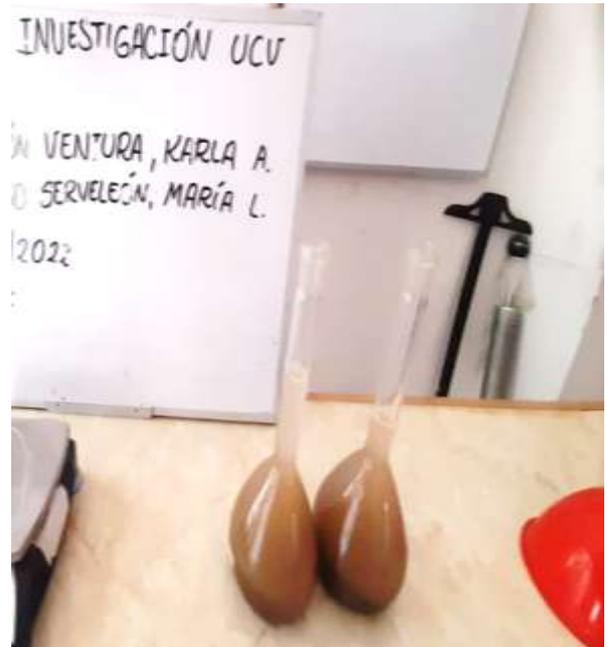
Retiro de molde cónico



Vaciado de la muestra en la fiola



Agitado del frasco



Llenado del frasco

Análisis Granulométricos de los Agregados



Mallas ordenadas a emplear



Vertido del agregado en las mallas



Medición del material tamizado



Clasificación del agregado por tamiz