

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**INCORPORACIÓN DE FILLER CALIZO CON  
FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS  
PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LA  
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. PAEZ CHILQUILLO, SAMUEL EDGARDO**

**ASESOR:**

**MG. RANDO PORRAS OLARTE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:**

**NUEVAS TECNOLOGIAS Y PROCESOS**

**Huancayo – Perú**

**2023**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
Presidente

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario Docente

## **DEDICATORIA**

A mis padres por el apoyo incondicional y el apoyo moral para realizar mis sueños. A los ingenieros quienes me brindaron su apoyo para desarrollar y concluir la presente tesis.

Bach. Paez Chilquillo, Samuel Edgardo

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por protegerme, brindarme salud y guiarme durante mi carrera estudiantil. A la Universidad Peruana los Andes, en especial a la Facultad de Ingeniería y a los catedráticos, al Ing. Rando Porras Olarte por su ayuda, necesidades y consejos para la realización de esta tesis. Por último, pero no menos importante, a mi familia por su apoyo incondicional y la oportunidad de convertirme en ingeniero civil.

Bach. Paez Chilquillo, Samuel Edgardo



## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0091 - FI -2023

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulada:

**INCORPORACIÓN DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **BACH. PAEZ CHILQUILLO SAMUEL EDGARDO**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERA CIVIL**

Asesor(a) : **ING. RANDO PORRAS OLARTE**

Fue analizado con fecha **28/11/2023**; con **139 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

X

**Excluye citas.**

X

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **18 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 28 de Noviembre de 2023.



**MTRA. LIZET DORIELA MAÑTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>6</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2. Delimitación del problema.....	18
1.2.1. Espacial.....	18
1.2.2. Temporal.....	18
1.2.3. Económica.....	18
1.3. Formulación del problema .....	18
1.3.1. Problema general.....	18
1.3.2. Problemas específicos.....	19
1.4. Justificación de la investigación .....	19
1.4.1. Justificación práctica o social.....	19
1.4.2. Justificación científica o teórica.....	19
1.4.3. Justificación metodológica.....	20
1.5. Objetivos de la investigación .....	20
1.5.1. Objetivo general .....	20
1.5.2. Objetivos específicos .....	20
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	21
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	24
2.2. Bases teóricas o científicos .....	27
2.2.1. Filler Caliza.....	27
2.2.2. Fibras de polipropileno .....	27
2.2.3. Pavimento.....	28

2.2.4.	Pavimento flexible .....	28
2.2.5.	Mezclas asfálticas .....	29
2.2.6.	Cemento asfáltico.....	30
2.2.7.	Mezcla asfáltica en caliente .....	31
2.2.8.	Método Marshall .....	36
2.2.9.	Diseño MAC .....	38
2.3.	Marco conceptual.....	40
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>41</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>		<b>41</b>
3.1.	Hipótesis .....	41
3.1.1.	Hipótesis general.....	41
3.1.2.	Hipótesis específica.....	41
3.2.	Variables .....	41
3.2.1.	Definición conceptual de las variables.....	41
3.2.2.	Definición operacional de la variable .....	42
3.2.3.	Operacionalización de variables .....	43
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>44</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>44</b>
4.1.	Método de investigación .....	44
4.2.	Tipo de investigación .....	44
4.3.	Nivel de la investigación.....	45
4.4.	Diseño de la investigación .....	45
4.5.	Población y muestra.....	45
4.5.1.	Población.....	45
4.5.2.	Muestra.....	45
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
4.6.1.	<b>Técnicas.....</b>	46
4.6.2.	<b>Instrumentos.....</b>	48
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	50
4.7.1.	Técnicas de procesamiento de datos .....	50
4.7.2.	Técnicas de análisis de datos.....	51
4.8.	Aspectos éticos de la investigación.....	52
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>53</b>
<b>RESULTADOS .....</b>		<b>53</b>
5.1.	Descripción del diseño tecnológico .....	53
5.2.	Descripción de resultados .....	53

5.2.1.	Combinación de agregados pétreos (Ag. Grueso – Ag. Fino – Filler 1%- Fibra 0%)	53
5.3.	Diseño de mezcla asfáltica Marshall (PEN 85/100)	55
5.7.	Análisis de las propiedades de la mezcla asfáltica	63
5.7.1.	Análisis del peso unitario de la mezcla	63
5.7.2.	Análisis del porcentaje de vacíos (%)	64
5.7.3.	Análisis del VMA (%)	65
5.7.4.	Análisis de vacíos llenados con C.A (%)	66
5.7.5.	Análisis del flujo (mm)	68
5.8.	Contrastación de hipótesis	72
5.8.1.	Estabilidad (Hipótesis específica 1)	72
5.8.2.	Flujo (Hipótesis específica 2)	73
5.8.3.	Índice de Rigidez (Hipótesis específica 3)	74
5.8.4.	VMA (Hipótesis específica 4)	76
5.8.5.	Desgaste (Hipótesis específica 5)	77
<b>CAPÍTULO VI</b>		<b>80</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>		<b>80</b>
6.1.	Discusión de resultados con antecedentes	80
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>83</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>86</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>91</b>
<b>Anexo N°01: Matriz de Consistencia</b>		<b>92</b>
<b>Anexo N°02: Matriz de Operacionalización de variables</b>		<b>94</b>
<b>Anexo N°03: Matriz de Operacionalización de instrumento</b>		<b>96</b>
<b>Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación</b>		<b>98</b>
<b>Anexo N°05: Confiabilidad y validez del instrumento</b>		<b>131</b>
<b>Anexo N°06: La data del procesamiento de datos</b>		<b>136</b>
<b>Anexo N°07: La data del procesamiento de datos</b>		<b>138</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades físicas del agua.....	31
Tabla 2: Mezclas asfálticas en caliente.....	32
Tabla 3: Causas y efectos de la estabilidad.....	33
Tabla 4: Causas y efectos de la permeabilidad.....	34
Tabla 5: Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad.....	35
Tabla 6: Requerimientos para los agregados gruesos.....	37
Tabla 7: Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC).....	38
Tabla 8: Parámetros para el diseño de MAC.....	39
Tabla 9. Operacionalización de variables.....	43
Tabla 10: Distribución de muestras.....	46
Tabla 11: Rangos y Magnitudes de validez.....	48
Tabla 12: Validación de expertos.....	49
Tabla 13: Nivel de Confiabilidad.....	49
Tabla 14: Evaluación de expertos de dimensiones e indicadores.....	49
Tabla 15: Alfa de Cronbach.....	50
Tabla 16: Gradación de la combinación granulométrica.....	53
Tabla 17: Gradación de la combinación granulométrica con 1% de fibra.....	54
Tabla 18: Gradación de la combinación granulométrica con 2% de fibra.....	54
Tabla 19: Gradación de la combinación granulométrica con 3% de fibra.....	54
Tabla 20: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100).....	55
Tabla 21: Resultados a la óptima dosificación.....	56
Tabla 22: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100) –fibra de polipropileno.....	57
Tabla 23: Resultados a la óptima dosificación.....	58
Tabla 24: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100) – 2% de fibra de polipropileno.....	59
Tabla 25: Resultados a la óptima dosificación – 2% de fibra de polipropileno.....	61
Tabla 26: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100) – 3% de fibra de polipropileno.....	61
Tabla 27: Resultados a la óptima dosificación – 3% de fibra de polipropileno.....	63
Tabla 28: Resumen de resultados del peso unitario de la MZ + fibra de polipropileno.....	63
Tabla 29: Análisis del Peso Unitario.....	64
Tabla 30: Resultados del % de vacíos en el asfalto con fibra de polipropileno.....	64
Tabla 31: Análisis del Porcentaje de Vacíos.....	65

Tabla 32: Resumen de los resultados del % de vacíos VMA de la MZ + fibra de polipropileno .....	65
Tabla 33: Análisis estadístico del Porcentaje del V.M.A. ....	66
Tabla 34: Resumen de los resultados de Vacíos llenados con C.A (%) de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno .....	67
Tabla 35: Análisis estadístico del Porcentaje del V.M.A. ....	67
Tabla 36: Resumen del flujo de la MZ con fibra de polipropileno.....	68
Tabla 37: Análisis de la Variación del Flujo (mm).....	68
Tabla 38: Resumen de los resultados de la estabilidad de la MZ + fibra de polipropileno...	69
Tabla 39: Análisis de la estabilidad (kg). ....	69
Tabla 40: Resumen de la rigidez de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno.....	70
Tabla 41: Análisis del Índice de Rigidez (kg/cm). ....	70
Tabla 42: Resumen del desgaste de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno .....	71

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura N° 1: Ruta del Sol - Colombia.....	16
Figura N° 2: Avenida Jesús – Arequipa, Perú .....	17
Figura N° 3: Mapa de la provincia de Huancayo .....	18
Figura N° 4: Estructura Molecular del Polipropileno .....	27
Figura N° 5: Estructura de pavimentos flexibles .....	28
Figura N° 6. Mezclas asfálticas en caliente nuevas tendencias .....	29
Figura N° 7. Densidad de la mezcla asfáltica .....	29
Figura N° 8: Vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica .....	30
Figura N° 9: Contenido de asfalto en briqueta.....	30
Figura N° 10: Cemento asfáltico en mezcla asfálticas en caliente. ....	31
Figura N° 11: Estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente. ....	33
Figura N° 12: Trabajabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.....	35
Figura N° 13: Prensa Marshall.....	36
Figura N° 14: Ficha de caracterización de mezclas bituminosas.....	47
Figura N° 15: Ficha de caracterización de briquetas. ....	47
Figura N° 16: Ficha de ensayo de densidad relativa.....	48
Figura N° 17: A) Granulometría de la combinación granulométrica con 0% de fibra de polipropileno. B) granulométrica con 1% de fibra c) granulométrica con 2% de fibra y d) granulométrica con 3% de fibra de polipropileno.....	55
Figura N° 18: Índice de rigidez.....	56
Figura N° 19:A) Peso Unitario De La Mezcla Asfáltica, B) VMA (%), C) Flujo De La Mezcla (Mm), D) Porcentaje de Vacíos, E) Porcentaje de llenados con cemento asfáltico. F) Estabilidad de la mezcla.....	57
Figura N° 20: Índice de rigidez – 1% de fibra de polipropileno.....	58
Figura N° 21:A) Peso unitario de la mezcla asfáltica – 1% de fibra de polipropileno, B) VMA (%) – 1% de fibra de polipropileno, C) Flujo de la mezcla (mm) – 1% de fibra de polipropileno, D) Porcentaje de Vacíos – 1% de fibra de polipropileno, E) Porcentaje de llenados con cemento asfáltico – 1% de fibra de polipropileno F) Estabilidad de la mezcla – 1% de fibra de polipropileno.....	59
Figura N° 22:a) Peso unitario de la mezcla asfáltica, B) VMA (%), C) Flujo de la mezcla (mm), D) Porcentaje de Vacíos, e) Porcentaje de llenados con cemento asfáltico, F) Estabilidad de la mezcla – 2% de fibra de polipropileno.....	60

Figura N° 23: Índice de rigidez – 2% de fibra de polipropileno.....	61
Figura N° 24: a) Peso unitario de la mezcla asfáltica, B) VMA (%), C) Flujo de la mezcla (mm), D) Porcentaje de Vacíos, e) Porcentaje de llenados con cemento asfáltico, F) Estabilidad de la mezcla – 3% de fibra de polipropileno.....	62
Figura N° 25: Índice de rigidez – 3% de fibra de polipropileno.....	63
Figura N° 26: Comportamiento del peso unitario de la MZ + fibra de polipropileno.....	64
Figura N° 27: Comportamiento del porcentaje de vacíos de la MZ + fibra de polipropileno	65
Figura N° 28: Comportamiento Del % De Vma De La Mz + Fibra De Polipropileno .....	66
Figura N° 29: Comportamiento de los vacíos llenos con C.A% de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno .....	67
Figura N° 30: Comportamiento del flujo en la mezcla asfáltica.....	68
Figura N° 31: Comportamiento de la estabilidad del asfalto con el uso de la fibra de polipropileno.....	69
Figura N° 32: Rigidez de la mezcla asfáltica en caliente con fibra de polipropileno.....	70
Figura N° 33: Desgaste de la mezcla asfáltica en caliente con fibra de polipropileno.....	71
Figura N° 34: Prueba de normalidad – Estabilidad .....	72
Figura N° 35: Homogeneidad de varianzas – Estabilidad .....	72
Figura N° 36: Prueba de Anova – Estabilidad .....	73
Figura N° 37: Prueba de normalidad – Flujo .....	74
Figura N° 38: Prueba Kruskal-Wallis – Flujo .....	74
Figura N° 39: Prueba de normalidad – Índice de rigidez .....	75
Figura N° 40: Homogeneidad de varianzas – Estabilidad .....	75
Figura N° 41: Prueba de Anova – Índice de rigidez .....	76
Figura N° 42: Prueba de normalidad – VMA .....	76
Figura N° 43: Homogeneidad de varianzas – VMA.....	77
Figura N° 44: Prueba de Anova – VMA.....	77
Figura N° 45: Prueba de normalidad – Desgaste .....	78
Figura N° 46: Homogeneidad de varianzas – Desgaste.....	78
Figura N° 47: Prueba de Anova – Desgaste .....	79



## RESUMEN

La presente tesis se ha planteado como problema general: ¿Cuál es el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente?, siendo el objetivo general: Analizar el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, empleando un método de investigación científica de tipo aplicada de nivel correlacional con un diseño cuasi-experimental. Se logró como resultado óptimo y recomendado, que con el 1% de FP la estabilidad asciende un 26.11%, el flujo con 1% de FP se mantuvo constante como la MZ patrón con 4.00 mm, el índice de rigidez con el 1% tuvo un porcentaje ascendente de 10.36%, para VMA resultó con 1% de FP de -10.61% y finalmente el desgaste del MAC-2 con el 1% de FP alcanzó un -2.76%; finalmente se concluyó que el filler calizo con la fibra de polipropileno mejora la estabilidad y reduce el flujo dentro de los parámetros establecidos logrando obtener resultados satisfactorios sobre las mezclas asfálticas en caliente, también aumentando su durabilidad.; por otro lado, en 1% de fibra de polipropileno le otorgó a la mezcla asfáltica mejoras en sus propiedades físico mecánicas en 1% de dosificación, siendo este nuevo diseño una opción para futuras investigaciones y proyectos. Se recomienda La unión de fibras de polipropileno para poder incrementar el comportamiento mecánico es necesario poder analizar las longitudes de las fibras y las briquetas en el cual el espesor del pavimento aumentará o se reducirá.

**PALABRAS CLAVES:** Filler calizo, fibra de polipropileno, mezcla asfáltica.

## **ABSTRACT**

This thesis has been posed as a general problem: What is the effect of the limestone filler with polypropylene fiber on the physical-mechanical properties of the hot asphalt mix? The general objective being: Analyze the effect of the limestone filler with polypropylene fiber. polypropylene in the physical-mechanical properties of the hot mix asphalt, using an applied scientific research method at a correlational level with a quasi-experimental design. The optimal and recommended result was achieved that with 1% FP the stability increased by 26.11%, the flow with 1% FP remained constant like the standard MZ with 4.00 mm, the stiffness index with 1% had a increasing percentage of 10.36%, for VMA it resulted with 1% FP of -10.61% and finally the wear of the MAC-2 with 1% FP reached -2.76%; Finally, it was concluded that the limestone filler with the polypropylene fiber improves stability and reduces the flow within the established parameters, achieving satisfactory results on hot asphalt mixes, also increasing its durability.; On the other hand, 1% polypropylene fiber gave the asphalt mixture improvements in its physical-mechanical properties at 1% dosage, this new design being an option for future research and projects. It is recommended The joining of polypropylene fibers in order to increase the mechanical behavior is necessary to be able to analyze the lengths of the fibers and briquettes in which the thickness of the pavement will increase or reduce.

**KEYWORDS:** Limestone filler, polypropylene fiber, asphalt mixture.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: “Incorporación de filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente”, Esta investigación descubrió que la adición de relleno de filler calizo y fibra de polipropileno a las mezclas asfálticas en caliente mejora las propiedades físico-mecánicas del pavimento flexible, haciéndolo más duradero en nuestra zona y con nuestros materiales.

Para la realización de esta investigación fue se ha determinado aplicando las normas técnicas peruanas (NTP), American Association Standards Highway Transportation Officials (AASHTO), manual de especificaciones técnicas de carreteras (MTC) y el manual de ensayos de materiales (MTC) logrando así seguir las normativas establecidas obteniendo un buen producto como lo demostrado en esta investigación. La investigación tiene como **objetivo general:** Analizar el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, mediante la **metodología:** método científico, de tipo aplicada con nivel correlacional y diseño cuasi-experimental.

A continuación, se detalla cada capítulo por estará conformado dicha investigación:

**EL CAPÍTULO I.-** En esta sección se muestra el planteamiento del problema, el problema general, los problemas específicos, el objetivo general, los objetivos específicos de la investigación, la justificación de la investigación y las limitaciones de la investigación.

**EL CAPÍTULO II.-** Se presenta los antecedentes nacionales e internacionales relacionados a la investigación, el marco teórico, bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de hipótesis general y las hipótesis específicas.

**EL CAPÍTULO III.-** Se detalla la metodología empleada de la investigación, las variables independiente y dependiente, el método, el tipo, el diseño de la investigación, la población, la muestra y la operacionalización de variables.

**EL CAPÍTULO IV.-** Presenta el desarrollo de los resultados donde se realiza los resultados obtenidos en el laboratorio y su proceso de cálculo para su análisis representativo.

**EL CAPÍTULO V.-** Se realizó una discusión de los resultados con anteriores investigaciones y los resultados que se obtuvieron dando contraste y sustento a la investigación, además se muestran las conclusiones, recomendaciones y anexos pertenecientes a la investigación.

Bach. Paez Chilquillo, Samuel Edgardo

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional, la inversión que se realiza en materia de infraestructura vial en Colombia tiene un impacto positivo en su desarrollo económico, dado que un buen sistema de carreteras se convierte en la base para acceder al empleo, la atención médica, la educación y las conexiones sociales, siendo, por tanto, un elemento crucial en el desarrollo a nivel local y el crecimiento económico del país como nación en mercados mundiales. El desarrollo en infraestructura vial se puede traducir entonces, en mayor cantidad de kilómetros de vías, pero en un estado óptimo que permita la comunicación eficiente entre las diferentes regiones del país, las condiciones climáticas, las vías y carreteras suelen verse afectadas, necesitándose entender de primera mano el desempeño de las mezclas asfálticas convencionales, sus características físicas y químicas, para de esta manera establecer mecanismos de mejora que brinden la posibilidad de aumentar su vida útil y resistencia a las condiciones a las que son sometidas en los diferentes tráficos y que así puedan cumplir eficientemente con su propósito para el desarrollo socioeconómico del país. Navia, Pereira y Sarasti (2021)



*Figura N° 1:* Ruta del Sol - Colombia

Nota: Tomada de “El ocaso de la Ruta del Sol: queja del mal estado de la vía”, por Infobae. (2023)

A nivel nacional, el mal estado de las vías se relaciona con la aparición de diferentes patologías tales como envejecimiento prematuro, agrietamiento, pérdida de agregados y ahuellamiento, se evidencian dos grandes problemas, el primero relacionado con las temporadas de lluvia correspondiente a los meses entre diciembre y marzo, en los que las vías de la ciudad se ven severamente afectados por no contar con drenajes adecuados, y el segundo y aún más importante, la falta de consideración de todo el daño por humedad y la sensibilidad al agua, así como daños causados por estrés térmico que se presenta en los pavimentos y se evidencian en el mal estado de la capa de rodadura. Todas estas problemáticas tienen un impacto sobre la infraestructura y los costos de mantenimiento asociados, además de poner en peligro a los vehículos y comprometer la seguridad de los conductores, por lo tanto, generan interés por el estudio de sus causas, relacionadas principalmente con la calidad de los componentes de la mezcla asfáltica, es decir, la calidad de los agregados, la calidad del asfalto, los procesos de producción y construcción, y en menor medida, con la calidad de los diseños, también involucra la investigación de nuevos materiales como el polipropileno y otros componentes que ayuden a que el asfalto posea mejores propiedades. Ponce y Villa (2020)



*Figura N° 2: Avenida Jesús – Arequipa, Perú*

Nota: Tomada de “Jóvenes tapan huecos de vías”, por Diario EP. (2021)

A nivel local, en Huancayo los desperdicios plásticos abundan de sobremanera, su creciente producción y uso amenazan con contaminar cada rincón provocando daños al medio litoral y marino debido a que perduran en la naturaleza por largos periodos de tiempo. La mayoría de tramos de carreteras están diseñadas con mezclas asfálticas tradicionales las cuales son consecuentes a una disminución de su durabilidad o efectividad, por consiguiente, por los factores mencionados anteriormente, se busca implementar el uso del plástico como aditivo a la estructura del pavimento, ya que según investigaciones relacionadas al tema estas pueden mejorar o solventar algunos de los problemas que se presentan en las diversas propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica, y a su vez, contribuir al medio ambiente debido a que se conoce que el plástico es

responsable en gran parte de los residuos contaminantes que son acumulados a nivel global. Es por eso que se propone la investigación que consiste en la incorporación de Filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

## 1.2. Delimitación del problema

### 1.2.1. Espacial

La delimitación espacial está definida para la ciudad de Huancayo ubicada a 3 259 m.s.n.m para una capa de rodadura de 2” con materiales elaborados de la cantera del Rio Seco – San Lorenzo con un PEN de 85/100 como un ligante asfáltico para un tráfico pesado, con condiciones climáticas propiedades de una región cerca a la cordillera de los Andes.



Figura N° 3: Mapa de la provincia de Huancayo

Nota: Tomada de “Huancayo, Junín, Perú – Genealogía”, por FamilySearch. (2023)

### 1.2.2. Temporal

La delimitación temporal para el desarrollo, fue de 09 meses desde marzo del 2022 hasta diciembre del 2022.

### 1.2.3. Económica

El desarrollo de la investigación ha sido financiado en el 100% por parte del autor.

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es el cambio de la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?
- b) ¿Cuánto se modifica el flujo de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?
- c) ¿De qué manera afecta al índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?
- d) ¿Cuánto varía el VMA de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?
- e) ¿En qué porcentaje altera el desgaste de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación práctica o social**

Este tipo de justificación se utiliza cuando se plantea una solución a un problema de investigación determinado. Se refiere a las razones que señalan que la investigación propuesta ayudará en la solución de problemas o en la toma de decisiones y describir de qué modo los resultados de la investigación servirán para cambiar la realidad del ámbito de estudio (Samaniego, 2022).

La justificación practica permitirá determinar el comportamiento el filler calizo con fibra de polipropileno incorporado en la mezcla asfáltica en caliente, siendo el filler aquel que mejoraría la adherencia logrando una mayor consistencia y la fibra de polipropileno aumentar la deflexión del pavimento, con lo cual permitirá obtener un aspecto práctico que corresponda si la presente investigación resolverá un problema real y de ser el caso tenga relación con otros problemas prácticos.

### **1.4.2. Justificación científica o teórica**

Se debe realizar una justificación teórica cuando el tema elegido se enfoque a alguna teoría en particular. Este tipo de justificación tiene la función de lograr un debate académico y reflexiones que aporten más información. La justificación teórica busca aportar nuevo conocimiento, validez, teorías o argumentos a una investigación ya publicada (Rivas, 2022).

El manual de ensayo de materiales proporciona la justificación teórica para obtener la composición del pavimento a través del ligante asfáltico, ya que especifica los requisitos mínimos para el pavimento endurecido en relación con las solicitaciones.

La justificación teórica determina una generalización de resultados y logra llenar el vacío de conocimiento del uso de fibra de polipropileno en la mezcla asfáltica.

### **1.4.3. Justificación metodológica**

Se debe realizar la justificación metodológica cuando se proponga aplicar nuevos procedimientos o instrumentos metodológicos. Específicamente, describir la razón de utilizar la metodología planteada y describir las razones que sustentan un aporte por la utilización o creación de instrumentos y modelos de investigación (Samaniego, 2022).

La presente investigación pretende ayudarnos a evaluar y mejorar los instrumentos de recogida de datos, y corresponde a la observación entre el filler calizo con fibra de polipropileno incorporado en la mezcla bituminosa en caliente. Estos archivos servirán de base para futuras construcciones en nuestro entorno relacionadas con la durabilidad de los pavimentos flexibles.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Analizar el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Evaluar el cambio de la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar de filler calizo con fibra de polipropileno.
- b) Identificar la modificación del flujo de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.
- c) Analizar el efecto en el índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.
- d) Estimar la variación del VMA de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.
- e) Determinar el porcentaje de desgaste de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Pilares (2018), presentó la tesis de pregrado **titulada:** “Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporada para condiciones de zonas de altura”, fijo como **problema:** ¿Cuál es la influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en el comportamiento de mezclas asfálticas en caliente en condiciones de zonas de altura?, fijo como **objetivo general:** Determinar la influencia de las fibras de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente para condiciones de zonas de altura y se empleó una **metodología** de investigación de tipo aplicada con un diseño experimental, por ello se aplico la **solución:** De realizar un diseño de mezclas asfálticas en caliente convencionales y su potencial mejoramiento con la inclusión de fibras de polipropileno en diferentes proporciones utilizando diferentes métodos de ensayos, para mejorar el desempeño, y se tubo como **resultado:** El resultado del ensayo Marshall para el diseño modificado con 0.6 % de fibra muestra una estabilidad de 2029.4 kg y un flujo de 4.1 mm. Las otras características de la Mezcla modificada, tambien con 0.75 % de fibra muestra una estabilidad de 1371.4 kg y un flujo de 4.1 mm y finalmente se consiguio como **aporte:** *La utilización de fibra de polipropileno en una proporción de 0.6 % incrementa la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente en 38 % en relación al diseño de mezcla convencional. Este incremento de la estabilidad proporciona mayor respuesta estructural frente a cargas vehiculares.*

Pinedo y Vaca (2018), presentó la tesis de pregrado **titulada:** “Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018”, fijo como **problema:** ¿Cuál es el efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018?, planteo como **objetivo general:** Evaluar el efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente y se empleó una **metodología** de investigación de tipo aplicada de nivel explicativo, diseño experimental, dando una **solución:** Que consite en realizar un análisis experimental de una mezcla asfáltica en caliente modificada con fibra de polipropileno, buscando mejorar su comportamiento ante los efectos del tránsito, obteniendo como **resultado:** Que con 5.3 % de cemento asfáltico óptimo y una estabilidad de 1215 kg con un flujo de 3.35 mm, por otro lado, en mezcla modificada con 0.5, 1.5, 2.5 % de fibra de polipropileno, se obtuvieron estabilidades de 1154, 1271, 1141 kg y flujo de 2.95, 3.19, 3.46 mm por cada porcentaje de fibra, siendo la estabilidad adecuada obtenida de la curva de 1270 kg y un flujo de 3.16 mm con un porcentaje óptimo de fibra de 1.4 %, y se finalizó con el **aporte: De que el análisis de mezcla convencional, en comparación con la mezcla modificada con 1.5% de fibra de polipropileno presento menor pérdida de material y mayor resistencia a la disgregación de la mezcla, ante los efectos abrasivos y de succión originados por el tráfico.**

Cañari (2019), presento la tesis de pregrado **titulada:** “Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno”, fijo como **problema:** ¿Cuál es la influencia de la adición de fibras de polipropileno en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada mediante el proceso por vía seca, a través de ensayos de laboratorio, planteo como **objetivo general:** Determinar la influencia de la adición de fibras de polipropileno en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada mediante el proceso por vía seca y se empleó una **metodología** de investigación de tipo aplicada de nivel explicativo, dio como **solución:** Estudiar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno, está dirigido a determinar nuevas técnicas que mejoren el desempeño de las mezclas asfálticas el cual se realiza bajo los parámetros del ensayo Marshall para el diseño de las mezclas asfáltica, a partir del cual, se efectúa la modificación de la mezcla asfáltica con adición de la fibra de polipropileno, obtuvo como **resultado:** Que la adición de fibras de polipropileno en proporciones a 0.2%, 0.4% y 0.6% en relación al peso total de los agregados,

determinándose que la adición 0.2% de fibras influyen significativamente en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica, específicamente en la resistencia a la deformación con un incremento de 22% (estabilidad), resistencia a la tracción tiene un incremento de 41.3%, resistencia al desgaste una reducción de -5.28%, como ultimo se tubo como **aporte:** *Que la adición de fibras de polipropileno influyen significativamente en el incremento de los valores del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente modificada mediante el proceso de vía seca, según la propiedad de resistencia a la deformación, resistencia a la tracción indirecta y la resistencia al ahuellamiento permanente.*

Cabrejos y Vigo (2022) presento la tesis de pregrado **titulada:** “Influencia del tereftalato de polietileno en las propiedades físicas – mecánicas de una mezcla asfáltica, trujillo 2021”, fijo como **problema:** ¿Cuál es la influencia del tereftalato de polietileno en las propiedades físicas – mecánicas de la mezcla asfáltica?, el cual fija como **objetivo general:** Determinar la influencia del tereftalato de polietileno en las propiedades físicas-mecánicas de una mezcla asfáltica y se empleo una **metodologia** de investigación de tipo aplicada con un diseño experimental, por ello se aplico la **solución:** Un emplear un material reciclado como el tereftalato de polietileno (PET), el cual se usará como un componente adicional de las mezclas, y se tuvo como **resultado:** Que la mezcla óptima es con 60% de arena + 40% de grava +6% de cemento asfáltico + 1% de PET, para lo cual los valores del ensayo Marshall resultan 8.48 KN de estabilidad, 8.32 mm de flujo y 3.09 % de vacíos y finalmente presento como **aporte:** *Que el porcentaje ideal de tereftalato de polietileno (PET) el cual fue de 1%, este resultado salió de varios ensayos junto a otros porcentajes que fueron de 0.5%, 1% y 1.5%, siendo este porcentaje el que dio mejor desempeño en los ensayos de Marshall.*

Saavedra y Ypanaque (2018), presento la tesis de pregrado **titulada:** “Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall – 2018”, fijo como **problema:** ¿Cómo influye la incorporación del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico?, tambien planteo como **objetivo general:** Determinar la influencia del Polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico y se empleo una **metodologia** de diseño experimental, dio una **solución:** Que consiste en realizar una mezcla asfáltica modificada con fibra de polipropileno, buscando mejorar su comportamiento ante los efectos del tránsito, obtubo como **resultado:** Que el óptimo contenido del cemento asfáltico es de 5.5% teniendo en cuenta una mezcla fluida, por lo consecuente el

parámetro de relación estabilidad / flujo, observando una mezcla que cumple con las especificaciones establecidas en el reglamento, el polímero polipropileno que se utiliza en el concreto asfáltico dio como resultado un porcentaje de 5 % con respecto al peso del PEN 60/ 70 con una combinación de 37.5% de piedra chancada, 52% de arena y 5% de material filler , y se finalizó con el **aporte:** *De que el porcentaje óptimo de polímero polipropileno para el concreto asfáltico es el 5% con respecto al peso del pen 60-70. Con este porcentaje tenemos una estabilidad de 1292.71kg.*

### 2.1.2. Antecedentes internacionales.

Mardones (2018), presento la tesis de pregrado **titulada:** “Evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno” como **problema:** ¿Cuál es el resultado de la evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno?, fijo como **objetivo general:** Evaluar la influencia de la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, y se empleó una **metodología** de nivel explicativo, diseño experimental, dio como **solución:** La incorporación de diferentes porcentajes de fibras y la evaluación de las propiedades de fisuración térmica, daño por humedad y el comportamiento frente a las deformaciones permanentes, como **resultado:** Que las mezclas modificadas presentaron una mayor resistencia a tracción (Fmax) a la temperatura de -10 °C, mejorando entorno al 13% respecto a una mezcla patrón. A la temperatura de 0 °C la mezcla modificada presentó un comportamiento similar respecto a la mezcla de referencia y a los 10 °C se registró una disminución entorno a un 14% en el Fmax, como ultimo **aporte:** *Las fibras sintéticas muestra una disminución del módulo de rigidez entre un 10 y 17% en comparación a la mezcla de referencia para las temperaturas evaluadas, destacando que ambas mezclas cumplen con el 97% de la densidad Marshall.*

Navia, Pereira y Sarasti (2021) presento la tesis de pregrado **titulada:** “Análisis comparativo de la adición de fibras de polipropileno de desechos de Tapabocas en una mezcla convencional tipo MD-12 con asfalto 60/70 de la refinería de Barrancabermeja”, fijo como **problema:** ¿Cuál es el beneficio de utilizar fibras de desechos de tapabocas (polipropileno) como un agente modificador de las mezclas asfálticas? planteo como **objetivo general:** Evaluar el desempeño de la adición de fibras de polipropileno producto de desechos de la ciudad de Tapabocas en una mezcla asfáltica tipo MD-12 con asfalto de la refinería de Barrancabermeja y se empleó una **metodología** de

investigación de tipo aplicada de nivel explicativo, dando como **solución:** analizar el desempeño físico de una mezcla de asfalto con la adición por vía húmeda de fibras de polipropileno producto del desecho de tapabocas, para lo cual, en primera instancia se realizan ensayos de caracterización y elaboración de la mezcla, se obtuvo como **resultado:** La mezcla asfáltica con adición de las fibras de Polipropileno de tapabocas al 3% mantuvo sus características principales dentro de los rangos estipulados por la especificación técnica. Adicionalmente, la estabilidad y flujo de la mezcla incrementan en 10% y 3% respectivamente, como último se dio el **aporte:** *Que al modificar un asfalto base convencional de la refinería Barrancabermeja con porcentajes del 1%, 1.5% y 3% de fibras de polipropileno obtenidas del reciclaje de tapabocas, se presenta un aumento en la recuperación por torsión que crece con el porcentaje de fibras adicionadas, obteniendo para el asfalto adicionado al 3% una recuperación elástica del 15%.*

Castro (2021), presento la tesis de pregrado **titulada:** “Incidencia de la adición de polímeros en los hormigones asfálticos convencionales mezclados en planta para vías en el cantón ambato, provincia de Tungurahua”, planteo como **problema:** ¿Cuál es la incidencia de la adición de polímeros en los hormigones asfálticos convencionales mezclados en planta para vías en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua?, el cual fija como **objetivo general:** Analizar la incidencia de la adición de polímeros en hormigones asfálticos convencionales mezclado en planta y se empleó una **metodología** con método cuantitativo de tipo aplicada con un diseño experimental, por ello se aplicó la **solución:** Un emplear un material reciclado como el tereftalato de polietileno o PP, el cual se usará como un componente adicional de las mezclas, y se tubo como **resultado:** Que las briquetas con PP: estabilidad de 4600 lb, flujo de 25 (0.01 in) de flujo, porcentaje de vacíos con aire 8%, vacíos en el agregado mineral 26.4%, porcentaje de vacíos llenos de asfalto 71%. Briquetas con PET-PP: estabilidad de 1800 lb, flujo de 28 (0.01 in), porcentaje de vacíos con aire 11.6%, vacíos en el agregado mineral 30%, porcentaje de vacíos llenos de asfalto 61%. como **aporte:** *Que el porcentaje de 7.2% es con quien se obtiene mejor resultados.*

Guevara (2021), presento la tesis de pregrado **titulada:** “Caracterización fisicoquímica y determinación del grado de desempeño de asfalto de la Refinería Esmeraldas modificado con polipropileno”, fijo como **problema:** ¿Cuáles son los resultados Caracterización fisicoquímica y determinación del grado de desempeño de asfalto de la Refinería Esmeraldas modificado con polipropileno?, también planteo

como **objetivo general**: Determinar los resultados de la Caracterización fisicoquímica y determinación del grado de desempeño de asfalto de la Refinería Esmeraldas modificado con polipropileno y se empleó una **metodología** de diseño experimental, dando como **solución**: La adición de polipropileno en el asfalto para ver su caracterización físicoquímica, obteniendo como **resultado**: Que la determinación del grado de desempeño se encontró que el valor de las temperaturas de falla aumenta con el porcentaje de polímero. Según se puede ver que el asfalto al 1,0% PP (Polipropileno) es la concentración óptima dentro del rango analizado. A partir de este resultado se observa que la incorporación de polipropileno mejora el desempeño a altas temperaturas, y se finalizó con el **aporte**: *De que la viscosidad aumenta con el porcentaje de polipropileno en la mezcla. Por lo tanto, a temperaturas altas de servicio la viscosidad es mayor para asfalto modificado en comparación con asfalto convencional. Esto conlleva a la mejora del desempeño en campo.*

Sanchez (2022), presentó la tesis de pregrado **titulada**: “Diseño alternativo para concreto asfáltico modificado con polímeros plásticos reciclados provenientes de envases de alimentos y elementos de aseo aplicando la metodología de superficies de respuesta”, tubo como **problema**: ¿Cuál es el resultado del diseño alternativo para concreto asfáltico modificado con polímeros plásticos reciclados provenientes de envases de alimentos y elementos de aseo aplicando la metodología de superficies de respuesta?, también planteo como **objetivo general**: Diseñar concretos asfálticos modificados empleando el grano de polímero reciclado proveniente de envases de alimentos y elementos de aseo tales como el tereftalato de polietileno, el polipropileno y el polietileno de alta densidad mediante la aplicación de la metodología de superficies de respuesta y se empleó una **metodología** de nivel aplicado con diseño experimental, dando una **solución**: Que consiste en evaluar tres tipos de polímero, en términos de los contenidos de cemento asfáltico, las cantidades de grano de polímero reciclado provenientes de envases plásticos reciclados y las respectivas fórmulas de trabajo de las mezclas asfálticas para las condiciones óptimas como **resultado**: Que por el método Marshall para el GPR de PP se obtuvo una optimización que satisface los criterios de la especificación Art. 450-13 INV con respecto al asfalto del 3% al 16% y un contenido de asfalto entre 5.5 % al 5.8%. Para estas condiciones se cumplen todas las propiedades del diseño, el **aporte**: *De que el presente trabajo de investigación muestra las posibilidades de mitigación ambiental a algunos de los problemas que ocasionan los empaques y envases plásticos de un solo uso, al darle una reutilización a polímeros*

reciclados (PET, PP y PEAD), en la fabricación de mezclas asfálticas para capas de rodadura.

## 2.2. Bases teóricas o científicos

### 2.2.1. Filler Caliza

Para producir cemento, hay que moler las rocas calizas para extraerlo. Se trata de un aditivo mineral que queda atrapado en los filtros especiales mientras se está clinkerizando la materia prima y las minúsculas partículas empiezan a volatilizarse y a separarse del proceso. Tanto la norma ASTM C1157 como la norma nacional NTP 334.090 permiten el uso de este aditivo (Hidalgo, 2018).

- ✓ Ayuda a crear una granulometría homogénea, lo que mejora la trabajabilidad del hormigón (Hidalgo, 2018).
- ✓ Cierra los poros capilares, reteniendo el agua de la mezcla (Hidalgo, 2018).

### 2.2.2. Fibras de polipropileno

Es un compuesto orgánico perteneciente a la familia de los polímeros de poliolefinas, insaturado, termoplástico cristalino, semi rígido, translúcido, de baja densidad, con buena resistencia química, a la fatiga y a calor. Navia, Pereira y Sarasti (2021)

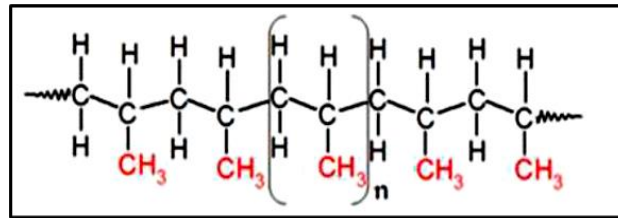


Figura N° 4: Estructura Molecular del Polipropileno

Nota: Tomada de Tomada de “Líneas de investigación”, por INTEC (2010)

Además, no presenta problemas de agrietamiento por tensión, y ofrecer una excelente resistencia eléctrica y química a altas temperaturas, el polipropileno también tiene una mayor rigidez, tenacidad, un punto de reblandecimiento más alto y una densidad más baja. Por otro lado, se tiene que el polipropileno es 100% reciclable. Navia, Pereira y Sarasti (2021)

Se pueden distinguir dos tipos de fibras de polipropileno que se diferencian en longitud:

- ✓ Las macrofibras: denominadas también fibras estructurales porque son capaces de reemplazar el refuerzo tradicional en forma de barras de acero y transferir cargas que actúan sobre la estructura; su longitud suele oscilar entre 30 y 50 mm. Navia, Pereira y Sarasti (2021)

- ✓ Las microfibras: Su objetivo principal es evitar la contracción plástica y restringir la creación de grietas en el pavimento, aumentando así la longevidad del elemento. Tiene un tamaño inferior a 30 mm y no soportan ningún peso. Navia, Pereira y Sarasti (2021)

### 2.2.3. Pavimento

El pavimento se compone de capas de diversos grosores y está diseñado para sostener a los automóviles cuando circulan sobre él. Los pavimentos deben tener una superficie de rodadura uniforme, el color y la textura adecuados y la capacidad de soportar el tráfico de vehículos como requisitos principales. También debe ser capaz de soportar otras sustancias nocivas, incluidas las cargas aportadas por los automóviles (Pilares, 2018).

### 2.2.4. Pavimento flexible

Tiene capas granulares como material de construcción y un aglutinante formado por capas bituminosas que actúan como áridos como capa de rodadura. El pavimento flexible cumple con las funciones de proporcionar una superficie segura y cómoda, además las capas soportan gran parte de las cargas de los vehículos. Están compuesto normalmente por cuatro capas: la subrasante, sub base, base granular y la carpeta asfáltica (Pilares, 2018).

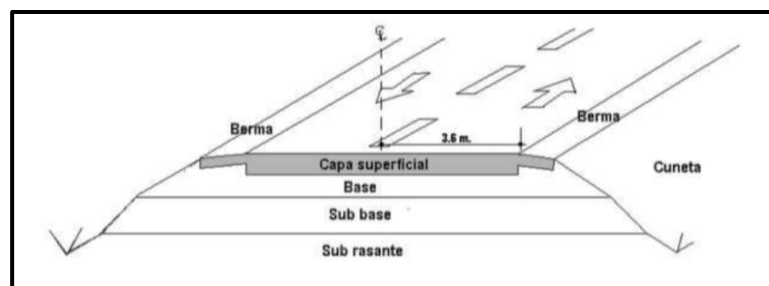


Figura N° 5: Estructura de pavimentos flexibles

Nota: Tomada de “Comparativo de las propiedades de un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y el uso de polímeros en la carretera Tosagua”, por Vaques, Escobar y Gaviria (2018)

#### A. Carpeta Asfáltica

Brinda una superficie estable, antideslizante y uniforme. Soporta gran parte de las cargas vehiculares, lluvia y radiación solar. Además, impide el paso de agua al interior del pavimento. (Pilares, 2018)

#### B. Base

Sostiene la capa de rodadura y soporta las presiones causadas por los coches en movimiento. Esta capa, que es semirrígida, puede ser asfáltica, granular estabilizada o granular. (Pilares, 2018).



### C. Sub base granular

En su construcción se emplean materiales menos costosos. uniformiza la transmisión de peso a la subrasante. (Pilares, 2018).

### D. Subrasante

Mantiene el pavimento en su sitio. Dado que el espesor del pavimento depende de las propiedades del suelo, existen procedimientos de estabilización o mejora que pretenden mejorar estas características. (Pilares, 2018).

#### 2.2.5. Mezclas asfálticas

Se utilizan en las capas subyacentes o asfálticas durante la construcción de pavimentos. Su objetivo es mejorar la asequibilidad, la seguridad y la experiencia de conducción. Conocida también como concreto asfáltico porque es la mezcla durante una temperatura de 135-185 °C del agregado y el cemento asfáltico. Rangel y Sarmiento (2010)



Figura N° 6. Mezclas asfálticas en caliente nuevas tendencias

Nota: Tomada de “asefma.es”, por ASEFMA. (2021)

Estas cualidades incluyen:

- ✓ **Densidad de la mezcla:** llamada también peso unitario ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Es importante tener una densidad alta para tener un rendimiento duradero (Pilares, 2018).

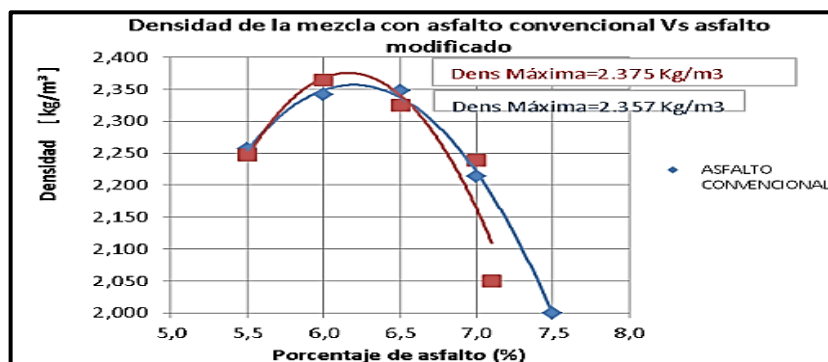


Figura N° 7. Densidad de la mezcla asfáltica

Nota: Tomada de “Comparativo de las propiedades de un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y el uso de polímeros en la carretera Tosagua. Escobar, Vásquez y Gaviria (2018)

- ✓ **Vacíos de aire:** Para apiñar, debe existir una cierta proporción de huecos donde pueda fluir el asfalto. permeabilidad de la mezcla disminuye al reducirse el número de huecos. A la inversa, menos espacio vacío puede permitir que más asfalto sea forzado a subir a la parte superior (Pilares, 2018).
- ✓ **Vacíos en el agregado mineral:** Son los huecos de las partículas de árido de la mezcla que están formados por aire. Cuanto mayor sea el espacio de aire, mayor será la superficie disponible para las películas de asfalto (Pilares, 2018).

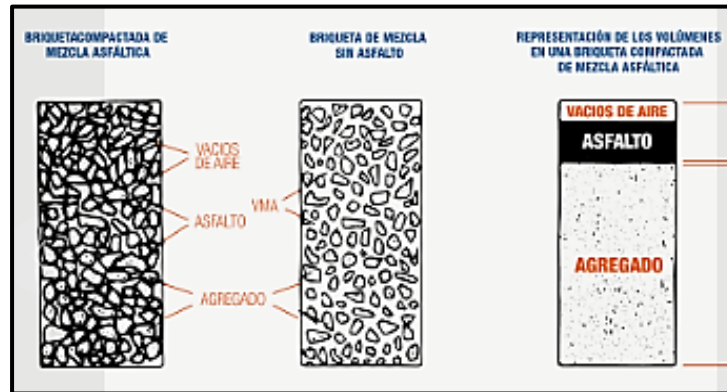


Figura N° 8: Vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica

Nota: Tomada de “Comparativo de las propiedades de un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y el uso de polímeros en la carretera Tosagua”, por Vaques, Escobar y Garivia. (2018)

- ✓ **Contenido de asfalto:** La cantidad del cemento asfáltico va depender de la absorción y la granulometría. Esto se comprueba en un laboratorio. Pinedo y Vaca (2018)



Figura N° 9: Contenido de asfalto en briqueta

Nota: Tomada de “Comparativo de las propiedades de un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y el uso de polímeros en la carretera Tosagua”, por Vaques, Escobar y Garivia. (2018)

## 2.2.6. Cemento asfáltico

Es un material sólido, negro y pringoso que se fabrica a partir del petróleo. Es una sustancia bituminosa compuesta de oxígeno, azufre, nitrógeno, hidrógeno y

carbón. Se vuelve líquido cuando se calienta, lo que facilita el recubrimiento de los áridos durante su procesamiento.

Debido a sus propiedades físicas únicas, que permiten emplearlo como aglutinante en mezclas asfálticas, se ha usado en la construcción de carreteras desde la antigüedad.



Figura N° 10: Cemento asfáltico en mezcla asfálticas en caliente.

Nota: Tomada de “Venta de asfalto en caliente”, por Asfalmax. (2017)

### 2.2.7. Mezcla asfáltica en caliente

Las que se elaboran en caliente utilizando cemento asfáltico y materiales pétreos. Para elaborar la mezcla es importante realizar un diseño que permita determinar el contenido de asfalto necesario. El control preciso de la composición asfáltica de la mezcla y de la temperatura ideal es esencial para producir mezclas asfálticas en caliente de alta calidad (Sánchez, 2022).

Tabla 1: Propiedades físicas del agua.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL			
24°C o más	24°C - 15°C	35°C - 5°C	Menos de 5°C
40°C – 50°C			
60°C – 70°C	60°C -70°C	85°C –100°C	Asfalto Modificado
Modificado		120°C - 150°C	

Nota: Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente”, por Asphalt Institute. (2001)

#### 2.2.7.1. Caracterización de la mezcla asfáltica en caliente

Los términos grado de viscosidad y grado de penetración se utilizan para describir el asfalto:

##### A. Caracterización por grado de viscosidad

Esta caracterización se basa en la medición de la viscosidad absoluta a 60 °C. A continuación, se asigna el grado de CA adecuado en función de la coherencia

del resultado, y las demás pruebas se utilizan para confirmar que se cumplen los criterios adicionales para este grado de CA.

Se mide en un viscosímetro capilar a 60°C, que es la temperatura máxima que puede alcanzar en funcionamiento, y a unos 135°C, que es la viscosidad de mezcla y de colocación, para determinar su situación. Pinedo y Vaca (2018)

*Tabla 2: Mezclas asfálticas en caliente*

CARACTERÍSTICAS	ENSAYO	GRADO DE VISCOSIDAD			
		AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta 60°C, Pa.s (Poises)	<b>MTC E 308</b>	50 +/- 5 (500+/-100)	100 +/- 20 (1000 +/- 200)	200 +/- 40 (2000 +/- 400)	400 +/- 80 (4000 +/- 800)
Viscosidad Cinemática, 135°C mm <sup>2</sup> /s, mínimo	<b>E 301</b>	100 MTC	150	210	300
Penetración 25°C, 100 gr. 5s mínimo	<b>MTC E 304</b>	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C, mínimo	<b>MTC E 303</b>	177	219	232	232
Solubilidad en Tricloroetileno % masa, mínimo	<b>MTC E 302</b>	99	99	99	99
Susceptibilidad Termina Ensayo de Película Delgada en Horno	<b>MTC E 316</b>	200	400	800	1600
*Viscosidad Absoluta, 60-C, Pa.s (Poises) máximo	<b>MTC E 304</b>	(2000)	(4000)	(8000)	(16000)
*Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm. Mínimo	<b>MTC E 306</b>	100	50	20	10
Ensayo de la mancha con solvente Heptano-xileno (opcional)	<b>MTC E 314</b>	<b>Negativo</b>	<b>Negativo</b>	<b>Negativo</b>	<b>Negativo</b>

Nota: Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente”, por Asphalt Institute. (2001)

### 2.2.7.2. Materiales utilizados para la mezcla asfáltica en caliente

Los procesos de laboratorio se utilizan para desarrollar mezclas asfálticas en caliente. Pinedo y Vaca (2018):

- ✓ Asfalto: Puede ser natural o modificado, y sirve de aglutinante en la combinación. No es el material ideal para pavimentar debido a sus propiedades físicas, que incluyen fuerza, flexibilidad y fuerte resistencia a ácidos, sales y alcoholes. Rangel y Sarmiento (2010)
- ✓ Agregado mineral: Son materiales triturados de diferentes tamaños que proporcionan resistencia y rigidez a la mezcla. Rangel y Sarmiento (2010)
- ✓ Aire: Son los vacíos de la mezcla asfáltica. Rangel y Sarmiento (2010)

- ✓ Filler o llenante mineral: Es una sustancia fina que produce la masilla que da cohesión cuando se combina con el asfalto. Rangel y Sarmiento (2010)

### 2.2.7.3. Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente

Las mezclas asfálticas en caliente deben desarrollarse, colocarse y crearse mediante técnicas de laboratorio para que tengan las cualidades requeridas (Cañari, 2019).

Existen propiedades que influyen en el diseño de pavimentos de buena calidad:

#### A. Estabilidad

Es la capacidad del pavimento para soportar el pandeo provocado por el tráfico pesado. Las canalizaciones y ondulaciones del pavimento son el resultado de una mezcla inestable (Cañari, 2019).

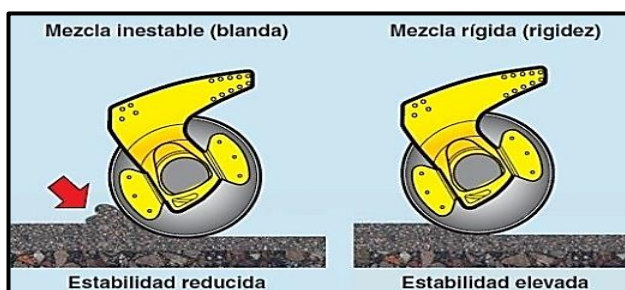


Figura N° 11: Estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.

Nota: Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente”, por Asphalt Institute. (2001)

Antes de establecer los criterios de estabilidad se realiza un estudio de tráfico. Aunque los requisitos de estabilidad no deben fijarse demasiado altos para crear un pavimento excesivamente rígido, sí deben ser lo bastante altos para soportar el tráfico previsto (Cañari, 2019).

Tabla 3: Causas y efectos de la estabilidad

CAUSAS	EFECTOS
“Exceso de asfalto en la mezcla”	“Ondulaciones, ahuellamientos y afloramiento o exudación.”
“Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla”	“Baja resistencia durante la compactación y posteriormente, durante un cierto tiempo; dificultad para la compactación.”
“Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas”	“Ahuellamiento y canalización.”

Nota: Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente”, por Asphalt Institute. (2001)

#### B. Durabilidad

La resistencia de la mezcla asfáltica a la deformación provocada por los elementos, el volumen de tráfico y otras circunstancias. Utilizar la mayor cantidad

de asfalto posible, una gradación gruesa de material resistente a la rotura, y mezclar y compactar la mezcla para garantizar una impermeabilización óptima pueden contribuir a una mayor durabilidad (Sánchez, 2022).

### C. Permeabilidad

Es la mezcla de no ser lixiviada por el agua o el aire en su interior o a través de ella. Se define por el tamaño de los huecos independientemente de si están unidos o no. Sin embargo, es necesario que exista un grado específico de permeabilidad, dentro de unas limitaciones definidas, en las mezclas asfálticas (Sánchez, 2022).

*Tabla 4: Causas y efectos de la permeabilidad*

CAUSAS	EFFECTOS
“Bajo contenido de asfalto”	“Las películas delgadas de asfalto causarán tempranamente, un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.”
“Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño”	“El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento, causando oxidación Y desintegración de la mezcla.”
“Compactación inadecuada.”	“Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a la infiltración de agua y baja”

Nota: Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente”, por Asphalt Institute. (2001)

### D. Trabajabilidad

Qué sencillo es colocar y condensar una mezcla. Es sencillo colocar y comprimir mezclas con excelente trabajabilidad, mientras que es más difícil colocar y compactar mezclas con baja trabajabilidad. Las características de la mezcla, el tipo de árido y/o la granulometría pueden modificarse para aumentar la trabajabilidad. Las mezclas gruesas suelen ser difíciles de comprimir y tienden a separarse durante su manipulación. Además, una alta concentración de carga mineral puede hacer que la mezcla sea pegajosa y difícil de comprimir (Sánchez, 2022).

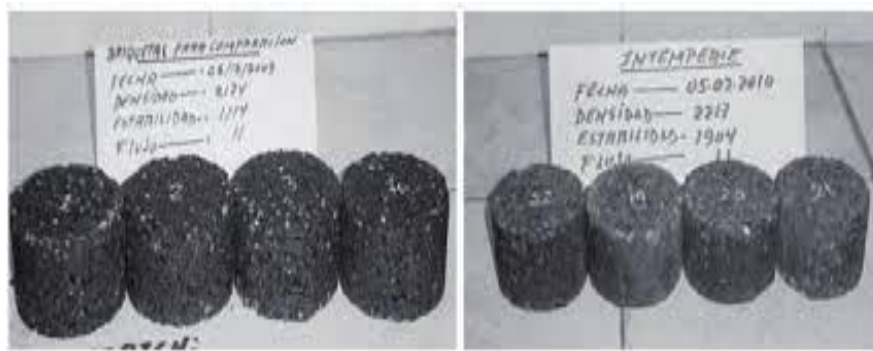


Figura N° 12: Trabajabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.

Nota: Tomada de “Propuesta de norma para elaboración de mezcla asfáltica almacenable, para bacheos y reparaciones de emergencia, por Jugo. (2013)

Tabla 5: Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad

CAUSAS	EFFECTOS
“Tamaño máximo de partícula: grande”	“Superficie áspera, difícil de colocar.”
“Demasiado agregado grueso”	“Puede ser difícil de compactar”
“Temperatura muy baja de mezcla”	“Agregado sin revestir, mezcla poco durable superficie áspera, difícil de compactar.”
“Demasiada arena de tamaño medio”	“La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda.”
“Bajo contenido de relleno mineral”	“Mezcla tierna, altamente permeable”
“Alto contenido de relleno mineral”	“Mezcla muy viscosa, difícil de manejar, poco durable.”

Nota: Tomada de “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente”, por Asphalt Institute. (2001)

### E. Flexibilidad

Es la capacidad de las mezclas hechas de asfalto para flexionarse sin romperse. Cuando los pavimentos son más resistentes a la deformación elástica, se vuelven más flexibles. Es la proporción entre la fuerza aplicada y la deformación resultante. Dado que las subrasantes se asientan o expanden continuamente, la flexibilidad es una propiedad deseada para todos los pavimentos asfálticos (Sánchez, 2022).

### F. Resistencia a la fatiga

La capacidad de los pavimentos para soportar la tensión constante y repetitiva de los volúmenes y cargas de tráfico. Tanto la viscosidad del asfalto como los huecos afectan significativamente a la resistencia a la fatiga. La

resistencia del pavimento a la fatiga se reduce a medida que aumenta la proporción de huecos en él. Del mismo modo, los pavimentos asfálticos envejecidos y endurecidos presentan una menor resistencia al desgaste (Sánchez, 2022).

### **G. Resistencia al deslizamiento**

Es la fuerza que se crea cuando los neumáticos se deslizan sobre la superficie del pavimento, reduciendo la probabilidad de que las ruedas patinen o resbalen, especialmente en superficies mojadas. La resistencia al derrape se prueba sobre el terreno a una velocidad de 65 km/h (40 mi/h) utilizando una rueda convencional en circunstancias controladas de humedad en la superficie del pavimento. La resistencia al derrape de una superficie de pavimento con baches es mayor que la de una superficie lisa (Sánchez, 2022).

### **2.2.8. Método Marshall**

Bruce Marshall, antiguo ingeniero de betunes del Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi, inventó el método Marshall de diseño de mezclas de pavimentación. El objetivo de este procedimiento es determinar la composición ideal del asfalto para una mezcla de áridos determinada. Además, la técnica especifica las densidades y contenidos en huecos ideales que deben satisfacerse durante la construcción del pavimento y ofrece información sobre las cualidades de las mezclas asfálticas en caliente. Rangel y Sarmiento (2010)

Se aplica exclusivamente a las mezclas de pavimentación asfáltica en caliente que emplean cemento asfáltico clasificado por viscosidad o penetración, incluyendo partículas con tamaños máximos de 1 pulgada (25,0 mm) o menos. Rangel y Sarmiento (2010)



*Figura N° 13: Prensa Marshall*

Nota: Tomada de “Manual Del Asfalto - Instituto Del Asfalto”, por Velásquez (1973)



El procedimiento detallado que debe seguir está en la norma ASTM D 1559. Rangel y Sarmiento (2010)

Determinar las cualidades que debe poseer la mezcla de pavimentación es el primer paso en el proceso de diseño. A continuación, hay que elegir un tipo de asfalto y un árido que funcionen bien juntos para conseguir esas características. Una vez finalizado este procedimiento, pueden realizarse pruebas. Rangel y Sarmiento (2010)

### 2.2.8.1. Procedimiento del ensayo Marshall

#### A. Selección de las muestras de material

Para hacer la mezcla de pavimentación, hay que recoger muestras del árido y del asfalto. Es crucial que las propiedades de las muestras de asfalto coincidan con las del asfalto que se utilizará en la mezcla acabada. Lo mismo debería aplicarse a las muestras combinadas. Gonzáles y Luquillas (2019)

#### B. Preparación del agregado

Es necesario conocer la relación viscosidad-temperatura del cemento asfáltico que se va a utilizar para calcular las temperaturas de mezcla y compactación en el laboratorio. Por consiguiente, las operaciones preparatorias se centran en el agregado, con el objetivo de establecer con precisión sus propiedades. Estos procesos incluyen el análisis de la granulometría del árido, el cálculo de su peso específico y su secado. Gonzáles y Luquillas (2019)

- ✓ Secado el Agregado: En la medida de lo posible, los áridos deben estar exentos de humedad para poder utilizar el método Marshall. De este modo se evita que los resultados de las pruebas se vean afectados por la humedad.
- ✓ Análisis Granulométrico: Es el proceso para identificar proporciones de diferentes tamaños de nuestra muestra.
- ✓ Determinación del Peso Específico: Puede determinarse dividiéndola por el peso de una unidad equivalente de agua para obtener su gravedad específica.

La tabla siguiente muestra las pruebas pertinentes para determinar la calidad de los agregados:

*Tabla 6: Requerimientos 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
Absorción*	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

Nota: Tomada de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”, por (MTC/14, 2015)

### C. Preparación de las muestras (Probetas) de ensayo

Para producir muestras de prueba de posibles mezclas de pavimentación, se varía la cantidad de asfalto en cada una de ellas. Basándose en la experiencia previa con los áridos de la mezcla, se elige la gama de contenidos de asfalto utilizados en las briquetas de prueba. Los resultados del análisis granulométrico se utilizan para determinar la cantidad de árido en las mezclas. Gonzáles y Luquillas (2019)

### D. Procedimiento

La técnica consta de tres pasos. Son los siguientes:

- ✓ Determinación del Peso Específico Total: En cuanto las probetas recién comprimidas alcanzan la temperatura ambiente, se comprueba. Un estudio preciso de densidad-vacío requiere esta medición exacta de la gravedad. Gonzáles y Luquillas (2019)
- ✓ Ensayos de Estabilidad y Fluencia: Evaluar la resistencia de la mezcla a la deformación es el objetivo de la prueba de estabilidad. La deformación de la mezcla bajo carga se mide mediante un fenómeno denominado fluencia. Gonzáles y Luquillas (2019)

### E. Análisis de densidad y vacíos

Una vez finalizados los ensayos de estabilidad y fluencia, cada conjunto de probetas se somete a un análisis de densidad y de huecos, cuyo objetivo es determinar la proporción de huecos en la mezcla compactada. MTC (2013).

#### 2.2.9. Diseño MAC

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (HMA) debe cumplir varios de los siguientes rangos de granulometría. MTC (2013).

*Tabla 7: Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)*

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		

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

Nota: Tomada de "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción", por (MTC/14, 2015)

Los atributos de calidad de la mezcla asfáltica deben cumplir las especificaciones de las mezclas de hormigón bituminoso, teniendo en cuenta el diseño del proyecto y el tipo de mezcla que se generará. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013)

*Tabla 8: Parámetros para el diseño de MAC*

Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53kN
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			
<b>Inmersión - Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa.	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)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	80 mín.		

Nota: Tomada de "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción", por (MTC/14, 2015)

### 2.3. Marco conceptual

**a) Asfalto:**

Este material (negro), que se encuentra en enormes yacimientos naturales, se obtiene de la destilación del petróleo crudo y se utiliza como revestimiento impermeable para paredes y tejados, así como para pavimentar carreteras. Cabana y Arenas (2015)

**b) Abrasión:**

Degradación del material provocada por variables externas como los productos químicos y las fuerzas de la naturaleza (Romero, 2018).

**c) Compactación:**

Acción de reducir el volumen de una sustancia mediante compresión. Vela y Meléndez (2019)

**d) Filler.**

Polvo mineral fino desprovisto de contenido biológico y partículas de arcilla, como cemento hidráulico, cal u otra sustancia inerte. Tiene que cumplir estos requisitos en cuanto al tamaño de las partículas: La proporción de material que pasa por los tamices a 0,630, 0,315 y 0,080 es del 100%, del 95% al 100% y del 70% al 100%, respectivamente (Mamani, 2019).

**e) Mezcla asfáltica en caliente:**

La combinación de cemento asfáltico y árido debe aplicarse y compactarse a alta temperatura (Mamani, 2019).

**f) Peso Específico:**

Peso de una sustancia en un volumen cualquiera dividido por el peso de la misma cantidad de agua a una temperatura determinada” (Mamani, 2019).

**g) Polimerización:**

método de unión de dos o más moléculas para crear unidades estructurales (Ricse, 2023).

**h) Vacíos en el agregado mineral.**

Los huecos entre las partículas de áridos en una mezcla de pavimento compactado se conocen como huecos en el mineral (VAM) (Mamani, 2019).

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El filler calizo con fibra de polipropileno mejora las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

##### **3.1.2. Hipótesis específica**

- a) La estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente cambia de manera significativa al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.
- b) El flujo de la mezcla asfáltica en caliente mejora al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.
- c) El índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente incrementa notablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.
- d) El VMA de la mezcla asfáltica en caliente varía positivamente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.
- e) El desgaste de la mezcla asfáltica en caliente se altera considerablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

#### **3.2. Variables**

##### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

###### **a) Variable independiente (X)**

###### **Fibra de polipropileno**

El filler es un producto finamente molido, de naturaleza caliza, cuya granulometría tiene una gama entre 45 y 300 micras (1mm = 1000 micras). Mediante

una adecuada dosificación en función de su granulometría, mejoran las propiedades físicas y de las mezclas bituminosas retardando su envejecimiento (Hidalgo, 2018).

#### **b) Variable dependiente (Y)**

##### **Propiedades Físico- Mecánicas**

Son propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica tales como la susceptibilidad térmica, la rigidez y la resistencia al envejecimiento, a las deformaciones plásticas y a la fatiga, ya sea por factores climatológicos y del tránsito. Forero, García y Martínez (2015)

#### **3.2.2. Definición operacional de la variable**

##### **a) Variable independiente (X)**

##### **Filler calizo con fibra de polipropileno**

Se debe identificar la variable filler calizo con fibra de polipropileno, para luego trabajar en función a sus dimensiones:

- D1: Propiedades químicas
- D2: Propiedades físicas
- D3: Dosificación

Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.

Cada una de estas se divide en un indicador.

##### **b) Variable Dependiente (Y)**

##### **Propiedades Físico – Mecánicas**

Se debe identificar las propiedades físico mecánicas, para luego trabajar en función a sus dimensiones:

- D1: Estabilidad
- D2: Flujo
- D3: Índice de Rigidez
- D4: VMA
- D5: Desgaste

Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.

### 3.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 9. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
<b>1: Variable Independiente</b>  Filler calizo con fibra de polipropileno	El filler es un producto finamente molido, de naturaleza caliza, cuya granulometría tiene una gama entre 45 y 300 micras (1mm = 1000 micras). Mediante una adecuada dosificación en función de su granulometría, mejoran las propiedades físicas y de las mezclas bituminosas retardando su envejecimiento (Hidalgo, 2018).	Se debe identificar la variable filler calizo con fibra de polipropileno, para luego trabajar en función a sus dimensiones: ➢ D1: Propiedades químicas ➢ D2: Propiedades físicas ➢ D3: Dosificación  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.  Cada una de estas se divide en un indicador.	Propiedades Químicas	Composición Química	Ficha Técnica		X			
			Propiedades Físicas	Granulometría	Ensayo granulométrico		X			
			Dosificación	Diseño Marshall	Manual de Materiales		X			
<b>2: Variable Dependiente</b>  Propiedades Físico – Mecánicas	Son propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica tales como la susceptibilidad térmica, la rigidez y la resistencia al envejecimiento, a las deformaciones plásticas y a la fatiga ya sea por factores climatológicos y del tránsito. Forero, García y Martínez (2015)	Se debe identificar las propiedades físico-mecánicas, para luego trabajar en función a sus dimensiones: ➢ D1: Estabilidad ➢ D2: Flujo ➢ D3: Índice de Rigidez ➢ D4: VMA ➢ D5: Desgaste  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	Estabilidad	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
			Flujo	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
			Índice de rigidez	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
			Vacíos de agregado mineral (VMA)	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
			Desgaste	% de desgaste	Fichas de recolección de datos		X			

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1. Método de investigación**

Según Cabezas, Andrade y Torres (2018), la investigación cuantitativa se basa en una recopilación y análisis de datos estadísticos y numéricos para comprender datos estadísticos y numéricos.

En la investigación se realizó una medición objetiva y cuantitativa de las variables empleando instrumentos estandarizados para la recolección de datos, luego de la obtención de datos se emplearon técnicas estadísticas para analizar los datos y evaluar la diferencia significativa que hay entre las variables.

Según estas consideraciones en la presente investigación fue de *método cuantitativo*.

#### **4.2. Tipo de investigación**

De acuerdo con Barros (2018), es el tipo que busca aplicar los conocimientos adquiridos, esta depende de los resultados y descubrimientos respaldados con conocimientos teóricos (marco teórico), que se utilizaran para fines para hacer, actuar, construir o modificar.

La tesis buscó solucionar problemas relacionados a las patologías presentadas en el asfalto, en pavimento flexible y en general a las carreteras de nuestro Perú, con la adición de filler calizo con fibra de polipropileno.



Según estas consideraciones, la presente investigación fue de *tipo aplicada*.

#### **4.3. Nivel de la investigación**

Según Gómez (2020), el nivel de investigación correlacional se utilizó para conocer la relación o grado de relación que existe entre las variables tanto independiente como dependiente y sus respectivos indicadores; también interpreta los fenómenos para poder explicar y responder, con el objetivo de que puedan ser aplicados en otras investigaciones.

La investigación tuvo como objetivo de estudiar el concreto con la incorporación de pintura en polvo por lo cual se recurrió a la utilización de ensayos para medir las propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido, los cuales nos proporcionaron datos para trabajar los resultados.

Según el análisis, el nivel que se empleará en la presente investigación fue de *nivel correlacional*.

#### **4.4. Diseño de la investigación**

Según Marroquín (2018), explica que es realizar un análisis entre un convencional y grupos de muestreo con la que mide la variación de las propiedades.

En la investigación se trabaja con 4 grupos de muestreo la mezcla de asfalto convencional con diferentes dosificaciones de 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7% de filler, con adición de 0%, 1% , 2% y 3% de fibra de polipropileno; de los cuales se analizaron para la respectiva identificación e interpretación del comportamiento de sus propiedades.

Según el análisis, el diseño que se empleará en la investigación fue de *diseño cuasi experimental*.

#### **4.5. Población y muestra**

##### **4.5.1. Población**

Para Sucasaire (2022), es el grupo de elementos que tienen las mismas características que se relacionan con las variables que se desea estudiar.

En la investigación corresponde a todos los pavimentos de mezclas asfálticas caliente en la provincia de Huancayo con un espesor de 2 pulgadas para un alto tráfico y ubicado en una zona de altitud de 3000 msnm y 3500 msnm, el total de la población esta compuesta por 60 briquetas.

##### **4.5.2. Muestra**

La muestra será del tipo no probabilístico intencional, se elaboró 72 briquetas de mezcla asfáltica en caliente y se analizó 60 briquetas.

- ✓ Características de los agregados.

- ✓ 04 diseños Método Marshall de 75 golpes (60 briquetas).
- ✓ Ensayo cántabro.
- ✓ Lavado asfáltico.

*Tabla 10: Distribución de muestras*

Denominación de muestras	Briquetas elaboradas	Briquetas certificadas	Observaciones	Briquetas sustentadas en investigación
Mezcla asfáltica convencional	18 briquetas	15 briquetas	Briquetas eliminadas por datos no coherentes con la investigación.	15 briquetas
Mezcla asfáltica con 1.00% de filler y 1.00 % de fibra de polipropileno.	18 briquetas	15 briquetas	Briquetas eliminadas por datos no coherentes con la investigación	15 briquetas
Mezcla asfáltica con 1.00% de filler y 2.00 % de fibra de polipropileno.	18 briquetas	15 briquetas	Briquetas eliminadas por datos no coherentes con la investigación	15 briquetas
Mezcla asfáltica con 1.00% de filler y 3.00 % de fibra de polipropileno.	18 briquetas	15 briquetas	Briquetas eliminadas por datos no coherentes con la investigación	15 briquetas
<b>TOTAL</b>	<b>72 briquetas</b>	<b>60 briquetas</b>	<b>12 briquetas eliminadas</b>	<b>60 briquetas sustentadas</b>

Nota: Propia

#### 4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Hernández y Duana (2020), las técnicas son un conjunto de actividades que permiten obtener información o datos necesarios para dar respuesta a una pregunta, mediante instrumentos válidos, confiables y objetivos.

La tecnología tomada para la recopilación de datos es tomada en documentales y de diversos ensayos ya realizados para el uso de estos registros.

##### 4.6.1. Técnicas

###### a). Observación

Es una técnica que es usada comúnmente para percibir las propiedades físicas de la mezcla de asfalto; ya sea, en fresco o endurecido a simple vista.

###### b). Ficha de recolección de datos

Sirve para recolectar datos que son valores con unidades, de acuerdo con la tesis se almacenará información sobre los distintos ensayos realizados de la mezcla asfáltica y briquetas.

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

**PROYECTO**

Expediente N° N° de muestra  
 Código de formato  
 Peticionario  
 Ubicación Ensayado por  
 Fecha de recepción Fecha de emisión

---

**CARACTERIZACION DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS POR MEDIO DEL ENSAYO  
 CANTABRO DE PÉRDIDA POR DESGASTE - MTC E 515**

---

**A.- EQUIPO Y CONDICIONES AMBIENTALES**

VELOCIDAD DE TAMBOR :	30 a 33 rpm	CONDICION	TEMPERATURA	
NUMERO DE VUELTAS :	300	AMBIENTAL	HUMEDAD RELATIVA	

**B.- ENSAYO**

DESCRIPCION	N° DE MUESTRA	MASA INICIAL, g	MASA FINAL, g	VALOR DE LA PERDIDA POR DESGASTE, %	PROMEDIO*, %

Figura N° 14: Ficha de caracterización de mezclas bituminosas.

Nota: Propia

% PROPORCION	CODIGO DE MUESTRA	Diametro (mm)		ALTURAS (mm)			MASA DE BRIQUETA SECA	MASA SUMERGIDO	MASA DE BRIQUETA SUPERFICIALMENTE SECA	ESTABILIDAD	FLUJO
		D1	D2	H1	H2	H3					

Figura N° 15: Ficha de caracterización de briquetas.

Nota: Propia

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

**PROYECTO**

Expediente N°	Cantera
Código de formato	N° de muestra
Ubicación	Ensayado por
Fecha de recepción	Fecha de emisión

---

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - ASTM C127-15**

---

PROCEDIMIENTO	DATO
C = Masa aparente de muestra saturada de ensayo en el agua, g	
Densidad Relativa (Gravedad Específica)(OD)	
Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSD)	
Densidad Aparente Relativa (Gravedad Específica Aparente)	
Absorción %	

---

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO - ASTM C128-15**

---

PROCEDIMIENTO	DATO
A = Masa de la muestra seca al horno, g	
B = Masa de la fiola llenado de agua hasta la marca de calibración, g	
C = Masa de Fiola lleno de la muestra y el agua hasta la marca de Calibración, g	
S = Masa de la muestra de saturadosuperficialmente seca, g	
Masa fiola, g	
Densidad Relativa (Gravedad Específica)(OD)	
Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSD)	
Densidad Aparente Relativa (Gravedad Específica Aparente)	
Absorción %	

Figura N° 16: Ficha de ensayo de densidad relativa.

Nota: Propia

#### 4.6.2. Instrumentos

Son utilizados para recolectar y registrar toda la información que más adelante será detallada y usados en los resultados además del análisis estadístico.

##### 4.6.2.1. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación

###### ✓ Validez

Según Marroquín (2020), describe que la validez indica lo que es verdadero o la aproximación a esta. Lo que se considera, es que los resultados estén libres de errores, por lo que se presenta la siguiente tabla que nos indica la magnitud de relación que hay entre dos variables.

Tabla 11: Rangos y Magnitudes de validez

Interpretación del Índice K	
K	Fuerza de concordancia
< 0.20	Pobre

0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

Nota: Tomada de “Validación por expertos de un instrumento para la identificación de habilidades y competencias de un profesional en el área de logística.”, por Matheus, Romero y Parroquin. (2017)

*Tabla 12: Validación de expertos*

Nombres y apellidos	Profesión	Grado académico	Calificación asignada
Villanueva Rosales, Miguel Eduardo	Contador	Contador	0.74
Gamarra Espinoza, Luis	Ingeniero civil	Ingeniero civil	0.81
Porras Olarte, Rando	Ingeniero civil	Magister	0.78
<b>TOTAL</b>			<b>0.77</b>

Nota: Propia

#### ✓ **Confiabilidad**

De acuerdo con Marroquín (2020), indica que la confiabilidad es aplicar una prueba varias veces a un objeto o sujeto y los resultados se repiten.

*Tabla 13: Nivel de Confiabilidad*

Valor de Alfa de Cronbach	Nivel de confiabilidad
0.9 a 1.00	Excelente
0.7 a 0.9	Muy bueno
0.5 a 0.7	Bueno
0.3 a 0.5	Regular
0 a 0.03	Deficiente

Nota: Tomada de “Alfa de Cronbach para validar un cuestionario de uso de tic en docentes universitarios”, por Tuapanta, Duque y Mena. (2017)

*Tabla 14: Evaluación de expertos de dimensiones e indicadores*

N° de expertos	Estabilidad	Flujo	Rigidez	VMA	Desgaste	Total
<b>Exp. 1</b>	1	1	1	0	1	4
<b>Exp. 2</b>	1	1	0	1	0	3
<b>Exp. 3</b>	1	1	0	1	1	4
<b>Varianza</b>	0	0	0.33	0.33	0.33	<b>3.67</b>

Nota: Propia

Tabla 15: Alfa de Cronbach

Estadísticos	Valores	Magnitud
K	8	$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_r^2} \right]$
Sumatoria de varianzas= ( $\sum \sigma^2$ )	1	
Varianza total de la prueba= ( $\sum \sigma^2$ )	3.67	
<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>0.73</b>	<b>Aceptable</b>

Nota: Propia

## 4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

### 4.7.1. Técnicas de procesamiento de datos

Es la recolección de los datos de entrada, que serán ordenados y evaluados, para rescatar la información útil de acuerdo a la investigación y poder utilizarlos con el fin de dar respuestas (Gonzalez, 2013).

Es por ello que se ha reunido toda información necesaria sobre las propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente y la repercusión o mejora de estas con la adición de filler calizo con fibra de polipropileno. Para luego evidenciarlos en los resultados y la comparación con antecedentes de otras investigaciones y finalmente concluir.

#### 4.7.1.1. Ensayo Marshall – MTC E 504

##### a) Herramientas, materiales y/o equipos

- Molde de ensamblado, extractor de espécimen, martillos de compactación, equipo misceláneos y equipos para la estabilidad y flujo

##### b) Procedimiento

- Primero se elabora el espécimen el cual se someterá al ensayo se tiene que tomar en cuenta en su procedimiento la cantidad de materiales y agregados, así como que se elabore a la temperatura correcta.
- Una vez que se cuente con los especímenes de asfalto se procede a realizar el ensayo de estabilidad y flujo en el aparato Marshall.
- El ensayo se realizará 24 horas después de ser realizado los especímenes, se inicia sumergiendo los especímenes en baño maría a una temperatura de 60 °C por un lapso de tiempo de 30 a 40 min.
- Antes de ejecutar el ensayo se tiene que limpiar el aparato Marshall y calentarla para que este en una temperatura de 20 a 40 °C para luego procederé a lubricar.

- Finalmente se procede a color el espécimen en el aparato para que te pueda lanzar los datos de estabilidad y flujo.

#### **4.7.1.2. Porcentaje de vacíos de aire - MTC E 505**

##### **a) Herramientas, materiales y/o equipos**

Diferentes equipos.

##### **b) Procedimiento**

- Se comienza determinando el peso específico aparente de la mezcla compactada, también se determina el peso específico teórico máximo de una muestra asfáltica comparable para así poder esquivar la influencia de la diferencia de medidas y la cantidad de asfalto colocado en la mezcla.
- En el caso de frontera de una mezcla asfáltica será designado una mezcla asfáltica de pavimento cuando el porcentaje de vacíos se relacione con lo determinado en el anterior procedimiento.

#### **4.7.1.3. Desgaste – MTC E 515**

##### **a) Herramientas, materiales y/o equipos**

- Máquina de Los Ángeles
- Termómetros
- Balanzas
- Cámara termostática
- Equipo de compactación

##### **b) Procedimiento**

- Determinar la masa de cada probeta y se procede a anotar el valor; para ello las probetas deben estar un mínimo de 6 horas a una temperatura de 15 °C a 30 °C.
- Se introduce la probeta al bombo de la máquina de Los Ángeles y sin carga y se pone en marcha la maquina a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 300 vueltas.
- Al finalizar se extrae la probeta de la maquina y se pesa nuevamente.

#### **4.7.2. Técnicas de análisis de datos**

Son las técnicas estadísticas y lógicas para describir el alcance de los datos, de acuerdo a la investigación correspondieron al análisis univariado, donde se halló el promedio, rango y desviación estándar de las dimensiones formuladas, las cuales fueron

la estabilidad, rigidez, flujo, VMA y desgaste, siguiendo lo establecido por la estadística descriptiva; posteriormente, se procedió al análisis bivariado.

#### **A. Prueba de Anova**

De acuerdo a la prueba Anova, en primer lugar se prueba los supuestos de Normalidad mediante la Prueba de Shapiro Wilk y de Homogeneidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene.

Para luego, evidenciar los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

#### **B. Consideraciones de las pruebas:**

- ✓ Las pruebas de hipótesis se realizan por cada ensayo independientemente.
- ✓ Para todas las pruebas se asumirá un valor de significancia de 0.05 y se aceptara la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba realizada es mayor al valor de significancia asumido
- ✓ Se realiza las pruebas de normalidad y en base a ellos se define si será una prueba paramétrica o no paramétrica, si en caso cumple el supuesto de normalidad se aplicará la prueba del ANOVA de un factor.

#### **4.8. Aspectos éticos de la investigación**

Para Anna (2018), “una investigación debe tener principios éticos en los que no se dañe el ámbito natural del área en estudio, así como el uso de la justicia, respeto y justicia para lograr los máximos beneficios evitando el daño y la equivocación.”

Es así que, la presente tesis se llevó a cabo el adecuado parafraseado y citado para no vulnerar ningún derecho de autor, teniendo en cuenta aspectos de justicia y respeto, puesto que se emplea información de otras investigación, además no afecte el área de estudio ni medio ambiente alguno.



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1. Descripción del diseño tecnológico

La problemática planteada se da con el fin de tratar de dar solución, puesto que va de la mano con la necesidad actual de un conjunto de procesos. Los cuales son:

- ✓ Planteamiento: En esta etapa se busca el problema a solucionar, especificar lo que se va a abordar.
- ✓ Planificación y gestión: En esta etapa describiremos las actividades para la concreción del proyecto.
- ✓ Programación y ejecución: en esta etapa elaboraremos un rol de trabajo, secuencias de tiempos y actividades.
- ✓ Evaluación. En esta etapa revisaremos todo lo realizado según a lo que se proyectó, para así antes de culminar realizar alguna modificación si es necesario.

#### 5.2. Descripción de resultados

##### 5.2.1. Combinación de agregados pétreos (Ag. Grueso – Ag. Fino – Filler 1%- Fibra 0%)

Los agregados utilizados tienen procedencia de la cantera de Rio seco - Apata – Jauja – Junín, y se empleará una combinación granulométrica de Grava chancada al 40%, arena chancada al 59%, Filler calizo al 1%, y fibra de polipropileno al 0%, 1%, 2% y 3%.

*Tabla 16: Gradación de la combinación granulométrica*

Tamiz	Combinación granulométrica	% Filler Calizo	Total	Especificaciones
		1 %	100%	MAC 2

	Grava Chancada 40 %	Fibra de Polipropileno 0 %	Arena Chancada 59 %.			Límite Inferior	Límite Superior
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	54.81	100.00	100.00	100.00	81.92	80.00	100.00
3/8"	28.25	100.00	100.00	100.00	71.30	70.00	88.00
N° 04	0.00	100.00	100.00	100.00	60.00	51.00	68.00
N° 10	0.00	100.00	72.48	100.00	43.77	38.00	52.00
N° 40	0.00	100.00	32.96	99.40	20.44	17.00	28.00
N° 80	0.00	100.00	14.11	99.31	9.32	8.00	17.00
N° 200	0.00	100.00	5.86	67.43	4.13	4.00	8.00

Nota: Propia.

*Tabla 17: Gradación de la combinación granulométrica con 1% de fibra*

Tamiz	Combinación granulométrica			% Filler Calizo 1 %	Total 100%	Especificaciones MAC 2	
	Grava Chancada 40 %	Fibra de Polipropileno 1 %	Arena Chancada 59 %.			Límite Inferior	Límite Superior
	3/4"	100.00	100.00			100.00	100.00
1/2"	54.81	100.00	100.00	100.00	82.38	80.00	100.00
3/8"	28.25	100.00	100.00	100.00	72.02	70.00	88.00
N° 04	0.00	100.00	100.00	100.00	61.00	51.00	68.00
N° 10	0.00	6.40	72.48	100.00	43.83	38.00	52.00
N° 40	0.00	0.05	32.96	99.40	20.44	17.00	28.00
N° 80	0.00	0.00	14.11	99.31	9.32	8.00	17.00
N° 200	0.00	0.00	5.86	67.43	4.13	4.00	8.00

Nota: Propia.

*Tabla 18: Gradación de la combinación granulométrica con 2% de fibra*

Tamiz	Combinación granulométrica			% Filler Calizo 1 %	Total 100%	Especificaciones MAC 2	
	Grava Chancada 40 %	Fibra de Polipropileno 2 %	Arena Chancada 59 %.			Límite Inferior	Límite Superior
	3/4"	100.00	100.00			100.00	100.00
1/2"	54.81	100.00	100.00	100.00	82.83	80.00	100.00
3/8"	28.25	100.00	100.00	100.00	72.73	70.00	88.00
N° 04	0.00	100.00	100.00	100.00	62.00	51.00	68.00
N° 10	0.00	6.40	72.48	100.00	43.89	38.00	52.00
N° 40	0.00	0.05	32.96	99.40	20.44	17.00	28.00
N° 80	0.00	0.00	14.11	99.31	9.32	8.00	17.00
N° 200	0.00	0.00	5.86	67.43	4.13	4.00	8.00

Nota: Propia.

*Tabla 19: Gradación de la combinación granulométrica con 3% de fibra*

Tamiz	Combinación granulométrica	% Filler Calizo 1 %	Total 100%	Especificaciones
				MAC 2

	Grava Chancada 40 %	Fibra de Polipropileno 3 %	Arena Chancada 59 %.			Límite Inferior	Límite Superior
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	54.81	100.00	100.00	100.00	83.28	80.00	100.00
3/8"	28.25	100.00	100.00	100.00	73.45	70.00	88.00
N° 04	0.00	100.00	100.00	100.00	63.00	51.00	68.00
N° 10	0.00	6.40	72.48	100.00	43.96	38.00	52.00
N° 40	0.00	0.05	32.96	99.40	20.44	17.00	28.00
N° 80	0.00	0.00	14.11	99.31	9.32	8.00	17.00
N° 200	0.00	0.00	5.86	67.43	4.13	4.00	8.00

Nota: Propia.

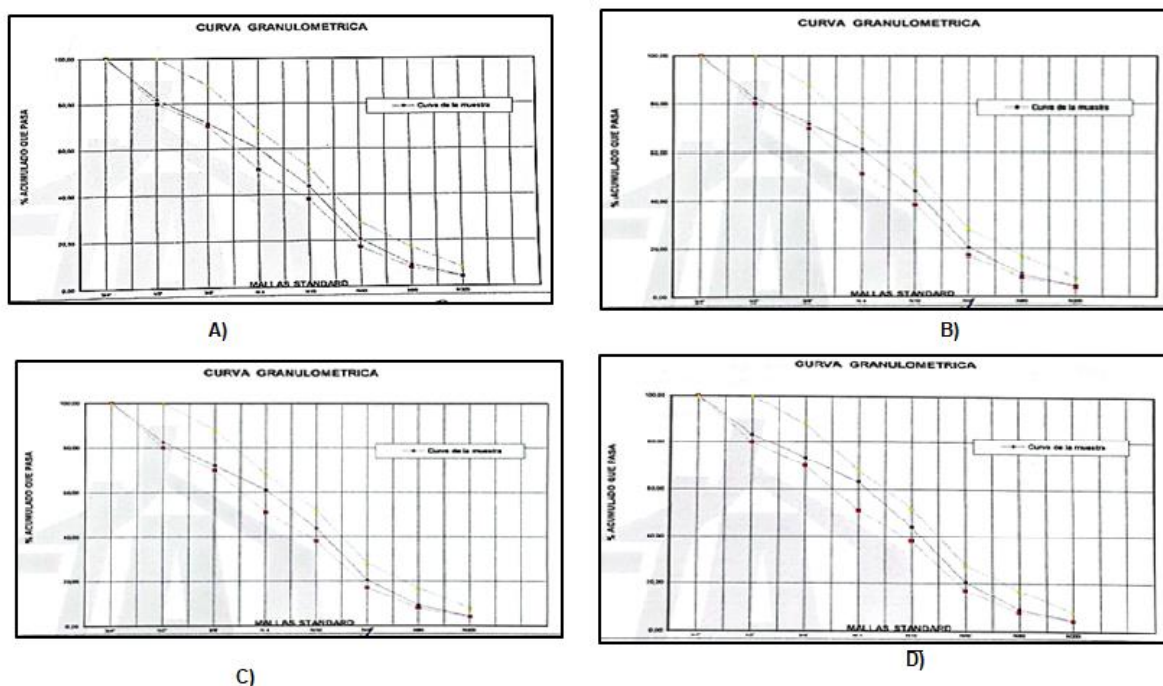


Figura N° 17: A) Granulometría de la combinación granulométrica con 0% de fibra de polipropileno. B) granulométrica con 1% de fibra c) granulométrica con 2% de fibra y d) granulométrica con 3% de fibra de polipropileno.

Nota: Propia.

### 5.3. Diseño de mezcla asfáltica Marshall (PEN 85/100)

Se procede con el calcula de la óptima dosificación de PEN 85/100 obteniendo resultados los siguientes resultados.

Tabla 20: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100)

<b>Porcentaje de dosificación (PEN 85/100)</b>					
Porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla.	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
W briqueta al aire (gr)	1.185 gr	1.178 gr	1.185 gr	1.183 gr	1.179 gr
W briqueta en agua (gr)	635 gr	644 gr	661 gr	667 gr	662 gr
W específico bulk	2.153	2.206	2.261	2.295	2.277
Porcentaje de vacíos	11.40	8.50	5.0	2.3	1.4
VMA	21.40	19.90	18.30	17.50	17.50

Porcentaje de vacíos llenados de Cemento Asfáltico.	46.7	57.3	72.8	86.7	91.9
Flujo (mm)	3.0	3.4	3.9	4.3	5.2
Lectura del Dial Anillo Marshall	250.30	226.0	226.0	226.0	226.0
Estabilidad corregida (kg)	1132.00	940.0	943.0	848.0	801.0
Índice de rigidez: (kg/cm.)	3714.00	2782.0	2422.0	1966.0	1535.0

Nota: Propia.

Al realizar el análisis de la mezcla asfáltica se identificó el óptimo contenido C.A (%)

Tabla 21: Resultados a la óptima dosificación

<b>Porcentaje de dosificación óptima de 6.20% (PEN 85/100)</b>	<b>ESPECIF.</b>
Porcentaje de cemento asfáltico óptimo.	6.20 %
W unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.273 gr
Porcentaje de vacíos	4.0                      2 - 4
VMA	17.90                      MIN 14
Porcentaje de vacíos llenados de Cemento Asfáltico.	77.3
Flujo (mm)	4.0                      2 - 4
Estabilidad corregida (kg)	877.0                      MIN 780
Índice de rigidez: (kg/cm.)	2,277.0                      1700 - 3000

Nota: Propia.

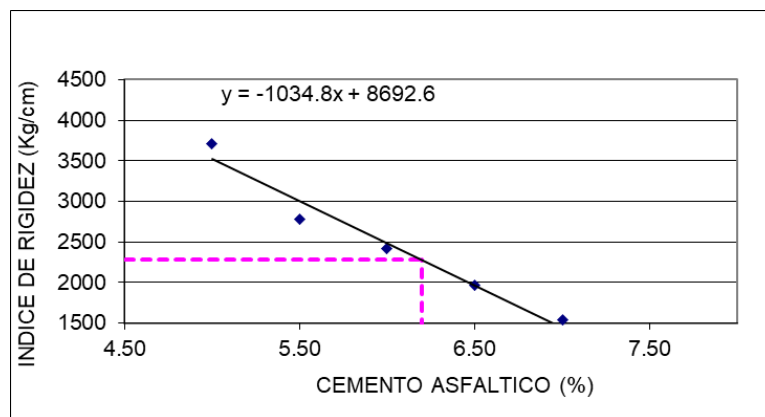


Figura N° 18: Índice de rigidez

Nota: Propia.

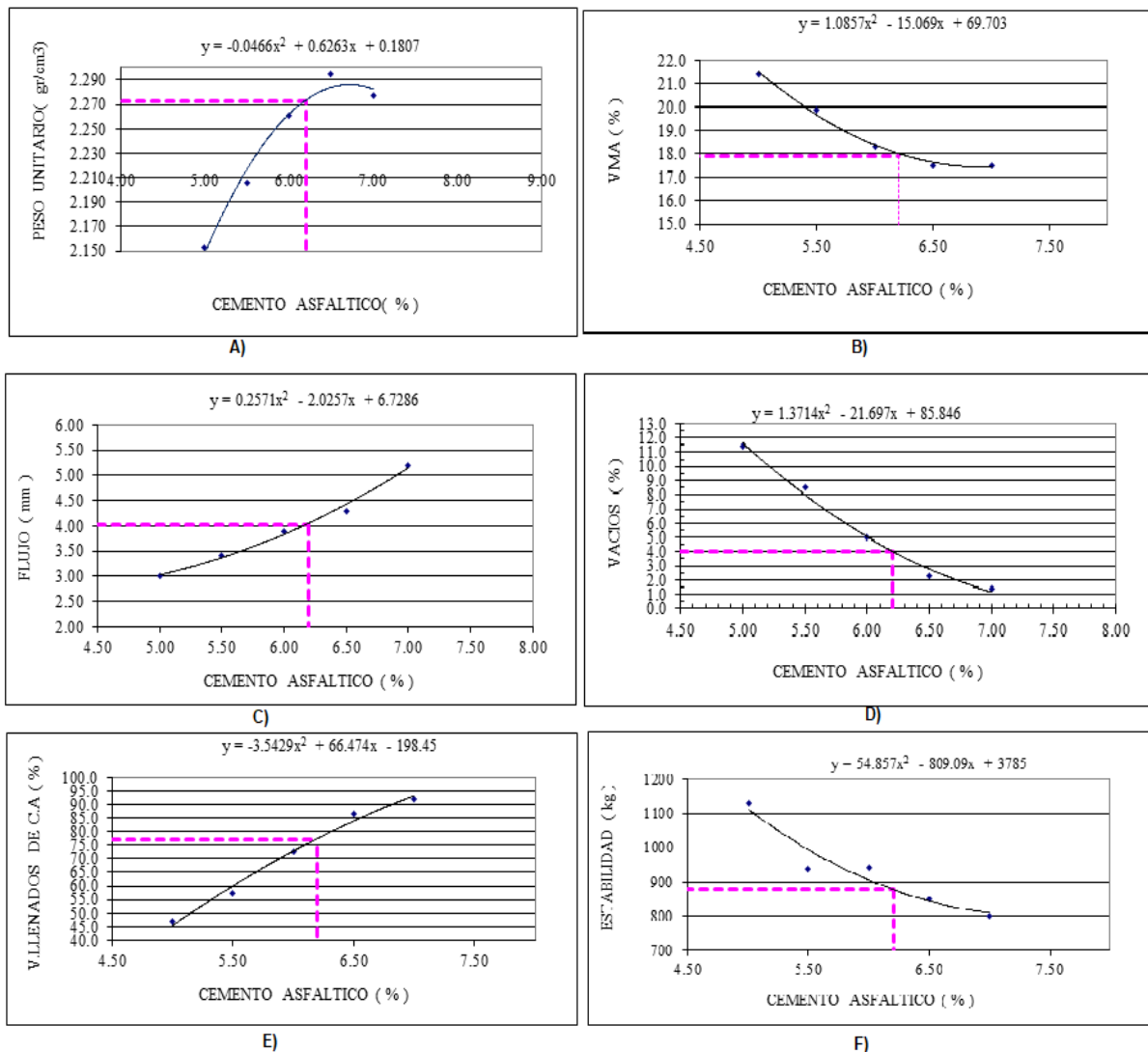


Figura N° 19: A) Peso Unitario De La Mezcla Asfáltica, B) VMA (%), C) Flujo De La Mezcla (Mm), D) Porcentaje de Vacíos, E) Porcentaje de llenados con cemento asfáltico. F) Estabilidad de la mezcla  
 Nota: Propia

#### 5.4. Diseño Marshall ASTM D- (1559) con 1% fibra de polipropileno

Se procede con el calcula de la óptima dosificación de PEN 85/100 – 1% de fibra de polipropileno, obteniendo resultados los siguientes resultados.

Tabla 22: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100) –fibra de polipropileno

<b>Porcentaje de dosificación al 5.00% (PEN 85/100) – 1% de fibra de polipropileno</b>					
Porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla.	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
W briqueta al aire (gr)	1.167 gr	1.181 gr	1.182 gr	1.179 gr	1.179 gr
W briqueta en agua (gr)	643 gr	663 gr	676 gr	672 gr	670 gr

W específico bulk	2.228	2.282	2.334	2.324	2.316
Porcentaje de vacíos	9.20	6.50	3.8	3.8	3.5
VMA	18.60	17.10	15.70	16.50	17.20
Porcentaje de vacíos llenados de Cemento Asfáltico.	50.7	62.2	75.6	77.2	79.4
Flujo (mm)	4.70	3.9	4.0	4.7	5.7
Lectura del Dial Anillo	250.30	226.0	226.0	226.0	226.0
Marshall					
Estabilidad corregida (kg)	1328.0	1164.0	1138.0	1079.0	1045.0
Índice de rigidez: (kg/cm.)	2805.00	2992.0	2865.0	2317.0	1844.0

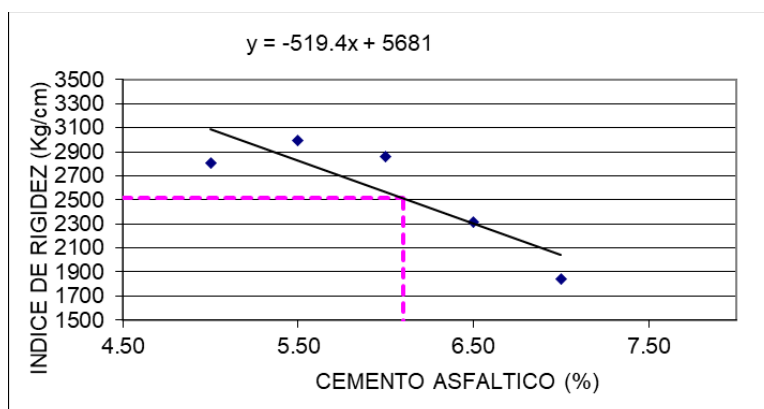
Nota: Propia.

Según los gráficos presentados se tiene el resumen de las propiedades a las diferentes dosificaciones del PEN 85/100 obteniendo la óptima dosificación.

*Tabla 23: Resultados a la óptima dosificación*

<b>Porcentaje de dosificación óptima de 6.20% (PEN 85/100)</b>	<b>ESPECIF.</b>
Porcentaje de cemento asfaltico optimo.	6.10 %
W unitario (gr/cm3)	2.327 gr
Porcentaje de vacíos	4.0
VMA	16
Porcentaje de vacíos llenados de Cemento Asfáltico.	74.7
Flujo (mm)	4.0
Estabilidad corregida (kg)	1106
Índice de rigidez: (kg/cm.)	2,513
	1700 - 3000

Nota: Propia.



*Figura N° 20: Índice de rigidez – 1% de fibra de polipropileno*

Nota: Propia.

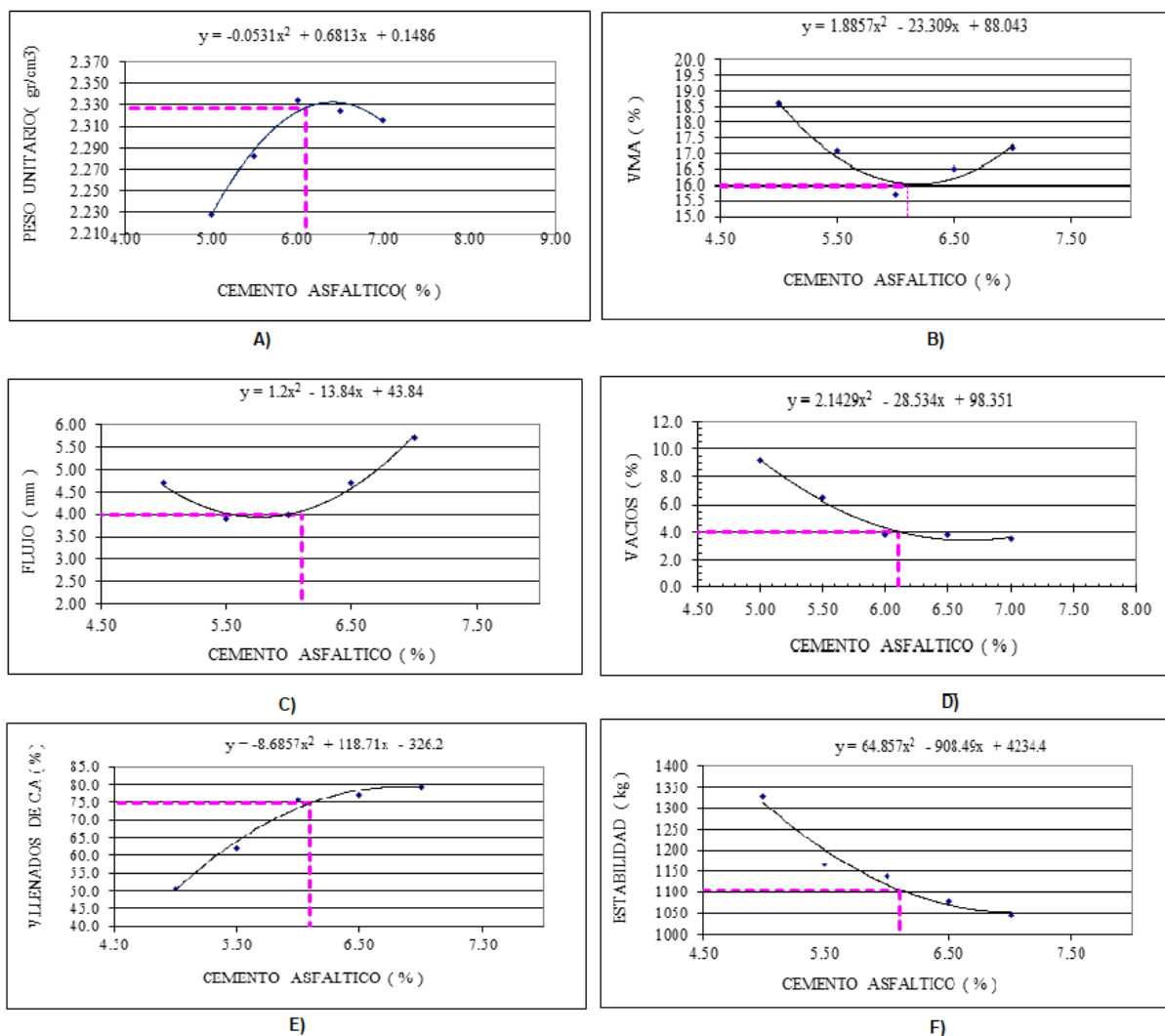


Figura N° 21: A) Peso unitario de la mezcla asfáltica – 1% de fibra de polipropileno, B) VMA (%) – 1% de fibra de polipropileno, C) Flujo de la mezcla (mm) – 1% de fibra de polipropileno, D) Porcentaje de Vacíos – 1% de fibra de polipropileno, E) Porcentaje de llenados con cemento asfáltico – 1% de fibra de polipropileno F) Estabilidad de la mezcla – 1% de fibra de polipropileno.

Nota: Propia.

### 5.5. Diseño Marshall ASTM- (1559) con 2% de fibra de polipropileno

Se procede con el calcula de la óptima dosificación de PEN 85/100 – 2% de fibra de polipropileno, obteniendo resultados los siguientes resultados.

Tabla 24: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100) – 2% de fibra de polipropileno

<b>Porcentaje de dosificación al 5.00% (PEN 85/100) – 2% de fibra de polipropileno</b>					
	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
Porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla.	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
W briqueta al aire (gr)	1.185 gr	1.183 gr	1.181 gr	1.175 gr	1.185 gr
W briqueta en agua (gr)	642 gr	651 gr	658 gr	648 gr	641 gr
W específico bulk	2.185	2.225	2.257	2.230	2.179
Porcentaje de vacíos	10.0	7.80	6.0	6.6	8.3

VMA	20.20	19.20	18.50	19.90	22.10
Porcentaje de vacíos llenados de Cemento	50.6	59.1	67.3	66.7	62.6
Flujo (mm)	3.90	3.9	3.9	4.7	5.5
Lectura del Dial Anillo Marshall	250.30	226.0	226.0	226.0	226.0
Estabilidad corregida (kg)	933.0	910.0	815.0	792.0	717.0
Índice de rigidez: (kg/cm.)	2393.00	2337.0	2096.0	1699.0	1303.0

sfáltico.

Nota: Propia.

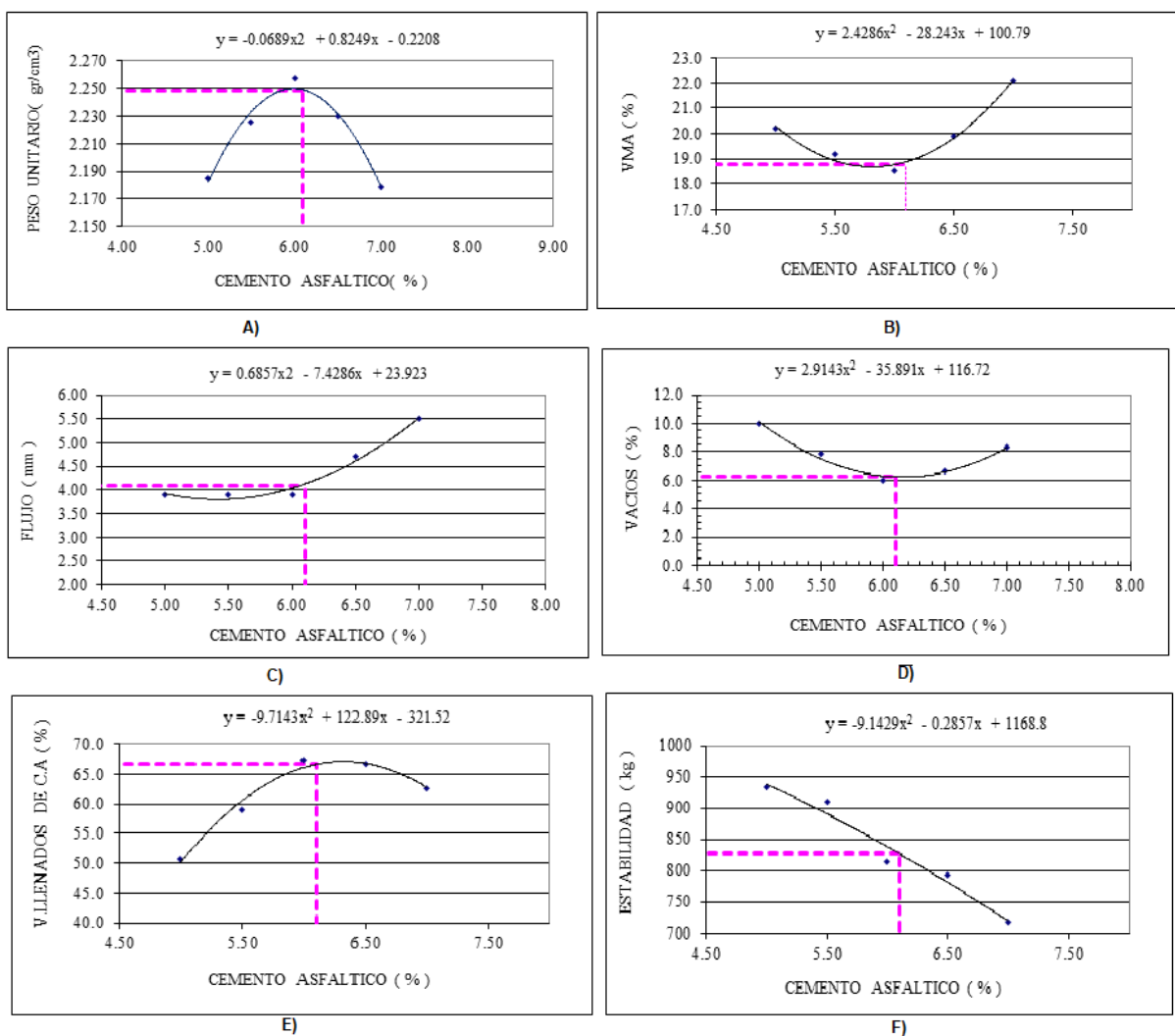


Figura N° 22:a) Peso unitario de la mezcla sfáltica, B) VMA (%), C) Flujo de la mezcla (mm), D) Porcentaje de Vacíos, e) Porcentaje de llenados con cemento sfáltico, F) Estabilidad de la mezcla – 2% de fibra de polipropileno.

Nota: Propia.



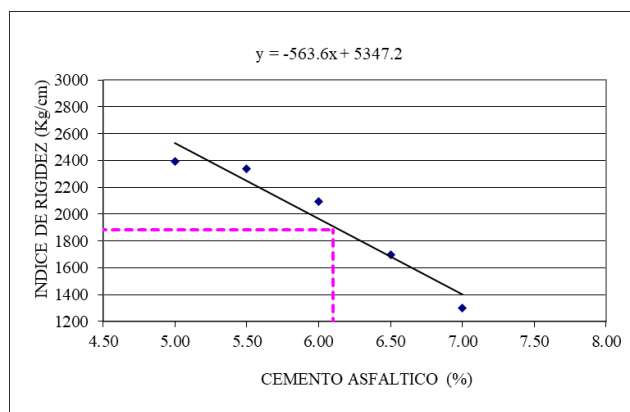


Figura N° 23: Índice de rigidez – 2% de fibra de polipropileno

Nota: Propia.

Según los gráficos presentados se tiene el resumen de las propiedades a las diferentes dosificaciones del PEN 85/100 obteniendo la óptima dosificación – 2% de fibra de polipropileno.

*Tabla 25: Resultados a la óptima dosificación – 2% de fibra de polipropileno*

<b>Porcentaje de dosificación óptima de 6.10% (PEN 85/100) – 2% de fibra de polipropileno</b>		<b>ESPECIF.</b>
Porcentaje de cemento asfáltico óptimo.	6.10 %	
W unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.248 gr	
Porcentaje de vacíos	6.3	2 - 4
VMA	18.80	MIN 14
Porcentaje de vacíos llenados de Cemento Asfáltico.	66.7	
Flujo (mm)	4.1	2 - 4
Estabilidad corregida (kg)	827.0	MIN 780
Índice de rigidez: (kg/cm.)	1,884.0	1700 - 4000

Nota: Propia.

## 5.6. Diseño Marshall ASTM – (159) con 3% de fibra de polipropileno

Se procede con el calcula de la óptima dosificación de PEN 85/100 – 3% de fibra de polipropileno, obteniendo resultados los siguientes resultados.

*Tabla 26: Porcentaje de dosificación (PEN 85/100) – 3% de fibra de polipropileno*

<b>Porcentaje de dosificación al 5.00%</b>					
<b>(PEN 85/100) – 3% de fibra de polipropileno</b>					
	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
Porcentaje de cemento asfáltico de la mezcla.					
W briqueta al aire (gr)	1.179 gr	1.178 gr	1.182 gr	1.171 gr	1.182 gr
W briqueta en agua (gr)	630 gr	636 gr	645 gr	648 gr	630 gr
W específico bulk	2.147	2.171	2.202	2.192	2.141
Porcentaje de vacíos	11.6	9.90	7.9	7.5	9.0
VMA	21.60	21.20	20.50	21.20	23.50

Porcentaje de vacíos llenados de Cemento Asfáltico.	46.2	53.2	61.6	64.7	61.9
Flujo (mm)	4.60	4.9	5.0	5.5	5.5
Lectura del Dial Anillo Marshall	250.30	226.0	226.0	226.0	226.0
Estabilidad corregida (kg)	878.0	828.0	748.0	715.0	705.0
Índice de rigidez: (kg/cm.)	1934.00	1688.0	1502.0	1302.0	1280.0

Nota: Propia.

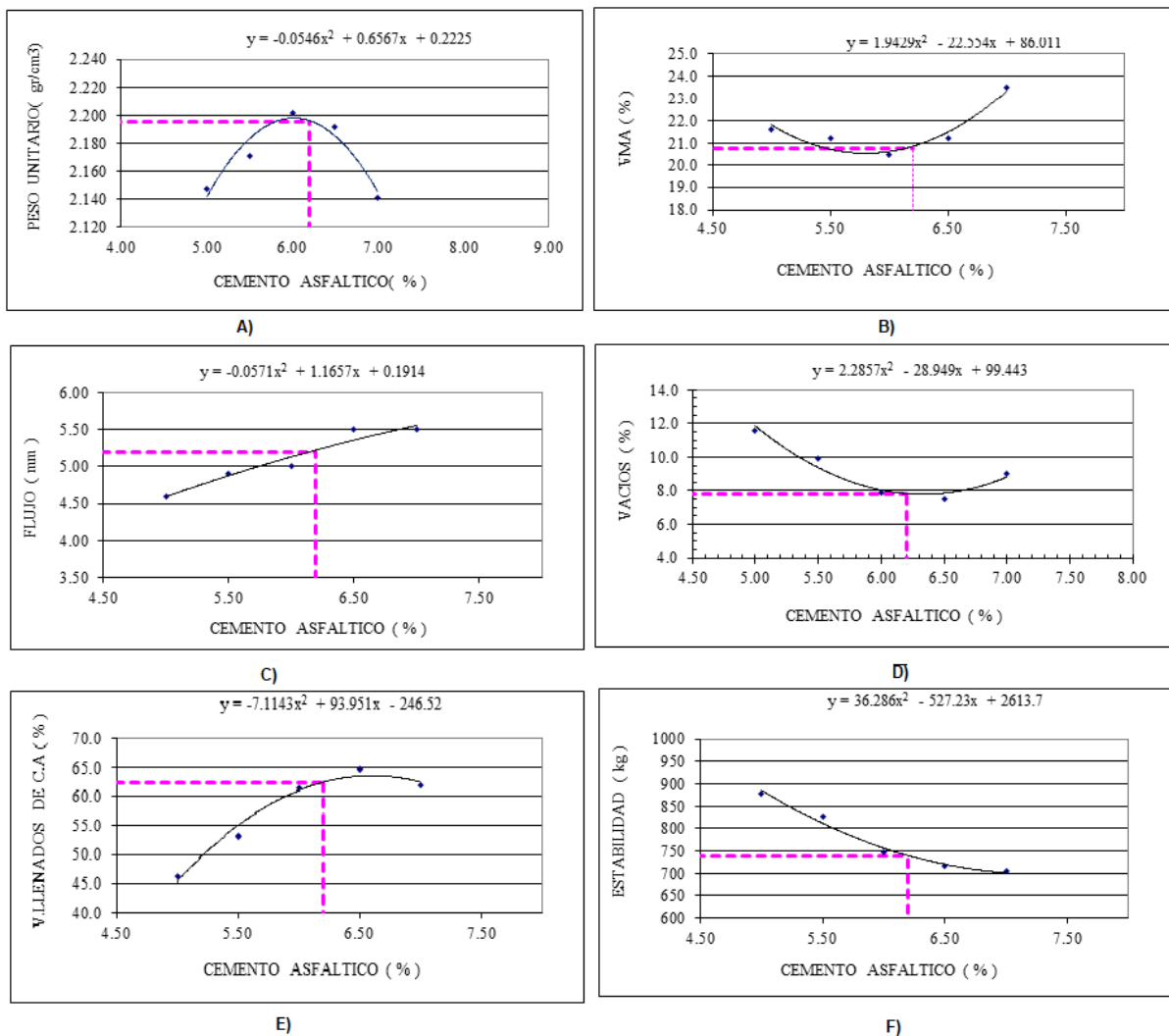


Figura N° 24: a) Peso unitario de la mezcla asfáltica, B) VMA (%), C) Flujo de la mezcla (mm), D) Porcentaje de Vacíos, e) Porcentaje de llenados con cemento asfáltico, F) Estabilidad de la mezcla – 3% de fibra de polipropileno.

Nota: Propia.

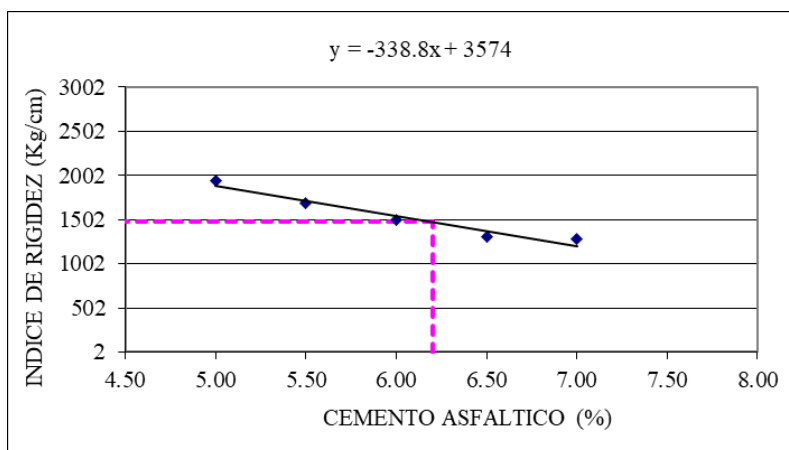


Figura N° 25: Índice de rigidez – 3% de fibra de polipropileno

Nota: Propia.

Según los gráficos presentados se tiene el resumen de las propiedades a las diferentes dosificaciones del PEN 85/100 obteniendo la óptima dosificación – 3% de fibra de polipropileno.

Tabla 27: Resultados a la óptima dosificación – 3% de fibra de polipropileno

<b>Porcentaje de dosificación óptima de 6.20% (PEN 85/100) – 3% de fibra de polipropileno</b>	<b>ESPECIF.</b>	
Porcentaje de cemento asfáltico óptimo.	6.20 %	
W unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.195 gr	
Porcentaje de vacíos	7.8	2 - 4
VMA	20.8	MIN 14
Porcentaje de vacíos llenados de Cemento Asfáltico.	62.5	
Flujo (mm)	5.2	2 - 4
Estabilidad corregida (kg)	740.0	MIN 780
Índice de rigidez: (kg/cm.)	1,473.0	1700 - 4000

Nota: Propia.

## 5.7. Análisis de las propiedades de la mezcla asfáltica

### 5.7.1. Análisis del peso unitario de la mezcla

El peso unitario de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Marshall ASTM D 1559.

Tabla 28: Resumen de resultados del peso unitario de la MZ + fibra de polipropileno

Mezcla asfáltica	Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	% de variación
Mezcla asfáltica	2.27	0.00%
MZ + 1% de fibra de polipropileno	2.33	2.38%

MZ + 2% de fibra de polipropileno	2.25	-1.10%
MZ + 3% de fibra de polipropileno	2.20	-3.43%

Nota: Propia.

En la tabla 47, se observa los resultados del peso unitario para la mezcla asfáltica de 2.27 g/cm<sup>3</sup>, MZ + 1% de fibra de polipropileno de 2.33 g/cm<sup>3</sup> con porcentaje de 2.38%, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 2.25 g/cm<sup>3</sup> con porcentaje de -1.10% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 2.20 g/cm<sup>3</sup> con porcentaje de -3.43%, basado en la mezcla asfáltica convencional.

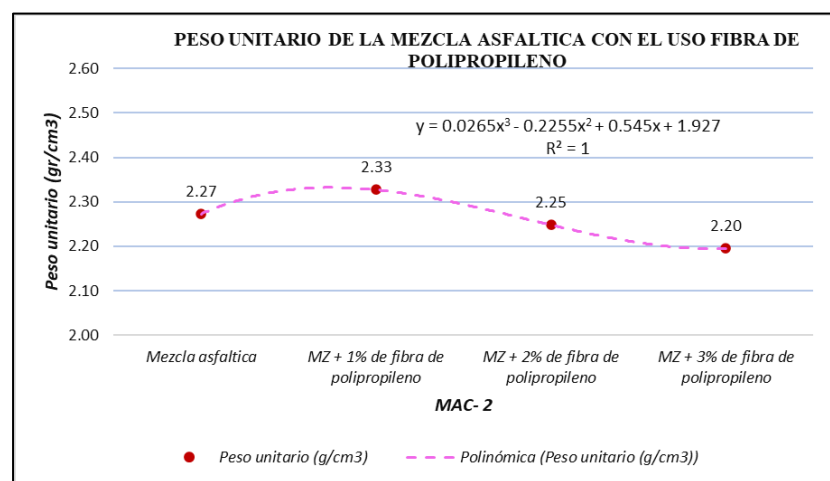


Figura N° 26: Comportamiento del peso unitario de la MZ + fibra de polipropileno

Nota: Propia.

Tabla 29: Análisis del Peso Unitario.

<u>Evaluación</u>	<u>Ecuación</u>	<u>Grado de correlación</u>	<u>Observación</u>
Peso unitario	$y = -0.0265x^3 + 0.2255x^2 + 0.545x + 1.927$	R = 1.00	Se obtiene como resultado en la línea de tendencia para un grado de correlación mayor al 0.5 para la aceptación de la correlación de las variables

Nota: Propia

### 5.7.2. Análisis del porcentaje de vacíos (%)

El porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Marshall ASTM D 1559.

Tabla 30: Resultados del % de vacíos en el asfalto con fibra de polipropileno

Muestra	% de vacíos	% de variación
Mezcla asfáltica	4.00	0.00%

MZ + 1% de fibra de polipropileno	4.00	0.00%
MZ + 2% de fibra de polipropileno	6.30	57.50%
MZ + 3% de fibra de polipropileno	7.80	23.81%

Nota: Propia.

En la tabla 49, se observa los resultados del porcentaje de vacíos para la mezcla asfáltica y MZ + 1% de fibra de polipropileno es de 4%, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 6.3% con porcentaje de 57.50% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 7.8% con porcentaje de 23.81%, basado en la mezcla asfáltica convencional.

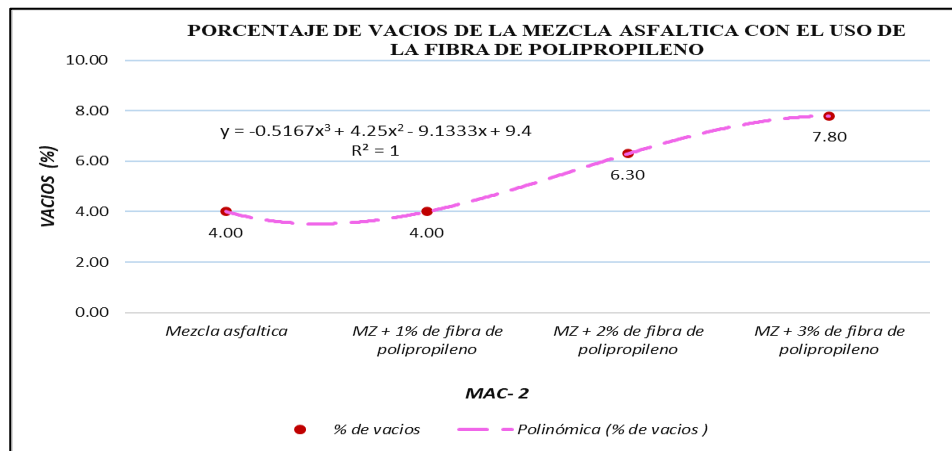


Figura N° 27: Comportamiento del porcentaje de vacíos de la MZ + fibra de polipropileno  
Nota: Propia.

Tabla 31: Análisis del Porcentaje de Vacíos.

<u>Evaluación</u>	<u>Ecuación</u>	<u>Grado de correlación</u>	<u>Observación</u>
Porcentaje de Vacíos	$y = -0.5167x^3 + 4.25x^2 - 9.1333x + 9.4$	R = 1	Se obtiene como resultado en la línea de tendencia para un grado de correlación mayor al 0.5 para la aceptación de la correlación de las variables

Nota: Propia.

### 5.7.3. Análisis del VMA (%)

El porcentaje de vacíos de agregado mineral de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Marshall ASTM D 1559.

Tabla 32: Resumen de los resultados del % de vacíos VMA de la MZ + fibra de polipropileno

% de asfalto residual	% de Vacíos VMA	% de variación	% VMA (min)
Mezcla asfáltica	17.90%	0.00%	14.00%

MZ + 1% de fibra de polipropileno	16.00%	-10.61%	14.00%
MZ + 2% de fibra de polipropileno	18.80%	17.50%	14.00%
MZ + 3% de fibra de polipropileno	20.80%	10.64%	14.00%

Nota: Propia

En la tabla 51, se observa los resultados del porcentaje de VMA para la mezcla asfáltica es de 17.9%, MZ + 1% de fibra de polipropileno es de 16% con variación de -10.60%, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 18.80% con porcentaje de 17.50% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 20.80% con porcentaje de 10.64%, además de % VMA mínimo es de 14%, basado en la mezcla asfáltica convencional.

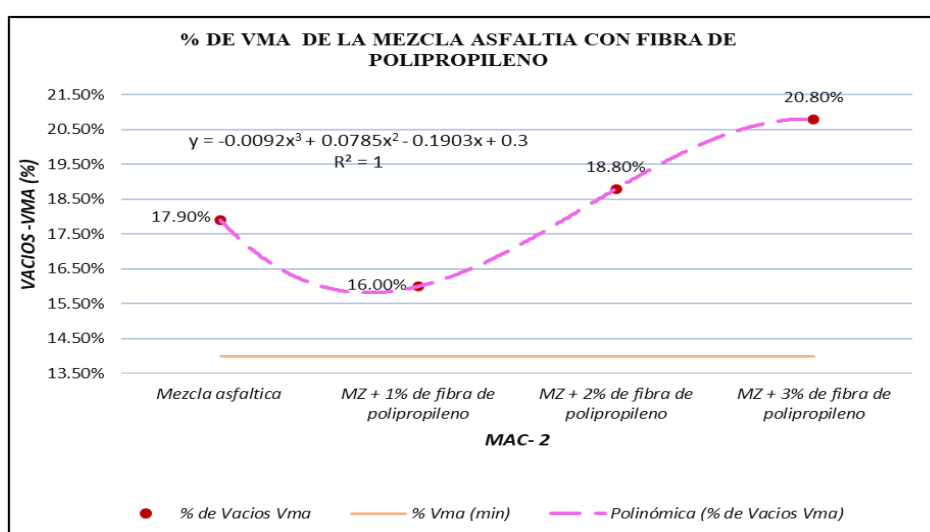


Figura N° 28: Comportamiento Del % De Vma De La Mz + Fibra De Polipropileno

Nota: Propia

Tabla 33: Análisis estadístico del Porcentaje del V.M.A.

<u>Evaluación</u>	<u>Ecuación</u>	<u>Grado de correlación</u>	<u>Observación</u>
V.M.A	$y = -0.0092x^3 + 0.0785x^2 - 0.1903x + 0.3$	R = 1	Se obtiene como resultado en la línea de tendencia para un grado de correlación mayor al 0.5 para la aceptación de la correlación de las variables

Nota: Propia

#### 5.7.4. Análisis de vacíos llenados con C.A (%)

El porcentaje de vacíos llenados con C.A. de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Marshall ASTM D 1559.

Tabla 34: Resumen de los resultados de Vacíos llenados con C.A (%) de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno

% se asfalto residual	Vacíos llenados con C.A (%)	% de variación
Mezcla convencional	77.30%	0.00%
MZ + 1% de fibra de polipropileno	74.70%	-3.36%
MZ + 2% de fibra de polipropileno	66.70%	-10.71%
MZ + 3% de fibra de polipropileno	62.50%	-6.30%

Nota: Propia

En la tabla 53, se observa los resultados del porcentaje de vacíos llenados con C.A. para la mezcla asfáltica es de 77.30%, MZ + 1% de fibra de polipropileno es de 74.70% con variación de -3.36%, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 66.70% con porcentaje de -10.71% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 62.50% con porcentaje de -6.30%, basado en la mezcla asfáltica convencional.

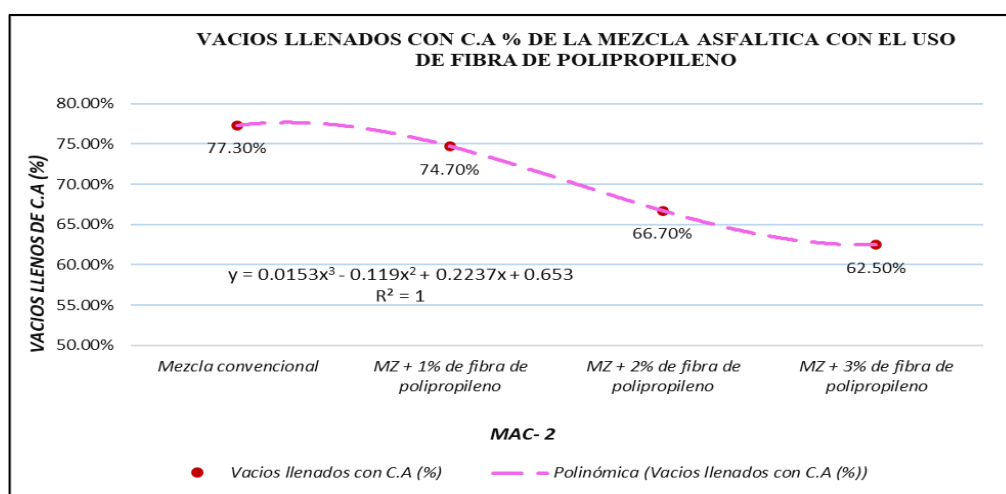


Figura N° 29: Comportamiento de los vacíos llenos con C.A% de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno

Nota: Propia

Tabla 35: Análisis estadístico del Porcentaje del V.M.A.

<u>Evaluación</u>	<u>Ecuación</u>	<u>Grado de correlación</u>	<u>Observación</u>
Vacíos llenados con C.A (%)	$y = 0.0153x^3 - 0.119x^2 + 0.2237x + 0.653$	R = 1	Se obtiene como resultado en la línea de tendencia para un grado de correlación mayor al 0.5 para la aceptación de la correlación de las variables

Nota: Propia

### 5.7.5. Análisis del flujo (mm)

El flujo de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Marshall ASTM D 1559.

Tabla 36: Resumen del flujo de la MZ con fibra de polipropileno

Muestra	Flujo (mm)	% de variación	Flujo (min)	Flujo (max)
Mezcla asfáltica	4.00	0.00%	2	4
MZ + 1% de fibra de polipropileno	4.00	0.00%	2	4
MZ + 2% de fibra de polipropileno	4.10	2.50%	2	4
MZ + 3% de fibra de polipropileno	5.20	30.00%	2	4

Nota: Propia

En la tabla 55, se observa los resultados del flujo para la mezcla asfáltica y MZ + 1% de fibra de polipropileno es de 4 mm, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 4.10 mm con porcentaje de 2.50% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 5.20 mm con porcentaje de 30%, con un flujo mínimo de 2 mm y el máximo de 4mm, basado en la mezcla asfáltica convencional.

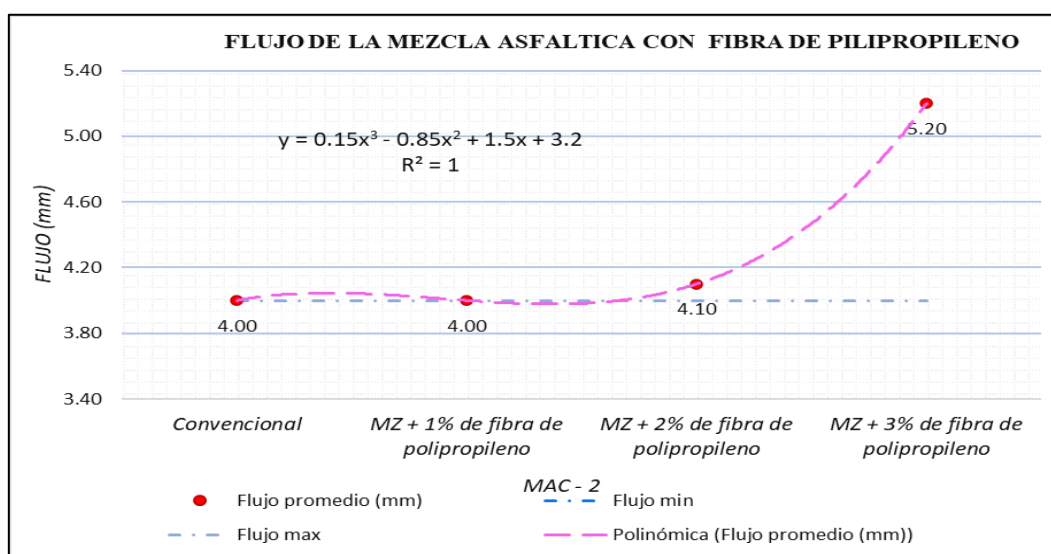


Figura N° 30: Comportamiento del flujo en la mezcla asfáltica

Nota: Propia

Tabla 37: Análisis de la Variación del Flujo (mm).

Evaluación	Ecuación	Grado de correlación	Observación
Flujo (mm)	$y = 0.15x^3 - 0.85x^2 + 1.5x + 3.2$	R = 1	Se obtiene como resultado en la línea de tendencia para un grado de correlación mayor al 0.5 para la aceptación de la correlación de las variables

Nota: Propia.



### 5.7.6. Análisis de la estabilidad (kg)

La estabilidad de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Marshall ASTM D 1559.

Tabla 38: Resumen de los resultados de la estabilidad de la MZ + fibra de polipropileno

Muestra	Estabilidad (kg)	% de variación
Mezcla asfáltica	877.00	0.00%
MZ + 1% de fibra de polipropileno	1106.00	26.11%
MZ + 2% de fibra de polipropileno	827.00	-5.70%
MZ + 3% de fibra de polipropileno	740.00	-15.62%

Nota: Propia.

En la tabla 57, se observa los resultados de la estabilidad para la mezcla asfáltica es de 877 kg, MZ + 1% de fibra de polipropileno es de 1106 kg con porcentaje de 26.11%, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 827 kg con porcentaje -5.70% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 740 kg con porcentaje de -15.62%, basado en la mezcla asfáltica convencional.

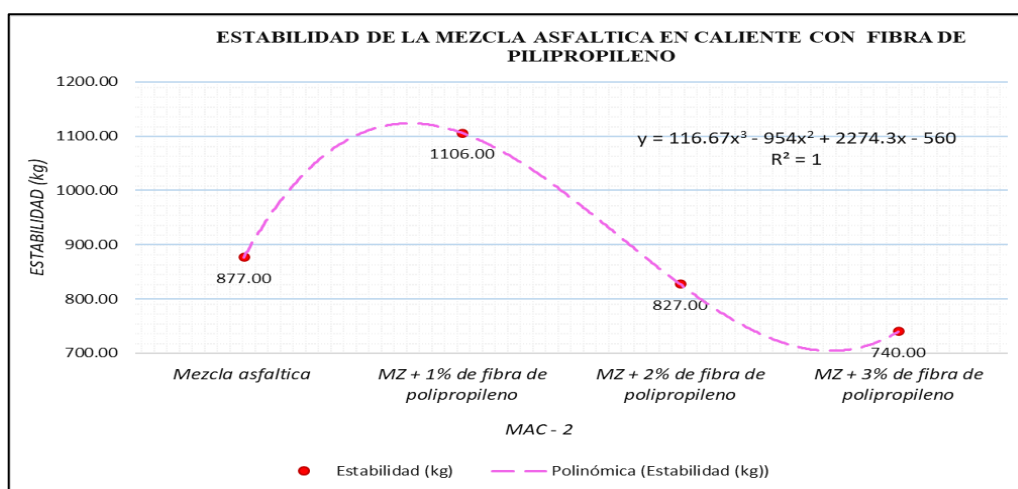


Figura N° 31: Comportamiento de la estabilidad del asfalto con el uso de la fibra de polipropileno

Nota: Propia

Tabla 39: Análisis de la estabilidad (kg).

<u>Evaluación</u>	<u>Ecuación</u>	<u>Grado de correlación</u>	<u>Observación</u>
Estabilidad (kg)	$y = 116.67x^3 - 954x^2 + 2274.3x - 560$	R = 1	Se obtiene como resultado en la línea de tendencia para un grado de correlación mayor al 0.5 para la aceptación de la correlación de las variables

Nota: Propia

### 5.7.7. Análisis del índice de rigidez (kg/cm)

El índice de rigidez de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Marshall ASTM D 1559.

Tabla 40: Resumen de la rigidez de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno

% de asfalto residual	Rigidez (kg/cm)	% de variación
Mezcla asfáltica	2277.00	0.00%
MZ + 1% de fibra de polipropileno	2513.00	10.36%
MZ + 2% de fibra de polipropileno	1884.00	-25.03%
MZ + 3% de fibra de polipropileno	1473.00	-21.82%

Nota: Propia.

En la tabla 59, se observa los resultados del índice de rigidez para la mezcla asfáltica es de 2277 kg/cm, MZ + 1% de fibra de polipropileno es de 2513 kg/cm con porcentaje de 10.36%, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 1884 kg/cm con porcentaje -25.03% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 1473 kg/cm con porcentaje de -21.82%, basado en la mezcla asfáltica convencional.

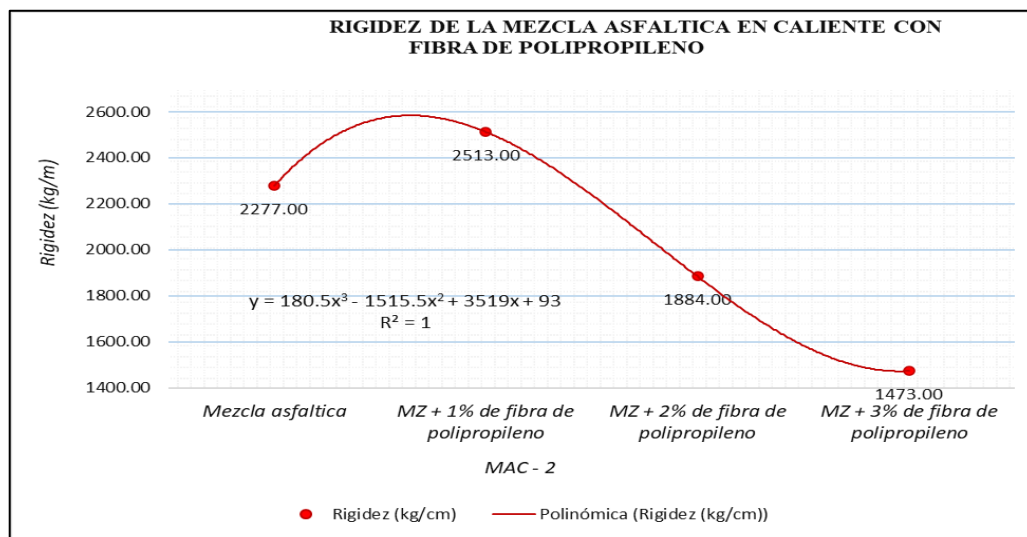


Figura N° 32: Rigidez de la mezcla asfáltica en caliente con fibra de polipropileno

Nota: Propia

Tabla 41: Análisis del Índice de Rigidez (kg/cm).

<u>Evaluación</u>	<u>Ecuación</u>	<u>Grado de correlación</u>	<u>Observación</u>
Flujo (mm)	$y = 180.5x^3 - 1515.5x^2 + 3519x + 93$	R = 1.00	Se obtiene como resultado en la línea de tendencia para un grado de correlación mayor al 0.5 para la aceptación de la correlación de las variables

Nota: Propia

### 5.7.8. Análisis del desgaste del MAC- 2 (kg/cm)

El desgaste de la mezcla asfáltica, se llevó a cabo en laboratorio mediante el ensayo de Cantabro – Método de abrasión Los Ángeles MTC E 515.

Tabla 42: Resumen del desgaste de la mezcla asfáltica con fibra de polipropileno

Muestra	Desgaste (%)	Promedio	% de variación
Mezcla asfáltica	10.544	7.150	0.00%
	8.350		
	7.145		
	5.451		
	4.259		
MZ + 1% de fibra de polipropileno	9.718	6.952	-2.76%
	8.676		
	7.204		
	5.139		
	4.025		
MZ + 2% de fibra de polipropileno	9.787	7.159	0.13%
	8.386		
	7.866		
	5.740		
	4.015		
MZ + 3% de fibra de polipropileno	13.967	10.348	44.73%
	11.328		
	10.995		
	8.386		
	7.065		

Nota: Propia.

En la tabla 61, se observa los resultados de desgaste promedio para la mezcla asfáltica es de 7.150%, MZ + 1% de fibra de polipropileno es de 6.952% con porcentaje de -2.76%, MZ + 2% de fibra de polipropileno de 7.159% con porcentaje 0.13% y MZ + 3% de fibra de polipropileno de 10.348% con porcentaje de 44.73%, basado en la mezcla asfáltica convencional.

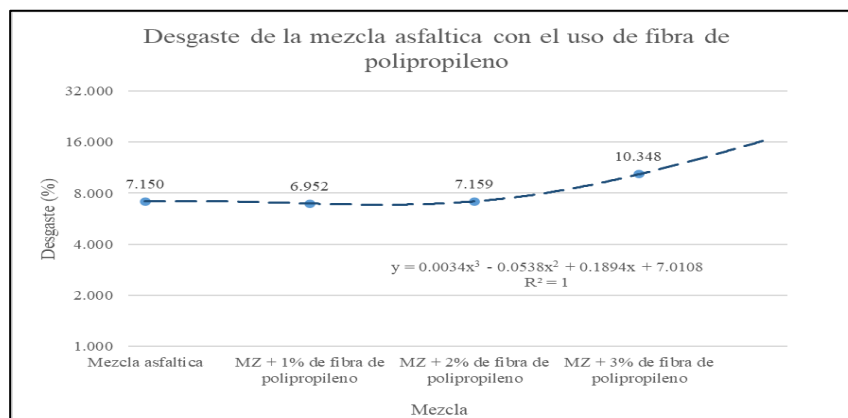


Figura N° 33: Desgaste de la mezcla asfáltica en caliente con fibra de polipropileno

Nota: Propia

## 5.8. Contratación de hipótesis

### 5.8.1. Estabilidad (Hipótesis específica 1)

#### Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística

**Hipótesis Nula H0:** La estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente NO cambia de manera significativa al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

**Hipótesis Alterna H1:** La estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente cambia de manera significativa al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

#### Prueba de supuestos de normalidad

**H0:** los datos provienen de una distribución normal

**H1:** los datos no provienen de una distribución normal

	Fibra de polipropileno	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	Mezcla asfáltica	,318	5	,109	,855	5	,212
	1% de fibra de polipropileno	,271	5	,200*	,912	5	,478
	2% de fibra de polipropileno	,206	5	,200*	,943	5	,687
	3% de fibra de polipropileno	,239	5	,200*	,894	5	,375

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 34: Prueba de normalidad – Estabilidad

Nota: Propia

En la figura 60, nos muestra los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk, por lo que todos los valores de significancia son mayores a 0.05, aceptando la hipótesis nula y afirmando que los datos provienen de una distribución normal. Al probar los supuestos de normalidad se procede a determinar el experimento de uniformidad de varianzas mediante la estadística de Levene.

#### Prueba del supuesto de Homogeneidad

**H0:** Si existen igualdad de varianzas entre los grupos.

**H1:** No existe igualdad de varianzas entre los grupos.

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
		Estabilidad	Se basa en la media	,038	3
	Se basa en la mediana	,038	3	16	,990
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,038	3	13,791	,990
	Se basa en la media recortada	,028	3	16	,993

Figura N° 35: Homogeneidad de varianzas – Estabilidad

Nota: Propia

Conforme a los resultados del experimento de uniformidad de varianzas de Levene, en el que el valor de sig >0.05 aceptamos la hipótesis nula, aceptando que no hay una diferencia significativa entre la varianza del peso unitario entre grupos. Luego de este análisis se pasa a la prueba de Anova en donde se considera que.

**H0 es (hipótesis nula) y H1 (hipótesis alterna)**

- Si la probabilidad obtenida P-Valor <  $\alpha$  se rechaza H0 se acepta la H1
- Si la probabilidad obtenida P-Valor >  $\alpha$  se rechaza H1 se acepta la H0

**ANOVA**

Estabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	424473,000	3	141491,000	15,315	,000
Dentro de grupos	147814,800	16	9238,425		
Total	572287,800	19			

Figura N° 36: Prueba de Anova – Estabilidad

Nota: Propia

Se identifica que  $V_{sig} < 0.05$  al realizar la prueba de ANOVA por lo que se acepta la hipótesis alterna y se concluye que: La estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente cambia de manera significativa al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

### 5.8.2. Flujo (Hipótesis específica 2)

#### Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística

**Hipótesis Nula H0:** El flujo de la mezcla asfáltica en caliente NO mejora al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

**Hipótesis Alterna H1:** El flujo de la mezcla asfáltica en caliente mejora al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

#### Prueba de supuestos de normalidad

**H0:** los datos provienen de una distribución normal

**H1:** los datos no provienen de una distribución normal

**Pruebas de normalidad**

Fibra de polipropileno	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flujo Mezcla asfáltica	,145	5	,200*	,975	5	,908
1% de fibra de polipropileno	,245	5	,200*	,896	5	,389
2% de fibra de polipropileno	,349	5	,046	,771	5	,046
3% de fibra de polipropileno	,245	5	,200*	,890	5	,359

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 37: Prueba de normalidad – Flujo

Nota: Propia

En la figura 64 nos muestra los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro – Wild, por lo que no todos los valores de significancia son mayores a 0.05, rechaza la hipótesis nula y afirma que los datos no provienen de una distribución normal. Por ende, se realiza la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- Si la probabilidad obtenida  $P\text{-Valor} < \alpha$  se rechaza  $H_0$  se acepta la  $H_1$
- Si la probabilidad obtenida  $P\text{-Valor} > \alpha$  se rechaza  $H_1$  se acepta la  $H_0$

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Flujo es la misma entre las categorías de Fibra de polipropileno.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,132	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Figura N° 38: Prueba Kruskal-Wallis – Flujo

Nota: Propia

Se identifica que  $V_{sig} < 0.05$  al realizar la prueba de KRUSKAL -WALLIS por lo que se retiene la hipótesis nula y se concluye que: El flujo de la mezcla asfáltica en caliente NO mejora al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

### 5.8.3. Índice de Rigidez (Hipótesis específica 3)

#### Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística

**Hipótesis Nula  $H_0$ :** El índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente NO incrementa notablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno

**Hipótesis Alterna  $H_a$ :** El índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente incrementa notablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno

#### Prueba de supuestos de normalidad

Planteamiento de la hipótesis:

**$H_0$ :** los datos provienen de una distribución normal

**H1:** los datos no provienen de una distribución normal

**Pruebas de normalidad**

Fibra de polipropileno		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rigidez	Mezcla asfáltica	,160	5	,200 <sup>*</sup>	,976	5	,910
	1% de fibra de polipropileno	,293	5	,187	,880	5	,307
	2% de fibra de polipropileno	,212	5	,200 <sup>*</sup>	,910	5	,469
	3% de fibra de polipropileno	,208	5	,200 <sup>*</sup>	,920	5	,530

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 39: Prueba de normalidad – Índice de rigidez

Nota: Propia

En la figura 66 nos muestra los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro – Wild, por lo que todos los valores de significancia son mayores a 0.05, aceptando la hipótesis nula y afirmando que los datos provienen de una distribución normal. Al probar los supuestos de normalidad se procede a determinar el experimento de uniformidad de varianzas mediante la estadística de Levene.

### Prueba del supuesto de Homogeneidad

H0: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos.

H1: No existe igualdad de varianzas entre los grupos.

**Prueba de homogeneidad de varianzas**

		Estadístico de Levene		gl2	Sig.
		Estadístico	gl1		
Rigidez	Se basa en la media	1,639	3	16	,220
	Se basa en la mediana	1,041	3	16	,401
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,041	3	11,170	,412
	Se basa en la media recortada	1,567	3	16	,236

Figura N° 40: Homogeneidad de varianzas – Estabilidad

Nota: Propia

Conforme a los resultados del experimento de uniformidad de varianzas de Levene, en el que el valor de sig > 0.05 aceptamos la hipótesis nula, aceptando que no hay una diferencia significativa entre la varianza del peso unitario entre grupos. Luego de este análisis se pasa a la prueba de Anova en donde se considera que:

**Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)**

- Si la probabilidad obtenida P-Valor <  $\alpha$  se rechaza H0 se acepta la H1
- Si la probabilidad obtenida P-Valor >  $\alpha$  se rechaza H1 se acepta la H0

**ANOVA**

Rigidez

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3437273,200	3	1145757,733	3,791	,031
Dentro de grupos	4836294,000	16	302268,375		
Total	8273567,200	19			

Figura N° 41: Prueba de Anova – Índice de rigidez

Nota: Propia

Se identifica que  $V_{sig} < 0.05$  al realizar la prueba de ANOVA por lo que se acepta la hipótesis alterna y se concluye que: El índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente incrementa notablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

#### 5.8.4. VMA (Hipótesis específica 4)

##### Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística

**Hipótesis Nula  $H_0$ :** El VMA de la mezcla asfáltica en caliente NO varía positivamente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

**Hipótesis Alterna  $H_a$ :** El VMA de la mezcla asfáltica en caliente varía positivamente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

##### Prueba de supuestos de normalidad

**$H_0$ :** los datos provienen de una distribución normal

**$H_1$ :** los datos no provienen de una distribución normal

**Pruebas de normalidad**

Fibra de polipropileno	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VMA Mezcla asfáltica	,243	5	,200*	,872	5	,276
1% de fibra de polipropileno	,233	5	,200*	,966	5	,851
2% de fibra de polipropileno	,236	5	,200*	,944	5	,696
3% de fibra de polipropileno	,300	5	,161	,850	5	,195

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 42: Prueba de normalidad – VMA

Nota: Propia

En la figura 70 nos muestra los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro – Wild, por lo que todos los valores de significancia son mayores a 0.05, aceptando la hipótesis nula y afirmando que los datos provienen de una distribución normal.

Al probar los supuestos de normalidad se procede a determinar el experimento de uniformidad de varianzas mediante la estadística de Levene.



## Prueba del supuesto de Homogeneidad

H0: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos.

H1: No existe igualdad de varianzas entre los grupos.

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
VMA	Se basa en la media	,800	3	16	,512
	Se basa en la mediana	,394	3	16	,759
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,394	3	14,201	,760
	Se basa en la media recortada	,752	3	16	,537

Figura N° 43: Homogeneidad de varianzas – VMA

Nota: Propia

Conforme a los resultados del experimento de uniformidad de varianzas de Levene, en el que el valor de sig  $> 0.05$  aceptamos la hipótesis nula, aceptando que no hay una diferencia significativa entre la varianza del peso unitario entre grupos. Luego de este análisis se pasa a la prueba de Anova en donde se considera que:

**Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)**

- P-Valor  $< \alpha$  se rechaza H0 se acepta la H1
- P-Valor  $> \alpha$  se rechaza H1 se acepta la H0

VMA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	55,348	3	18,449	10,334	,001
Dentro de grupos	28,564	16	1,785		
Total	83,912	19			

Figura N° 44: Prueba de Anova – VMA

Nota: Propia

Se identifica que  $V_{sig} < 0.05$  al realizar la prueba de ANOVA por lo que se acepta la hipótesis alterna y se concluye que: El VMA de la mezcla asfáltica en caliente varía positivamente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

### 5.8.5. Desgaste (Hipótesis específica 5)

#### Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística

**Hipótesis Nula Ho:** El desgaste de la mezcla asfáltica en caliente NO se altera considerablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

**Hipótesis Alterna Ha:** El desgaste de la mezcla asfáltica en caliente se altera considerablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

## Prueba de supuestos de normalidad

Planteamiento de la hipótesis:

**H0:** los datos provienen de una distribución normal

**H1:** los datos no provienen de una distribución normal

		Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Estadístico	gl	Sig.
Desgaste	Fibra de polipropileno	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Mezcla asfáltica	,155	5	,200*	,983	5	,948
	1% de fibra de polipropileno	,178	5	,200*	,954	5	,766
	2% de fibra de polipropileno	,222	5	,200*	,962	5	,824
	3% de fibra de polipropileno	,195	5	,200*	,964	5	,837

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura N° 45: Prueba de normalidad – Desgaste

Nota: Propia

En la figura 74 nos muestra los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro – Wild, por lo que todos los valores de significancia son mayores a 0.05, aceptando la hipótesis nula y afirmando que los datos provienen de una distribución normal. Al probar los supuestos de normalidad se procede a determinar el experimento de uniformidad de varianzas mediante la estadística de Levene.

## Prueba del supuesto de Homogeneidad

H0: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos.

H1: No existe igualdad de varianzas entre los grupos.

		Prueba de homogeneidad de varianzas			Sig.
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Desgaste	Se basa en la media	,055	3	16	,982
	Se basa en la mediana	,032	3	16	,992
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,032	3	14,973	,992
	Se basa en la media recortada	,058	3	16	,981

Figura N° 46: Homogeneidad de varianzas – Desgaste

Nota: Propia

Conforme a los resultados del experimento de uniformidad de varianzas de Levene, en el que el valor de sig >0.05 aceptamos la hipótesis nula, aceptando que no hay una diferencia significativa entre la varianza del peso unitario entre grupos. Luego de este análisis se pasa a la prueba de Anova en donde se considera que:

**H<sub>0</sub>** es (hipótesis nula) y **H<sub>a</sub>** (hipótesis alterna)

- Si la probabilidad obtenida P-Valor < α se rechaza H<sub>0</sub> se acepta la H<sub>1</sub>

- Si la probabilidad obtenida P-Valor  $> \alpha$  se rechaza H1 se acepta la H0

**ANOVA**

Desgaste

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	40,019	3	13,340	2,208	,127
Dentro de grupos	96,658	16	6,041		
Total	136,677	19			

Figura N° 47: Prueba de Anova – Desgaste

Nota: Propia

Se identifica que  $V_{sig} < 0.05$  al realizar la prueba de ANOVA por lo que se acepta la hipótesis alterna y se concluye que: El desgaste de la mezcla asfáltica en caliente se altera considerablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **6.1. Discusión de resultados con antecedentes**

##### **❖ Objetivo general**

Se analizó el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, cuyos resultados fueron: Para la estabilidad llegó a 15.62% de variación negativa, el flujo tuvo una variación ascendente hasta 30%, el índice de rigidez tuvo un porcentaje negativo de 21.82%, para VMA resultó con 10.64% y finalmente el desgaste del MAC-2 alcanzó un incremento de hasta 44.73%, todo basado en la mezcla asfáltica patrón con 3% de fibra de polipropileno. Se analizó que la única propiedad que no mejora fue el flujo, puesto que la mezcla asfáltica patrón tiene 4 mm y va en aumento hasta 5.20 mm.

##### **❖ Objetivo específico 1 – Estabilidad**

Se evaluó el cambio de la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar de filler calizo con fibra de polipropileno, de lo cual resultó; para MZ fue de 877 kg, con 1% de fibra de polipropileno (FP) de 1106 kg, con 2% de FP fue de 827 kg y con el 3% de FP fue de 740 kg con variación negativa de 15.62%. Al respecto los autores Pinedo y Vaca (2018), obtuvieron los siguientes resultados para la estabilidad, con 5.3 % de cemento asfáltico óptimo y una estabilidad de 1215 kg, así también, en la mezcla modificada con 0.5, 1.5, 2.5 % de fibra de polipropileno, se obtuvieron estabilidades de 1154, 1271, 1141 kg, siendo la estabilidad adecuada obtenida de la curva de 1271 kg con un porcentaje óptimo de fibra de 1.5 %. Por ende,

se puede afirmar que con el 1% hasta 1.5% son dosificaciones de FP mejoran la estabilidad de la mezcla.

#### ❖ **Objetivo específico 2 – Flujo**

Se identificó la modificación del flujo de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, que se evidencian en los siguientes resultados, que para una MZ y con el 1% de FP su flujo fue de 4 mm, con el 2% de FP fue de 4.10 mm y con 3% de FP fue de 5.20 mm con una variación porcentual creciente de 30%. De acuerdo con Pilares (2018), alcanzó el resultado mediante el ensayo Marshall para el diseño modificado con 0.6 % de fibra muestra un flujo de 4.1 mm y con 0.75 % de fibra muestra un flujo de 4.1 mm. Por ende, se puede afirmar que hasta un 2% de FP el flujo no cambia se mantiene constante.

#### ❖ **Objetivo específico 3 – Índice de rigidez**

Se analizó el efecto en el índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, que se basaron en los siguientes resultados: la MZ obtuvo 2277 kg/cm, con 1% de FP alcanzó a 2513 kg/cm, para el 2% de FP fue de 1884 kg/cm y con el 3% de FP fue de 1473 kg/cm, cuyo valor porcentual es de -21.82%. Según el autor Mardones (2018), alcanzó los siguientes resultados para un índice de rigidez o modulo de rigidez entre un 10% a 17% de disminución basado en la mezcla patrón; entonces la adición de fibra de polipropileno entre otras fibras reducen el índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente haciendo que este sufra agrietamiento por fatiga.

#### ❖ **Objetivo específico 4 – VMA**

Se estimó la variación del VMA de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, que se evidencian a continuación para MZ logró un 17.9%, con el 1% de FP fue de 16%, con 2% de FP fue de 18.8% y con el 3% fue de 20.80%, basándonos en la MZ patrón tuvo una variación porcentual máxima de 17.50% y la mínima de -10.61%. Para el autor Castro (2021), citado como antecedente internacional identifico que las briquetas con PP de 26.4% los varios en el agregado mineral (VMA); entonces el tereftalato de polietileno adiciona a la mezcla asfáltica mayor cantidad de vacíos a comparación con FP.

#### ❖ **Objetivo específico 5 – Desgaste**

Al determinar el porcentaje de desgaste de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, se obtuvo para la MZ 7.15%, con el 1% de FP fue de 6.952%, con el 2% de FP alcanzó un 7.159 % y para 3% de FP fue de 10.348% , basado en la mezcla patrón se obtuvo u porcentaje de variación de 44.73%. Al respecto el autor Cañari (2019), citado como antecedente nacional logró evidenciar que la adición de fibras de polipropileno en proporciones a 0.2%, 0.4% y 0.6% en relación al peso total de los agregados, determinó que la adición 0.2% de fibras influyen significativamente en la resistencia al desgaste reduciendola en - 5.28%, entonces el rango de dosificación para que el desgaste sea menor es de 0.1% a 1% de FP.

## CONCLUSIONES

### 1. Objetivo general

El filler calizo con fibra de polipropileno mejora las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente. Se evidencia que con el 1% de FP la estabilidad asciende un 26.11%, el flujo con 1% de FP se mantuvo constante como la MZ patrón con 4.00 mm, el índice de rigidez con el 1% tuvo un porcentaje ascendente de 10.36%, para VMA resultó con 1% de FP de -10.61% y finalmente el desgaste del MAC-2 con el 1% de FP alcanzó un -2.76%, todos los resultados fueron los óptimos y con la dosificación adecuada para cada propiedad.

### 2. Objetivo específico 1 – Estabilidad

La estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente cambia de manera significativa al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, sustentado en los resultados estadísticos de la prueba de Anova tuvieron un valor de significancia de p- valor  $<0.05$ . La estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente cambia de manera significativa al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno. Se evidencia, para MZ fue de 877 kg, con 1% de fibra de polipropileno (FP) de 1106 kg, con 2% de FP fue de 827 kg y con el 3% de FP fue de 740 kg con variación negativa de 15.62%. Por tanto, se concluye que el 1% de FP es adecuado para aumentar la estabilidad, así también que la relación entre la estabilidad y la adición de FP mayores a 2% es indirectamente proporcional, ya que si incrementa uno el otro se reduce.

### 3. Objetivo específico 2 – Flujo

El flujo de la mezcla asfáltica en caliente no mejora al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, sustentado en los resultados estadísticos de la prueba de Anova tuvieron un valor de significancia de p- valor  $>0.05$ . El flujo de la mezcla asfáltica en caliente no mejora al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno. Se muestra, que para una MZ y con el 1% de FP su flujo fue de 4 mm, con el 2% de FP fue de 4.10 mm y con 3% de FP fue de 5.20 mm con una variación porcentual creciente de 30%. Por tanto, se llega a la conclusión de que las dosificaciones del 2% en adelante aumenta su flujo lo que hace que no mejore, pero con el 1% se mantiene constante al igual que la mezcla asfáltica patrón siendo la dosificación óptima en esta investigación.

### 4. Objetivo específico 3 – Índice de rigidez

El índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente incrementa notablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, sustentado en los resultados estadísticos de la prueba de Anova tuvieron un valor de significancia de p- valor  $<0.05$ . El índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente incrementa notablemente al incorporar filler calizo

con fibra de polipropileno. Se evidenció, la MZ obtuvo 2277 kg/cm, con 1% de FP alcanzó a 2513 kg/cm, para el 3% de FP fue de 1884 kg/cm y con el 3% de FP fue de 1473 kg/cm, cuyo valor porcentual es de -21.82%. Por tanto, se concluye que el 1% de FP es adecuado para incrementar notablemente la rigidez, así también que la relación entre el índice de rigidez y la adición de FP mayores a 2% es indirectamente proporcional, pues a mayor dosificación menor rigidez.

#### **5. Objetivo específico 4 – VMA**

El VMA de la mezcla asfáltica en caliente varía positivamente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, sustentado en los resultados estadísticos de la prueba de Anova tuvieron un valor de significancia de p-valor  $<0.05$ . El VMA de la mezcla asfáltica en caliente varía positivamente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno. Se evidenció, MZ logró un 17.9%, con el 1% de FP fue de 16%, con 2% de FP fue de 18.8% y con el 3% fue de 20.80%, basándonos en la MZ patrón tuvo una variación porcentual máxima de 17.50% y la mínima de -10.61%. Por tanto, se concluye que el 1% de FP es adecuado para reducir los vacíos de agregado mineral (VMA), así también que la relación entre VMA y la adición de FP mayores a 2% es directamente proporcional, ya que a mayor dosificación mayor porcentaje de vacíos.

#### **6. Objetivo específico 5 – Desgaste**

El desgaste de la mezcla asfáltica en caliente se altera considerablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno, sustentado en los resultados estadísticos de la prueba de Anova tuvieron un valor de significancia de p-valor  $<0.05$ . El desgaste de la mezcla asfáltica en caliente se altera considerablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno. Se evidenció, para la MZ 7.15%, con el 1% de FP fue de 6.952%, con el 2% de FP alcanzó un 7.159% y para 3% de FP fue de 10.348%, basado en la mezcla patrón se obtuvo un porcentaje de variación de 44.73%. Por tanto, se concluye que el 1% de FP es adecuado porque disminuye el desgaste, a comparación con las otras muestras tanto el patrón como las modificadas.



## **RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere llevar adelante la aplicación de resultados al emplear filler calizo con fibra de polipropileno en una dosificación del 1% al identificar una mejora en la estabilidad de la mezcla asfáltica (MAC-2) en 26.11%. Además, para poder incrementar el comportamiento mecánico es necesario poder analizar las longitudes de las fibras y las briquetas en el cual el espesor del pavimento aumentará o se reducirá.
2. Se sugiere futuras investigaciones en base a los resultados en los que se recomienda poder realizar especímenes con menor espesor y determinar la estabilidad para poder determinar si cumple con los diferentes parámetros de la capacidad estructural.
3. La variación del flujo para esta investigación es mínimamente significativa para lo cual se recomienda poder complementar realizando diferentes pruebas de fatiga a las briquetas, así como el ensayo de la rueda de Hamburgo para la determinación del ahuellamiento.
4. El empleo correcto de las fibras de polipropileno en las mezclas asfálticas en caliente debe realizarse mediante la vía seca el cual garantizaría el mejor comportamiento sobre la mezcla asfáltico haciendo un efecto de trenzado con los agregados y el ligante asfáltico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anna, M. 2018.** Blogger. *Blogger*. [En línea] 12 de Julio de 2018. <http://meryannguaita.blogspot.com/>.
- ASEFMA. 2021.** Se abren nuevas lineas de investigacion sobre revalorizacion de residuos en mezclas asfálticas. *asefma.es*. [En línea] 09 de 02 de 2021. [Citado el: 18 de 12 de 2023.] <https://asefma.es/nuevas-lineas-de-investigacion-sobre-revalorizacion-de-residuos-en-mezclas-asfalticas/>.
- Asfalmax. 2017.** Venta de asfalto en caliente. *Asfalmax*. [En línea] 2017. [Citado el: 18 de 12 de 2023.] <https://www.ventasdeasfalto-rc-250.com.pe/portfolio/venta-asfalto-caliente/>.
- Cabana, A y Arenas, E. 2015.** *Obtención De Asfaltos Oxidados A Nivel Laboratorio A Partir De Asfaltos Convencionales Mediante Insuflación De Aire Para La Fabricación De Membranas Asfálticas*. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa . Arequipa : Pregrado, 2015.
- Cabezas, E, Andrade, D y Torres, J. 2018.** *Introducción a la metodología de la investigación científica*. [ed.] D Andrade. Sangolquí : Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. pág. 138. 978-9942-765-44-4.
- Cabrejos, L y Vigo, Marco. 2022.** *Influencia de tereftalato de polietileno en las propiedades físicas- mecánicas de una mezcla asfáltica*. Trujillo 2021. Facultad de ingeniería, Universidad privada del norte. Trujillo : Universidad privada del norte, 2022. pág. 161, Pre grado.
- Cañari, C. 2019.** *Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno*. Maestría en ingeniería vial mención en carreteras, puentes y túneles, Universidad Ricardo Palma. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2019. pág. 190, Tesis de Postgrado.
- Castañeda, C. 2022.** Mapa político del Perú. *Puzzlefactory*. [En línea] 05 de 04 de 2022. [Citado el: 18 de 12 de 2023.] <https://puzzlefactory.com/es/rompecabezas-didacticos/445221-actividad-mapa-del-peru-rompecabezas#4x6>.
- Castro, J. 2021.** *Incidencia de la adición de polímeros en los hormigones asfálticos convencionales mezclados en planta para vías en el cantón ambato, provincia de Tungurahua*. Carrera de ingeniería civil, Universidad Técnica Ambato. Ambato : Universidad Técnica Ambato, 2021. pág. 180, Pre grado.

- Chavez, J y Ruiz, G. 2018.** *Comparativo de las propiedades de un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y el uso de polímeros en la carretera Tosagua.* Facultad de ingeniería, Universidad Ciencias y Tecnología. Trujillo : Pregrado, 2018.
- FamilySearch. 2023.** Huancayo, Junin, Perú - Genealogia. *FamilySearch.* [En línea] 22 de 06 de 2023. [Citado el: 18 de 12 de 2023.] [https://www.familysearch.org/es/wiki/Huancayo,\\_Jun%C3%ADn,\\_Per%C3%BA\\_-\\_Genealog%C3%ADa](https://www.familysearch.org/es/wiki/Huancayo,_Jun%C3%ADn,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa).
- Forero, J, Garcia, J y Martinez, M. 2015.** *Propiedades físicas, reológicas y mecánicas de un cemento asfáltico 80/100 modificado por vía húmeda con adición de corcho.* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad la Gran Colombia. Bogotá : Universidad la Gran Colombia, 2015. pág. 71, Tesis de pregrado.
- González, M y Luquillas, K. 2019.** *Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mejorada con fibra acrílica respecto a la mezcla asfáltica convencional.* Facultad de Ingeniería, Universidad Ricardo Palma. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2019. pág. 159, Tesis de pregrado.
- Gonzalez, K. 2013.** *Técnicas de procesamiento y representación de datos.* Informática, Instituto Universitario de Tecnología de Administración Industrial. Guarenas : Instituto Universitario de Tecnología de Administración Industrial, 2013. pág. 27.
- Guevara, C. 2021.** *Caracterización fisicoquímica y determinación del grado de desempeño de asfalto de la Refinería Esmeraldas modificado con polipropileno.* Facultad de ingeniería, Universidad central del ecuador. Quito : Universidad central del ecuador, 2021. pág. 132, Pre grado.
- Hidalgo, A. 2018.** *Evaluación comparativa de propiedades de concretos sin adiciones minerales de filler calizo en diferentes proporciones.* Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Federico Virreale. Lima : Universidad Nacional Federico Virreale, 2018. pág. 129, Tesis de pregrado.
- Infobae. 2023.** El ocaso de la Ruta del Sol: colombianos se quejan en redes sociales del mal estado de la vía. *Infobae.* [En línea] 07 de 01 de 2023. [Citado el: 21 de 12 de 2023.] <https://www.infobae.com/america/colombia/2023/01/07/el-ocaso-de-la-ruta-del-sol-colombianos-se-quejan-en-redes-sociales-del-mal-estado-de-la-via/>.
- Institute, Asphalt. 2001.** *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente.* s.l. : Asphalt Institute, 2001. pág. 275. Vol. 22. 978-1934154250.
- INTEC. 2010.** Líneas de investigación. [En línea] 07 de Enero de 2010. <https://cyt-ar.com.ar/cyt->

ar/index.php/Instituto\_de\_Desarrollo\_Tecnol%C3%B3gico\_para\_la\_Industria\_Qu%C3%ADmica.

- Jimenez, C. 2016.** *Análisis Comparativo De La Estabilidad Y La Deformación Del Pavimento Asfáltico Con Fibras Celulosas Y Pavimento Asfáltico Tradicional.* Facultad de Ingeniería , Universidad Tecnica de Ambato. Ambato : Pregrado, 2016.
- Local, Integracion y Desarrollo Regional -. 2013.** Generacion de la tabla input-output para la region peruana de Junin a traves de cocientes de localizacion. *Innovacion y Desarrollo.* [En línea] 15 de 01 de 2013. [Citado el: 18 de 12 de 2023.] <https://jackiesalazar.wordpress.com/2013/01/15/generacion-de-la-tabla-input-output-para-la-region-peruana-de-junin-a-traves-de-cocientes-de-localizacion/>.
- Mamani, F. 2019.** *Influencia del índice de plasticidad del filler en la estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en frío en Moquegua, 2019.* Facultad de ingeniería, Universidad Jose Carlos Mariategui. Moquegua : Pregrado, 2019.
- Mardones, L. 2018.** *Evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno.* Ingeniería civil, Universidad de La Frontera. Temuco : s.n., 2018. Tesis de Postgrado.
- Marroquín Peña, Roberto. 2020.** *Confiabilidad y Validez de Instrumentos de investigación.* Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Ciudad Universitaria Santa Anita : s.n., 2020.
- Marroquin, R. 2018.** Metodología de la investigación. [aut. libro] Marroquin Peña Roberto. *Metodología de la investigacion.* Lima : s.n., 2018.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Peru. 2013.** *Manual de Carreteras Especificas Tecnicas Generales.* Lima : s.n., 2013. pág. 605.
- MTC/14. 2015.** Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. [aut. libro] Ministerio de trasportes y comunicaciones. *Ministerio de trasportes y comunicaciones.* Lima : s.n., 2015.
- Navia, L, Pereira, L y Sarasti, J. 2021.** *Análisis comparativo de la adición de fibras de polipropileno de desechos de Tapabocas en una mezcla convencional tipo MD-12 con asfalto 60/70 de la refinería de Barrancabermeja.* Programa de especialización en Ingeniería de Pavimentos, Universidad Católica de Colombia. Bogota : s.n., 2021. Tesis de Pregrado.
- Olarte, Z. 2017.** *Estudio De La Calidad De Los Agregados De Las Principales Canteras De La Ciudad De Andahuaylas Y Su Influencia En La Resistencia Del Concreto Empleado*

- En La Construcción De Obras Civiles*. Facultad de Ingeniería , Universidad Tecnológica Los Andes. Abancay : pregrado, 2017.
- Pilares, C. 2018.** *Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporada para condiciones de zonas de altura*. Facultad de Ingeniería, Universidad San Ignacio de Loyola. Lima : Universidad San Ignacio de Loyola, 2018. pág. 110, Tesis de Pregrado.
- Pinedo, D y Vaca, R. 2018.** *Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente*, Trujillo 2018. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo. Trujillo : Universidad Cesar Vallejo, 2018. pág. 136, Tesis de Pregrado.
- Ponce, C y Villa, Cesar A. 2020.** *Analisis comparativo de características y propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente adicionada con fibras de polipropileno respecto a una mezcla asfáltica en caliente convencional, empleando los agregados de la cantera: la poderosa*. Facultad de Arquitectura e ingeniería civil y del ambiente , Universidad Católica de Santa María. Arequipa : s.n., 2020. pág. 287, Pre grado.
- Rangel, L y Sarmineto, M. 2010.** *Influencia de las características granulométricas y mineralógicas del filler sobre la rigidez de las mezclas asfálticas*. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2010. pág. 115, Tesis de pregrado.
- Ricse, J. 2023.** *Análisis de estabilización de suelos aplicando polímero en polvo seco soluble en agua en el jr. Atahualpa, provincia de satipo*. Facultad de Ingeniería , Universidad Peruana Los Andes. Hunacayo : pregrado, 2023.
- Rivas, A. 2022.** Justificación de una investigación: Cómo elaborar. *Normas APA*. [En línea] 16 de 09 de 2022. <https://normasapa.in/justificacion-de-una-investigacion/>.
- Romero, E. 2018.** *Análisis de la resistencia al desgaste por abrasión e impacto de fundiciones blancas de alta aleación*. Facultad de Ingeniería , Universidad de Concepcion. Concepcion : pregrado, 2018.
- Saavedra, R y Ypanaque, R. 2018.** *Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall - 2018*. Facultad de ingeniería, Universidad Cesar Vallejo. Chimbote : Universidad Cesar Vallejo, 2018. pág. 251, Pre grado.
- Samaniego, G. 2022.** Cómo hacer la justificación de una investigación. *miasesor detesis.com*. [En línea] 23 de 06 de 2022.

- Sánchez, O. 2022.** *Diseño alternativo para concreto asfáltico modificado con polímeros plásticos reciclados provenientes de envases de alimentos y elementos de aseo aplicando la metodología de superficies de respuesta.* Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia. Bogota : Universidad Nacional de Colombia, 2022. pág. 350, Tesis de posgrado.
- Sanchez, O. 2022.** *Diseño alternativo para concreto asfáltico modificado con polímeros plásticos reciclados provenientes de envases de alimentos y elementos de aseo aplicando la metodología de superficies de respuesta.* Facultad de Ingeniería, Universidad nacional de Colombia. Bogota : Universidad nacional de Colombia, 2022. pág. 350, Pre grado.
- Sucasaire, J. 2022.** *Orientaciones para la seleccion y el calculo del tamaño de la muestra en investigacion.* 1° Edición. Lima : s.n., 2022. pág. 178. 978-612-00-7547-0.
- Vela, J y melendez, D. 2019.** *Correlatividad De Compactación De Suelos Entre La Prueba De Densidad De Campo Y El Mini Martillo De Penetración De Dinamica Ligera En La Carretera Zungarococha 2019.* Fcaultad de Ingeniería, Universidad científica del Peru. Iquitos : pregrado, 2019.

## **ANEXOS**

**Anexo N°01: Matriz de Consistencia**



**“INCORPORACIÓN DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE ”**

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Analizar el efecto del filler calizo con fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El filler calizo con fibra de polipropileno mejora las propiedades físico – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Filler calizo con fibra de polipropileno</p>	<p>Propiedades Químicas</p> <p>Propiedades Físicas</p> <p>Dosificación</p>	<p>Composición Química</p> <p>Granulometría</p> <p>Ficha técnica</p>	<p><b>Método de investigación:</b> Científico.  <b>Tipo de investigación:</b> Aplicado.  <b>Nivel de investigación:</b> Correlacional  <b>Diseño de investigación:</b>                      El diseño de investigación utilizará un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.                      OE → SA → XP → CE → RE                      Donde:                      OE = Objeto de Estudio                      SA=Filler calizo con fibra de polipropileno                      XP = Mezclas asfálticas                      CE = Propiedades físico – mecánicas                      RE = Resultados y Conclusiones  <b>Cuando:</b> 2020.  <b>Población y muestra:</b>  <b>Población.</b> La población está constituida por 72 briquetas de asfalto.  <b>Muestra:</b> La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional, en este caso corresponde a 60 briquetas con el mejor comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente y con las diferentes dosificaciones de fibra de polipropileno.  <b>Técnicas e instrumentos:</b>                      - Recolección de datos  <b>Técnicas de procesamiento de datos:</b>                      - Estadístico.</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>f) ¿Cuál es el cambio de la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?</p> <p>g) ¿Cuánto se modifica el flujo de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?</p> <p>h) ¿De qué manera afecta al índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?</p> <p>i) ¿Cuánto varía el VMA de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?</p> <p>j) ¿En qué porcentaje altera el desgaste de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Evaluar el cambio de la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar de filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>b) Identificar la modificación del flujo de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>c) Analizar el efecto en el índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>d) Estimar la variación del VMA de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>e) Determinar el porcentaje de desgaste de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) La estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente cambia de manera significativa al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>b) El flujo de la mezcla asfáltica en caliente mejora al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>c) El índice de rigidez de la mezcla asfáltica en caliente incrementa notablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>d) El VMA de la mezcla asfáltica en caliente varía positivamente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p> <p>e) El desgaste de la mezcla asfáltica en caliente se altera considerablemente al incorporar filler calizo con fibra de polipropileno.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Propiedades Físico – Mecánicas</p>	<p>Estabilidad</p> <p>Flujo</p> <p>Rigidez</p> <p>Vacíos de agregado mineral (VMA)</p> <p>Desgaste</p>	<p>Ensayo Marshall</p> <p>Ensayo Marshall</p> <p>Ensayo Marshall</p> <p>Ensayo Marshall</p> <p>% de desgaste</p>	

**Anexo N°02: Matriz de Operacionalización de variables**

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
<b>1: Variable Independiente</b>  Filler calizo con fibra de polipropileno	El filler es un producto finamente molido, de naturaleza caliza, cuya granulometría tiene una gama entre 45 y 300 micras (1mm = 1000 micras). Mediante una adecuada dosificación en función de su granulometría, mejoran las propiedades físicas y de las mezclas bituminosas retardando su envejecimiento (Hidalgo, 2018).	Se debe identificar la variable filler calizo con fibra de polipropileno, para luego trabajar en función a sus dimensiones: ➤ D1: Propiedades químicas ➤ D2: Propiedades físicas ➤ D3: Dosificación  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.  Cada una de estas se divide en un indicador.	Propiedades Químicas	Composición Química	Ficha Técnica		X			
			Propiedades Físicas	Granulometría	Ensayo granulométrico		X			
			Dosificación	Diseño Marshall	Manual de Materiales			X		
<b>2: Variable Dependiente</b>  Propiedades Físico – Mecánicas	Son propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica tales como la susceptibilidad térmica, la rigidez y la resistencia al envejecimiento, a las deformaciones plásticas y a la fatiga ya sea por factores climatológicos y del tránsito. Forero, García y Martínez (2015)	Se debe identificar las propiedades físico mecánicas, para luego trabajar en función a sus dimensiones: ➤ D1: Estabilidad ➤ D2: Flujo ➤ D3: Índice de Rigidez ➤ D4: VMA ➤ D5: Desgaste  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	Estabilidad	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos			X		
			Flujo	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos			X		
			Índice de rigidez	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos			X		
			Vacíos de agregado mineral (VMA)	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos			X		
			Desgaste	% de desgaste	Fichas de recolección de datos			X		

**Anexo N°03: Matriz de Operacionalización de instrumento**

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE INSTRUMENTOS

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
				1	2	3	4	5
<b>1: Variable Independiente</b>  Filler calizo con fibra de polipropileno	Propiedades Químicas	Composición Química	Ficha Técnica		X			
	Propiedades Físicas	Granulometría	Ensayo granulométrico		X			
	Dosificación	Diseño Marshall	Manual de Materiales		X			
<b>2: Variable Dependiente</b>  Propiedades Físico – Mecánicas	Estabilidad	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
	Flujo	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
	Índice de rigidez	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
	Vacíos de agregado mineral (VMA)	Ensayo Marshall	Fichas de recolección de datos		X			
	Desgaste	% de desgaste	Fichas de recolección de datos		X			

**Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación**



**CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA**  
SANTA CRUZ  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

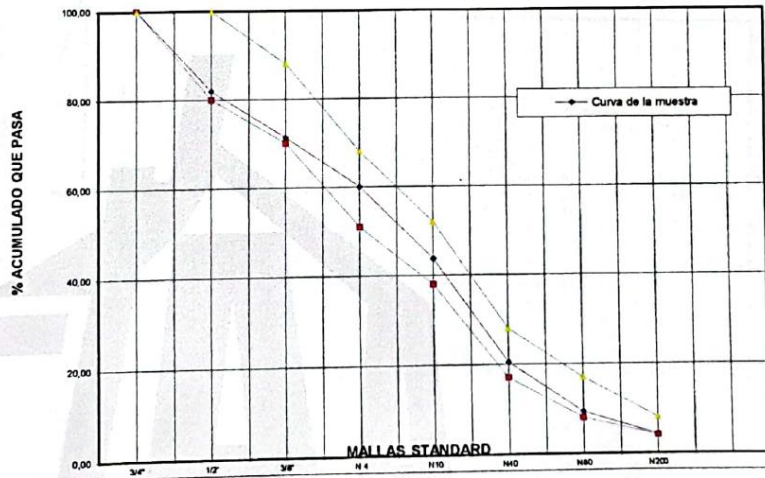
975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - JunIn  
ciaasantacruz@gmail.com

**SOLICITADO / PETICIONARIO :** BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
**PROYECTO / OBRA :** INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
**UBICACIÓN / DE OBRA :** Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
**TECNICO :** J. Santa Cruz Veliz  
**FECHA :** 10/10/2022  
**DOSIFICACION AGREGADOS :** PIEDRA CHANCADA 3/4" -  
ARENA CHANCADA Y ZARANDEADA 1/4" -  
CEM ASFALTICO : PEN - 85/100

**COMBINACION PARA DISEÑO CONVENCIONAL**

Nº MALLA	GRAVA CHANCADA 40	FIBRA POLIPROPILENO 0	ARENA ch 59	FILLER 1	TOTAL 100	ESPECIFICACIONES MAC 2	
						LIM INF	LIM SUP
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	54,81	100,00	100,00	100,00	81,92	80,00	100,00
3/8"	28,25	100,00	100,00	100,00	71,30	70,00	88,00
N 4	0,00	100,00	100,00	100,00	60,00	51,00	68,00
N10	0,00	6,40	72,48	100,00	43,77	38,00	52,00
N40	0,00	0,05	32,96	99,40	20,44	17,00	28,00
N80	0,00	0,00	14,11	99,31	9,32	8,00	17,00
N200	0,00	0,00	5,86	67,43	4,13	4,00	8,00

**CURVA GRANULOMETRICA**



**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
FC LABORATORISTA

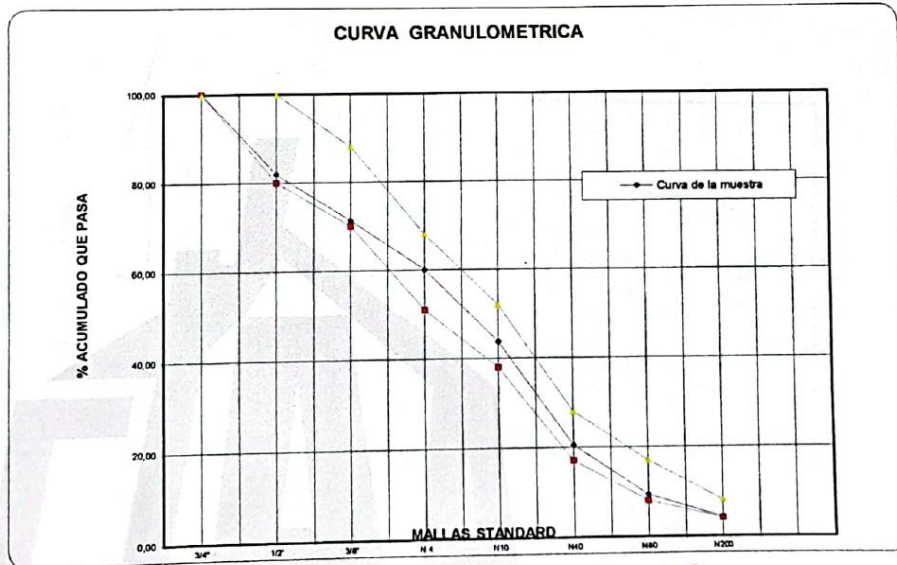


SANTA CRUZ VELIZ PAOLO LUIS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 253426

**SOLICITADO / PETICIONARIO :** BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
**PROYECTO / OBRA :** INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
**UBICACIÓN / DE OBRA :** DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
**Dist. HUANCAYO**  
**Prov. HUANCAYO**  
**Dpto. JUNIN**  
**TECNICO :** J. Santa Cruz Veliz  
**FECHA :** 10/10/2022  
**DOSIFICACION AGREGADOS**  
PIEDRA CHANCADA 3/4" -  
ARENA CHANCADA Y ZARANDEADA 1/4" -  
CEM. ASFALTICO : PEN - 85/100

**COMBINACION PARA DISEÑO CONVENCIONAL**

N° MALLA	GRAVA CHANCADA 40	FIBRA POLIPROPILENO 0	ARENA ch 59	FILLER 1	TOTAL 100	ESPECIFICACIONES MAC 2	
						LIM INF	LIM SUP
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	54,81	100,00	100,00	100,00	81,92	80,00	100,00
3/8"	28,25	100,00	100,00	100,00	71,30	70,00	88,00
N 4	0,00	100,00	100,00	100,00	60,00	51,00	68,00
N10	0,00	6,40	72,48	100,00	43,77	38,00	52,00
N40	0,00	0,05	32,96	99,40	20,44	17,00	28,00
N80	0,00	0,00	14,11	99,31	9,32	8,00	17,00
N200	0,00	0,00	5,86	67,43	4,13	4,00	8,00



**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA

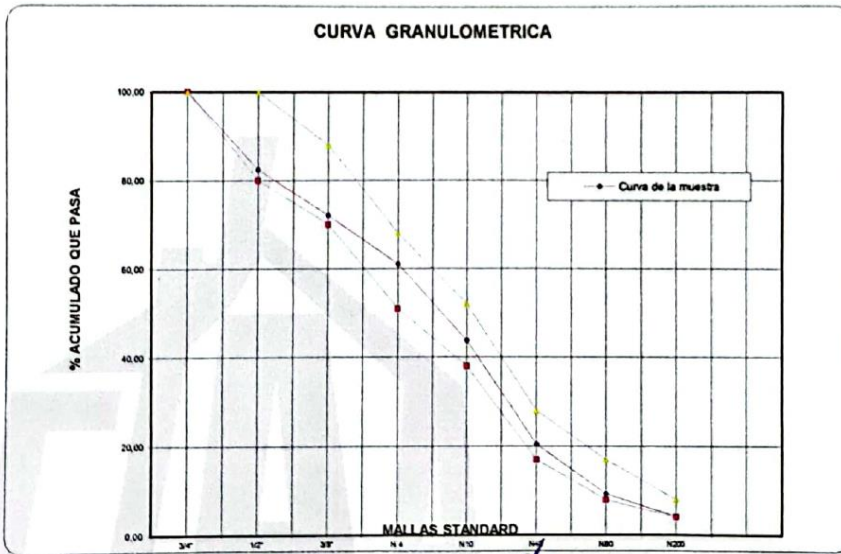
*Pato e*  
SANTA CRUZ VELIZ PABLO LUIS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 253426



**SOLICITADO / PETICIONARIO :** BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
**PROYECTO / OBRA :** INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
: DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
**UBICACIÓN / DE OBRA :** **Dist.** HUANCAYO  
**Prov.** HUANCAYO **TECNICO :** J. Santa Cruz Veliz  
**Dpto.** JUNIN **FECHA :** 10/10/2022  
**DOSIFICACION AGREGADOS :** PIEDRA CHANCADA 3/4" -  
ARENA CHANCADA Y ZARANDEADA 1/4" **CEM. ASFALTICO :** PEN - 85/100

**COMBINACION PARA DISEÑO AL 1.0 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO**

N° MALLA	GRAVA CHANCADA 39	FIBRA POLIPROPILENO 1	ARENA ch 59	FILLER 1	TOTAL 100	ESPECIFICACIONES MAC 2	
						LIM INF	LIM SUP
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	54,81	100,00	100,00	100,00	82,38	80,00	100,00
3/8"	28,25	100,00	100,00	100,00	72,02	70,00	88,00
N 4	0,00	100,00	100,00	100,00	81,00	51,00	68,00
N10	0,00	8,40	72,48	100,00	43,83	38,00	52,00
N40	0,00	0,05	32,96	99,40	20,44	17,00	28,00
N80	0,00	0,00	14,11	99,31	9,32	8,00	17,00
N200	0,00	0,00	5,86	87,43	4,13	4,00	8,00



**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA





**CIAA**  
SANTA CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

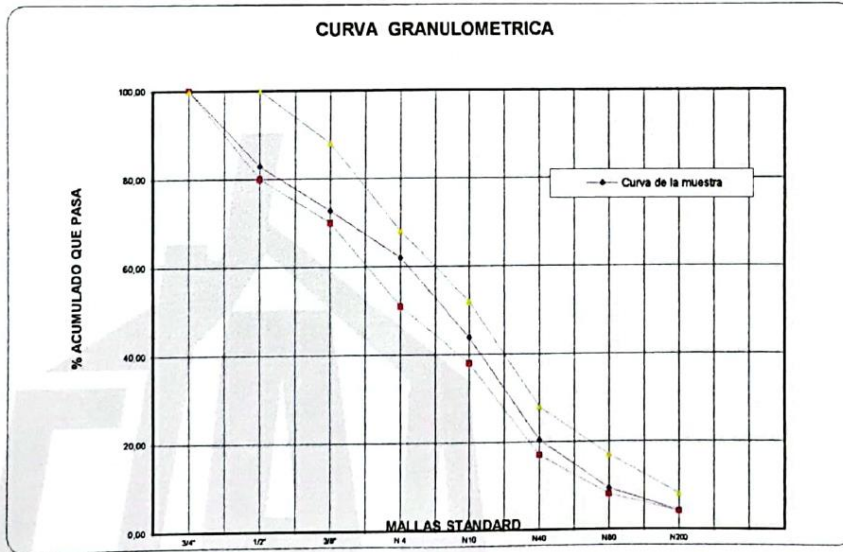
**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
claasantacruz@gmail.com

**SOLICITADO / PETICIONARIO :** BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
**PROYECTO / OBRA :** INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
**UBICACIÓN / DE OBRA :** **Dist.** HUANCAYO  
**Prov.** HUANCAYO **TECNICO :** J. Santa Cruz Veliz  
**Dpto.** JUNIN **FECHA :** 10/10/2022  
**DOSIFICACION AGREGADOS** PIEDRA CHANCADA 3/4" -  
ARENA CHANCADA Y ZARANDEADA 1/4" - CEM. ASFALTICO : PEN - 85/100

**COMBINACION PARA DISEÑO AL 2.0 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO**

N° MALLA	GRAVA CHANCADA 38	FIBRA POLIPROPILENO 2	ARENA ch 59	FILLER 1	TOTAL 100	ESPECIFICACIONES MAC 2	
						LIM INF	LIM SUP
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	54,81	100,00	100,00	100,00	82,83	80,00	100,00
3/8"	28,25	100,00	100,00	100,00	72,73	70,00	88,00
N 4	0,00	100,00	100,00	100,00	62,00	51,00	68,00
N10	0,00	6,40	72,48	100,00	43,89	38,00	52,00
N40	0,00	0,05	32,96	99,40	20,44	17,00	28,00
N80	0,00	0,00	14,11	99,31	9,32	8,00	17,00
N200	0,00	0,00	5,86	67,43	4,13	4,00	8,00



**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
C.I. LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ  
INGENIERO  
CIP N° 263426



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

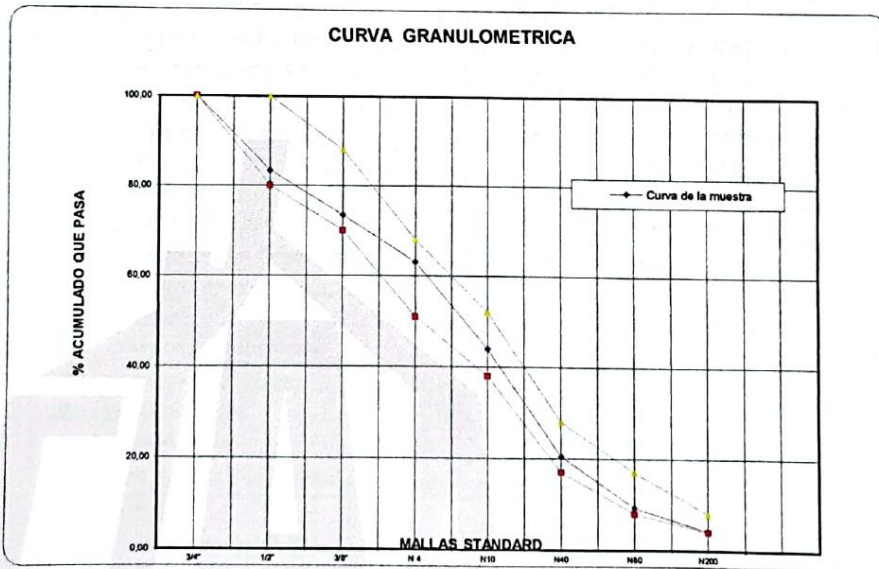
**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

**SOLICITADO / PETICIONARIO :** BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
**PROYECTO / OBRA :** INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
**UBICACIÓN / DE OBRA :** **Dist.** HUANCAYO  
**Prov.** HUANCAYO **TECNICO :** J. Santa Cruz Veliz  
**Dpto.** JUNIN **FECHA :** 10/10/2022  
**DOSIFICACION AGREGADOS :** PIEDRA CHANCADA 3/4" -  
ARENA CHANCADA Y ZARANDEADA 1/4" - **CEM. ASFALTICO :** PEN - 85/100

**COMBINACION PARA DISEÑO AL 3.0 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO**

N° MALLA	GRAVA CHANCADA 37	FIBRA POLIPROPILENO 3	ARENA ch 59	FILLER 1	TOTAL 100	ESPECIFICACIONES MAC 2	
						LIM INF	LIM SUP
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	54,81	100,00	100,00	100,00	83,28	80,00	100,00
3/8"	28,25	100,00	100,00	100,00	73,45	70,00	88,00
N 4	0,00	100,00	100,00	100,00	63,00	51,00	68,00
N10	0,00	6,40	72,48	100,00	43,96	38,00	52,00
N40	0,00	0,05	32,96	99,40	20,44	17,00	28,00
N80	0,00	0,00	14,11	99,31	9,32	8,00	17,00
N200	0,00	0,00	5,86	67,43	4,13	4,00	8,00



CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426

Escaneado con CamScanner





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junín

ciaasantacruz@gmail.com

ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO EN LA MUESTRA

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO CONVENCIONAL

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,00	5,00	5,00		5,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	38,00	38,00	38,00		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56,05	56,05	56,05		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0,95	0,95	0,95		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1184,20	1184,80	1185,60		1.186
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	634,20	635,20	634,20		636
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	550,00	549,60	551,40		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,153	2,156	2,150		2,153
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,430	2,430	2,430		
14	% de vacíos	11,4	11,3	11,5		11,4
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	21,37	21,27	21,48		21,4
17	% de vacíos llenados con C.A.	46,68	46,95	46,39		46,7
18	Peso específico del agregado total	2,621	2,621	2,621		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,30	0,30	0,30		
20	% de asfalto efectivo	4,72	4,72	4,72		
21	Flujo (mm)	3,05	3,05	3,05		3,0
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					250,3
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	1081	1100	1085		
24	Factor de estabilidad	1,04	1,04	1,04		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	1124	1144	1128		1132
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	3688	3753	3700		3714

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTOS

JAMER SANTA CRUZ VELIZ  
CC LABORATORISTA





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO CONVENCIONAL

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,50	5,50	5,50		5,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,80	37,80	37,80		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	55,76	55,76	55,76		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0,95	0,95	0,95		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1171,60	1180,20	1181,80		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	641,30	645,00	645,20		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	530,30	535,20	536,60		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,209	2,205	2,202		2,206
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,410	2,410	2,410		
14	% de vacíos	8,3	8,5	8,6		8,5
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	19,74	19,89	20,00		19,9
17	% de vacíos llenados con C.A.	57,82	57,28	56,92		57,3
18	Peso específico del agregado total	2,618	2,618	2,618		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,25	0,25	0,25		
20	% de asfalto efectivo	5,26	5,26	5,26		
21	Flujo (mm)	3,30	3,56	3,30		3,4
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					226,0
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	950	885	925		
24	Factor de estabilidad	1,04	1,01	1,01		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	988	897	934		940
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2994	2521	2831		2782

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORIO



JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426

Escaneado con CamScanner



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - JunIn

ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfaltico en peso de la mezcla	6,00	6,00	6,00		6,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,60	37,60	37,60		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	55,46	55,46	55,46		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0,94	0,94	0,94		
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso especifico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso especifico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso especifico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1188,20	1180,80	1184,80		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	660,20	662,00	660,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	528,00	518,80	524,80		
12	Peso especifico bulk de la briqueta	2,250	2,276	2,258		2,261
13	Peso especifico maximo ASTM D-2041	2,380	2,380	2,380		
14	% de vacios	5,4	4,4	5,1		5,0
15	Peso especifico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	18,68	17,76	18,42		18,3
17	% de vacios llenados con C.A.	70,85	75,40	72,09		72,8
18	Peso especifico del agregado total	2,603	2,603	2,603		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,02	0,02	0,02		
20	% de asfalto efectivo	5,98	5,98	5,98		
21	Flujo (mm)	3,81	4,06	3,81		3,9
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	920	885	888		
24	Factor de estabilidad	1,04	1,07	1,04		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	957	948	924		943
26	Indice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2511	2332	2424		2422

**OBSERVACIONES**

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PAOLILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263476

Escaneado con CamScanner



**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 12/10/2022

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6,50	6,50	6,50		6,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,40	37,40	37,40		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	55,17	55,17	55,17		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	0,94	0,94	0,94		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1181,40	1187,20	1179,40		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	665,00	669,00	668,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	516,40	518,20	511,40		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,288	2,291	2,306		2,295
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,350	2,350	2,350		
14	% de vacíos	2,6	2,5	1,9		2,3
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	17,77	17,66	17,11		17,5
17	% de vacíos llenados con C.A.	85,10	85,78	89,11		86,7
18	Peso específico del agregado total	2,586	2,586	2,586		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	-0,24	-0,24	-0,24		
20	% de asfalto efectivo	6,72	6,72	6,72		
21	Flujo (mm)	4,30	4,32	4,32		4,3
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	750	800	850		
24	Factor de estabilidad	1,10	1,04	1,04		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	827	832	884		848
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1924	1927	2047		1966

OBSERVACIONES

**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO LUIS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263428



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 12/10/2022

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	7,00	7,00	7,00		7,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,20	37,20	37,20		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	54,87	54,87	54,87		
4	% de agregado filler en peso de la mezcla	2,21	2,21	2,21		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico filler - aparente					
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1179,00	1176,80	1182,40		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	660,50	658,90	665,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	518,50	517,90	517,40		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,274	2,272	2,285		2,277
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,310	2,310	2,310		
14	% de vacíos	1,6	1,6	1,1		1,4
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	17,59	17,65	17,18		17,5
17	% de vacíos llenados con C.A.	91,11	90,74	93,77		91,9
18	Peso específico del agregado total	2,590	2,590	2,590		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	-0,18	-0,18	-0,18		
20	% de asfalto efectivo	7,17	7,17	7,17		
21	Flujo (mm)	5,59	5,08	5,08		5,2
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	650	750	825		
24	Factor de estabilidad	1,10	1,07	1,07		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	717	803	884		801
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1283	1581	1739		1535

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORIO



JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426





CIAA  
SANTA CRUZ  
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junín

Especialistas en suelos y pavimentos

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559) CAPA DE RODADURA**

**SOLICITADO / PETICIONARIO :** BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
**PROYECTO / OBRA :** INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MEC. DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

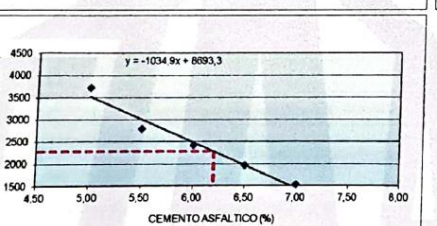
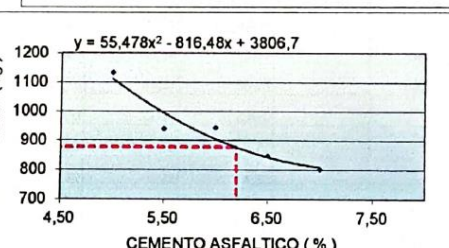
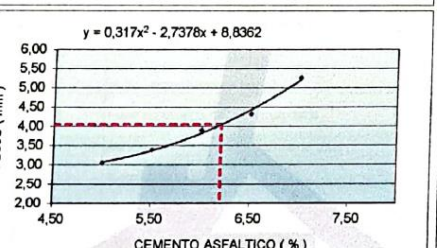
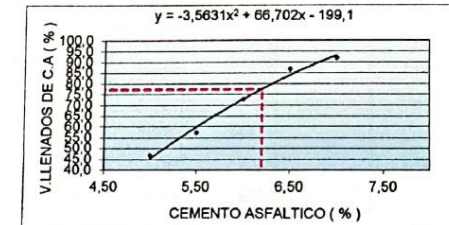
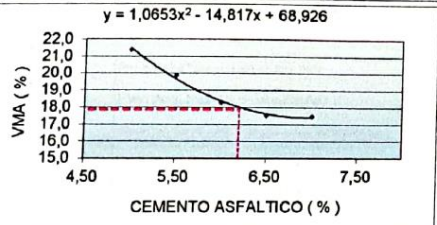
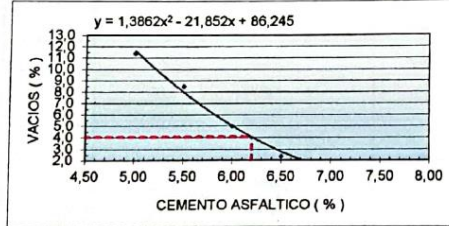
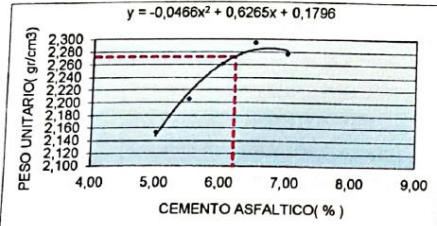
**UBICACION / DE OBRA :**  
Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

**TECNICO :** J.S.C.V  
**FECHA :** 10/10/2022

**DOSIFICACION AGREGADOS**

PIEDRA CHANCADA 3/4"  
ARENA CHANCADA  
FILLER

40% SAN LORENZO  
59% SAN LORENZO  
1%  
CEM ASFALTICO : PEN - 85 /100



**RESULTADOS :**

	ESPECIFIC.	MIN
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	0.2- 6.2+0.2	
PESO UNITARIO ( gr/ cm3 )	2,273	
VACIOS (%)	4,0	2 - 4
V.M.A (%)	17,9	MIN 14
V. LLENADOS C.A (%)	77,3	
FLUJO (mm)	4,0	2 - 4
ESTABILIDAD ( kg )	877	MIN 780
INDICE DE RIGIDEZ ( kg/cm )	2.277	1700 - 3000

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PASCOLOPUS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción – Junín

ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)**  
**PORCENTAJES DE ASFALTO EN LA MUESTRA**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO AL 1 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,00	5,00	5,00		5,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	38,00	38,00	38,00		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	56,05	56,05	56,05		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	0,95	0,95	0,95		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1182,80	1140,20	1178,90		1.167
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	650,00	630,00	650,00		643
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	532,80	510,20	528,90		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,220	2,235	2,229		2,228
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,453	2,453	2,453		
14	% de vacíos	9,5	8,9	9,1		9,2
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	18,93	18,39	18,60		18,6
17	% de vacíos llenados con C.A.	49,76	51,57	50,85		50,7
18	Peso específico del agregado total	2,650	2,650	2,650		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,72	0,72	0,72		
20	% de asfalto efectivo	4,32	4,32	4,32		
21	Flujo (mm)	4,82	4,82	4,57		4,7
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					250,3
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	1220	1325	1285		
24	Factor de estabilidad	1,04	1,04	1,04		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	1269	1378	1336		1328
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2632	2859	2923		2805

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



Escaneado con CamScanner



CIAA  
SANTA CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS  
DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISENO AL 1 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,50	5,50	5,50		5,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,80	37,80	37,80		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	55,76	55,76	55,76		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	0,95	0,95	0,95		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1176,00	1187,30	1178,50		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	665,00	665,00	660,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	511,00	522,30	518,50		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,301	2,273	2,273		2,282
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,440	2,440	2,440		
14	% de vacíos	5,7	6,8	6,9		6,5
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	16,40	17,42	17,43		17,1
17	% de vacíos llenados con C.A.	65,30	60,72	60,67		62,2
18	Peso específico del agregado total	2,656	2,656	2,656		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,81	0,81	0,81		
20	% de asfalto efectivo	4,74	4,74	4,74		
21	Flujo (mm)	3,81	3,81	4,06		3,9
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					226,0
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	1150	1210	1175		
24	Factor de estabilidad	0,99	0,99	0,99		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	1136	1195	1161		1164
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2982	3138	2857		2992

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO  
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PAZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junín

ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**DISEÑO AL 1% DE FIBRA DE POLIPROPILENO**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6,00	6,00	6,00		6,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,60	37,60	37,60		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	55,46	55,46	55,46		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	0,94	0,94	0,94		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1182,20	1183,90	1180,00		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	677,00	677,00	673,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	505,20	506,90	507,00		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,340	2,336	2,327		2,334
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,427	2,427	2,427		
14	% de vacíos	3,6	3,8	4,1		3,8
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	15,44	15,61	15,90		15,7
17	% de vacíos llenados con C.A.	78,78	75,81	74,15		76,6
18	Peso específico del agregado total	2,663	2,663	2,663		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,90	0,90	0,90		
20	% de asfalto efectivo	5,15	5,15	5,15		
21	Flujo (mm)	4,31	3,81	3,81		4,0
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	1187	1234	950		
24	Factor de estabilidad	1,01	1,01	1,01		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	1203	1250	962		1138
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2791	3280	2526		2865

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción – Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILOUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**DISEÑO AL 1% DE FIBRA DE POLIPROPILENO**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6,50	6,50	6,50		6,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,40	37,40	37,40		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	55,17	55,17	55,17		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	0,94	0,94	0,94		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1180,20	1177,10	1180,10		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	672,00	670,00	673,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	508,20	507,10	507,10		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,322	2,321	2,327		2,324
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,414	2,414	2,414		
14	% de vacíos	3,8	3,9	3,8		3,8
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	16,53	16,57	16,36		16,6
17	% de vacíos llenados con C.A.	76,98	76,76	77,96		77,2
18	Peso específico del agregado total	2,669	2,669	2,669		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,99	0,99	0,99		
20	% de asfalto efectivo	5,57	5,57	5,57		
21	Flujo (mm)	4,57	4,57	4,83		4,7
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	985	1042	1085		
24	Factor de estabilidad	1,04	1,04	1,04		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	1024	1083	1128		1079
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm)	2242	2370	2338		2317

**OBSERVACIONES**

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILOUILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263425



SANTA CRUZ VELA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263425



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción – Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**DISEÑO AL 1 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	7,00	7,00	7,00		7,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,20	37,20	37,20		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	54,87	54,87	54,87		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	0,93	0,93	0,93		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1173,50	1182,70	1180,90		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	665,00	673,00	672,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	508,50	509,70	508,90		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,308	2,320	2,320		2,316
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,401	2,401	2,401		
14	% de vacíos	3,9	3,4	3,4		3,5
15	Peso específico bulk del agregado total	2,601	2,601	2,601		
16	VMA	17,50	17,05	17,04		17,2
17	% de vacíos llenados con C.A.	77,76	80,25	80,27		79,4
18	Peso específico del agregado total	2,675	2,675	2,675		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	1,08	1,08	1,08		
20	% de asfalto efectivo	6,00	6,00	6,00		
21	Flujo (mm)	5,84	5,59	5,59		5,7
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	995	1020	1000		
24	Factor de estabilidad	1,04	1,04	1,04		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	1035	1061	1040		1045
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1771	1898	1861		1844

**OBSERVACIONES**

**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTO  
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
C/LABORATORIA



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO LUIS  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 263425





CIAA  
SANTA CRUZ  
CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

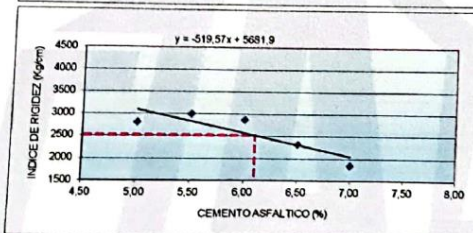
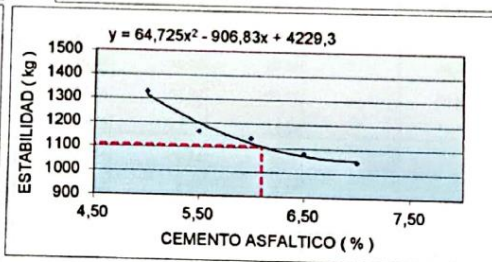
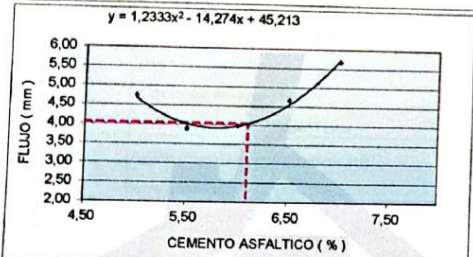
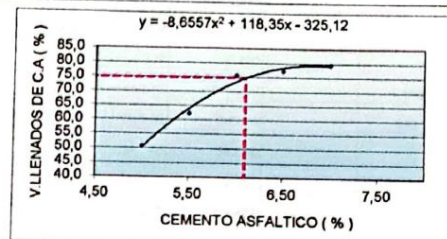
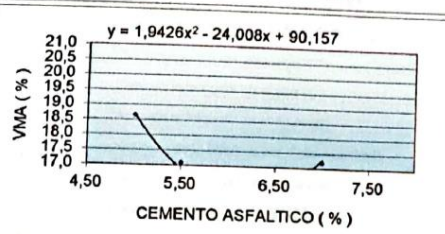
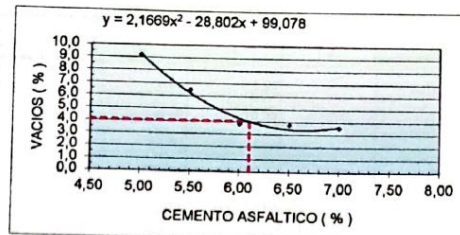
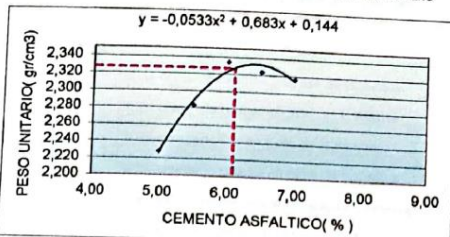
Concepción - Junín

ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559) CAPA DE ROBADURA

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FIS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

UBICACION / DE OBRA :  
Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
DOSIFICACION AGREGADOS :  
PIEDRA CHANCADA 3/4" -  
ARENA CHANCADA  
FIBRA DE POLIPROPILENO

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022  
40% SAN LORENZO  
59% SAN LORENZO  
1% CEM ASFALTICO - PEN - 85/100



RESULTADOS :

	ESPECIFIC.	MIN
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	0.2 - 6.1 + 0.2	
PESO UNITARIO ( gr/cm <sup>3</sup> )	2,327	
VACIOS ( % )	4,0	2 - 4
V.M.A ( % )	16,0	MIN 14
V. LLENADOS C.A ( % )	74,7	
FLLUJO ( mm )	4,0	2 - 4
ESTABILIDAD ( kg )	1106	MIN 815
INDICE DE RIGIDEZ ( kg/cm )	2.513	1700 - 4000

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA

SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 353425



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junín

ciaasantacruz@gmail.com

ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO EN LA MUESTRA

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO 2% POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,00	5,00	5,00		5,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	38,00	38,00	38,00		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	55,10	55,10	55,10		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	1,90	1,90	1,90		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1181,50	1186,40	1185,90		1.185
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	640,00	645,00	642,00		642
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	541,50	541,40	543,90		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,182	2,191	2,180		2.185
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,427	2,427	2,427		
14	% de vacíos	10,1	9,7	10,2		10,0
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	20,33	19,99	20,39		20,2
17	% de vacíos llenados con C.A.	50,28	51,37	50,11		50,6
18	Peso específico del agregado total	2,618	2,618	2,618		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,24	0,24	0,24		
20	% de asfalto efectivo	4,77	4,77	4,77		
21	Flujo (mm)	3,81	3,81	4,06		3,9
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					250,3
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	995	922	1050		
24	Factor de estabilidad	0,94	0,94	0,94		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	938	869	990		933
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2463	2281	2436		2393

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFAVIAK

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PASCO VELIZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426



**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**DISEÑO 2% POLIPROPILENO**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,50	5,50	5,50		5,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,80	37,80	37,80		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	54,81	54,81	54,81		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	1,89	1,89	1,89		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1181,40	1185,10	1182,50		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	651,50	652,30	650,20		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	529,90	532,80	532,30		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,229	2,224	2,221		2,225
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,414	2,414	2,414		
14	% de vacíos	7,7	7,9	8,0		7,8
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	19,03	19,21	19,32		19,2
17	% de vacíos llenados con C.A.	59,75	59,02	58,64		59,1
18	Peso específico del agregado total	2,624	2,624	2,624		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,33	0,33	0,33		
20	% de asfalto efectivo	5,19	5,19	5,19		
21	Flujo (mm)	3,81	3,81	4,06		3,9
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					226,0
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	888	950	998		
24	Factor de estabilidad	0,96	0,96	0,96		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	855	915	961		910
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2244	2401	2365		2337

**OBSERVACIONES**

**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA

 SANTA CRUZ VELIZ PASCAL  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 253426



CIAA  
SANTA CRUZ  
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junín

ciaasantacruz@gmail.com

Specialistas en suelos y pavimentos

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**DISEÑO 2% POLIPROPILENO**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfático en peso de la mezcla	6,00	6,00	6,00		6,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,60	37,60	37,60		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	54,52	54,52	54,52		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	1,88	1,88	1,88		
5	Peso específico del cemento asfático - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1178,90	1184,00	1180,50		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	655,20	659,00	658,90		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	523,70	525,00	521,60		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,251	2,255	2,263		2,257
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,401	2,401	2,401		
14	% de vacíos	6,3	6,1	5,8		6,0
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	18,67	18,52	18,24		18,5
17	% de vacíos llenados con C.A.	66,47	67,13	68,43		67,3
18	Peso específico del agregado total	2,630	2,630	2,630		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,42	0,42	0,42		
20	% de asfalto efectivo	5,61	5,61	5,61		
21	Flujo (mm)	4,06	3,81	3,81		3,9
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	800	950	788		
24	Factor de estabilidad	0,96	0,96	0,96		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	770	915	759		815
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1896	2401	1992		2096

**OBSERVACIONES**

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
ING. LABORATORISTA





CIAA  
SANTA CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO 2% POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6,50	6,50	6,50		6,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,40	37,40	37,40		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	54,23	54,23	54,23		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	1,87	1,87	1,87		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1181,30	1168,20	1175,50		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	655,50	645,30	643,50		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	525,80	522,90	532,00		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,247	2,234	2,210		2,230
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,389	2,389	2,389		
14	% de vacíos	5,9	6,5	7,5		6,6
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	19,27	19,72	20,60		19,9
17	% de vacíos llenados con C.A.	69,16	67,19	63,61		66,7
18	Peso específico del agregado total	2,636	2,636	2,636		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,50	0,50	0,50		
20	% de asfalto efectivo	6,03	6,03	6,03		
21	Flujo (mm)	4,57	4,57	4,83		4,7
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	788	762	850		
24	Factor de estabilidad	1,01	0,94	1,01		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	798	718	859		792
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1747	1572	1779		1699

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO LUIS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 261425





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO 2% POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	7,00	7,00	7,00		7,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,20	37,20	37,20		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	53,94	53,94	53,94		
4	% de agregado caucho en peso de la mezcla	1,86	1,86	1,86		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico caucho - aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1182,40	1186,10	1185,40		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	635,60	645,30	642,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	546,80	540,80	543,40		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,182	2,193	2,181		2,179
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,376	2,376	2,376		
14	% de vacíos	9,0	7,7	8,2		8,3
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	22,71	21,61	22,03		22,1
17	% de vacíos llenados con C.A.	60,46	64,45	62,87		62,6
18	Peso específico del agregado total	2,641	2,641	2,641		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,58	0,58	0,58		
20	% de asfalto efectivo	6,46	6,46	6,46		
21	Flujo (mm)	5,59	5,33	5,59		5,5
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	753	688	720		
24	Factor de estabilidad	1,01	0,96	1,01		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	763	662	727		717
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1365	1242	1301		1303

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO  
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
E.C. LABORATORISTA





CIAA  
SANTA CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junio

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559) CAPA DE RODADURA**

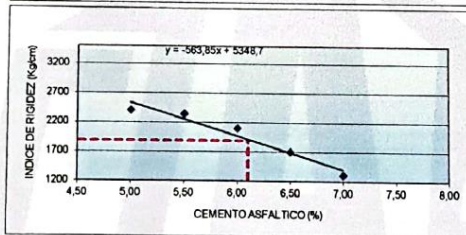
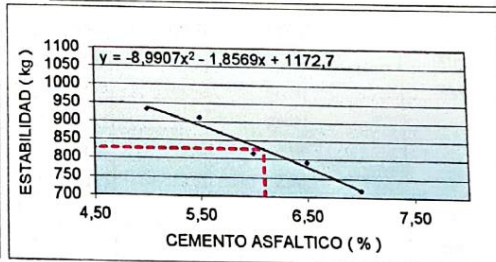
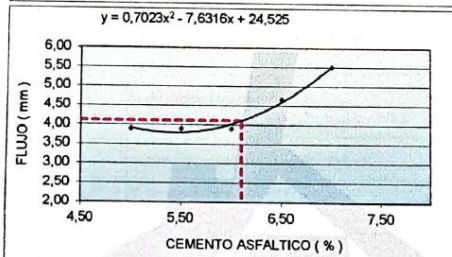
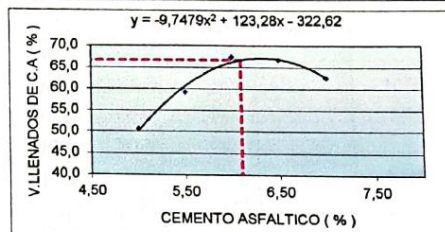
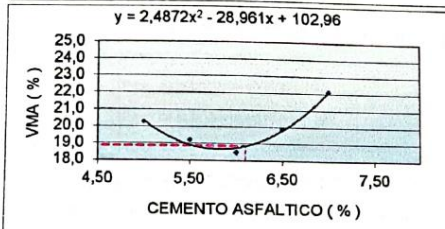
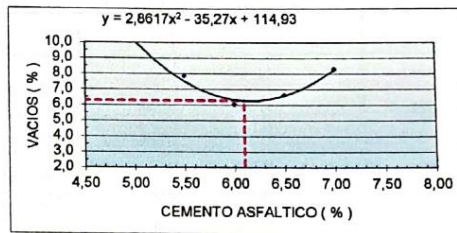
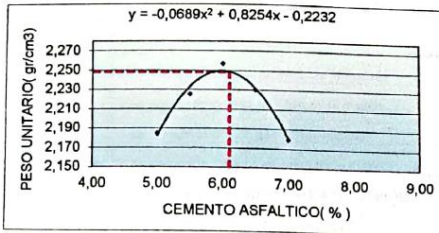
**SOLICITADO / PETICIONARIO :** BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
**PROYECTO / OBRA :** INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANIC DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**UBICACION / DE OBRA :** Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

**TECNICO :** J.S.C.V  
**FECHA :** 10/10/2022

**DOSIFICACION AGREGADOS :** PIEDRA CHANCADA 3/4"  
ARENA CH CDA Y ZARANDEADA 3/8"  
FIBRA DE POLIPROPILENO

40% SAN LORENZO  
58% SAN LORENZO  
2%  
CEM ASFALTICO : PEN - 85/100



**RESULTADOS :**

OPTIMO CONTENIDO C.A. (%)	0.2 - 6.1 +0.2
PESO UNITARIO (gr/cm <sup>3</sup> )	2,248
VACIOS (%)	6,3
V.M.A. (%)	18,8
V. LLENADOS C.A. (%)	66,7
FLUJO (mm)	4,1
ESTABILIDAD (kg)	827
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	1.884

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
E.C. LABORATORISTA

*Nota 1*  
SANTA CRUZ VELIZ PAEZ  
INGENIERO CIVIL



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA

especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción – Junín

ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)**  
**PORCENTAJES DE ASFALTO EN LA MUESTRA**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO 3% FIBRA DE POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,00	5,00	5,00		5,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	38,00	38,00	38,00		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	54,15	54,15	54,15		
4	% de agregado Caucho en peso de la mezcla	2,85	2,85	2,85		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico Caucho- aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1185,80	1176,80	1175,20		1.179
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	635,00	625,00	630,10		630
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	550,80	551,80	545,10		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,153	2,133	2,156		2,147
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,430	2,430	2,430		
14	% de vacíos	11,4	12,2	11,3		11,6
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	21,41	22,15	21,30		21,6
17	% de vacíos llenados con C.A.	46,73	44,75	47,04		46,2
18	Peso específico del agregado total	2,621	2,621	2,621		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,28	0,28	0,28		
20	% de asfalto efectivo	4,73	4,73	4,73		
21	Flujo (mm)	4,82	4,82	4,06		4,6
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					250,3
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	1112	763	920		
24	Factor de estabilidad	0,94	0,94	0,94		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	1048	719	868		878
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	2175	1492	2135		1934

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
ING. LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PAOLILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426

Escaneado con CamScanner





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción – Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)**  
PORCENTAJES DE ASFALTO

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS  
DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO 3% FIBRA DE POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	5,50	5,50	5,50		5,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,80	37,80	37,80		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	53,87	53,87	53,87		
4	% de agregado Caucho en peso de la mezcla	2,84	2,84	2,84		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,018	1,018	1,018		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico Caucho- aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1182,10	1178,00	1174,60		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	638,40	635,90	632,50		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	543,70	542,10	542,10		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,174	2,173	2,167		2,171
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,410	2,410	2,410		
14	% de vacíos	9,8	9,8	10,1		9,9
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	21,05	21,09	21,32		21,2
17	% de vacíos llenados con C.A.	53,51	53,38	52,66		53,2
18	Peso específico del agregado total	2,618	2,618	2,618		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,24	0,24	0,24		
20	% de asfalto efectivo	5,27	5,27	5,27		
21	Flujo (mm)	4,82	5,08	4,82		4,9
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					226,0
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	939	850	789		
24	Factor de estabilidad	0,96	0,96	0,96		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	904	819	760		828
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1876	1611	1576		1688

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO  
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



Escaneado con CamScanner



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junín

ciaasantacruz@gmail.com

en suelos y pavimentos

ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

DISEÑO 3% FIBRA DE POLIPROPILENO

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	6,00	6,00	6,00		6,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,60	37,60	37,60		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	53,58	53,58	53,58		
4	% de agregado Caucho en peso de la mezcla	2,82	2,82	2,82		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico Caucho- aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1170,80	1196,50	1178,80		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	638,60	653,60	643,50		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	532,20	542,90	535,30		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,200	2,204	2,202		2,202
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,390	2,390	2,390		
14	% de vacíos	8,0	7,8	7,9		7,9
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	20,54	20,39	20,46		20,5
17	% de vacíos llenados con C.A.	61,28	61,82	61,58		61,6
18	Peso específico del agregado total	2,615	2,615	2,615		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,19	0,19	0,19		
20	% de asfalto efectivo	5,82	5,82	5,82		
21	Flujo (mm)	5,08	5,08	4,83		5,0
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	621	687	788		
24	Factor de estabilidad	1,07	1,07	1,07		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	665	736	844		748
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1309	1448	1749		1502

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PASCO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 283428





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción – Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACION / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN

TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**DISEÑO 3% FIBRA DE POLIPROPILENO**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfaltico en peso de la mezcla	6,50	6,50	6,50		6,50
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,40	37,40	37,40		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	53,30	53,30	53,30		
4	% de agregado Caucho en peso de la mezcla	2,81	2,81	2,81		
5	Peso especifico del cemento asfaltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso especifico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso especifico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso especifico Caucho- aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1171,50	1168,30	1176,30		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	638,20	635,00	640,00		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	535,30	531,30	536,30		
12	Peso especifico bulk de la briqueta	2,188	2,195	2,193		2,182
13	Peso especifico maximo ASTM D-2041	2,370	2,370	2,370		
14	% de vacios	7,7	7,4	7,5		7,5
15	Peso especifico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	21,37	21,13	21,20		21,2
17	% de vacios llenados con C.A.	64,16	65,09	64,84		64,7
18	Peso especifico del agregado total	2,612	2,612	2,612		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,14	0,14	0,14		
20	% de asfalto efectivo	6,37	6,37	6,37		
21	Flujo (mm)	5,59	5,59	5,33		5,5
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	725	685	758		
24	Factor de estabilidad	1,01	0,94	1,01		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	734	646	766		715
26	Indice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1314	1158	1435		1302

OBSERVACIONES

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO

DAVID SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO LUIS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263425

Escaneado con CamScanner

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559)  
PORCENTAJES DE ASFALTO**

SOLICITADO / PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
UBICACIÓN / DE OBRA : Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
TECNICO : J.S.C.V  
FECHA : 10/10/2022

**DISEÑO 3% FIBRA DE POLIPROPILENO**

ITEM	PASO	1	2	3	4	PROMEDIO
1	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	7,00	7,00	7,00		7,00
2	% de agregado grueso en peso de la mezcla	37,20	37,20	37,20		
3	% de agregado fino en peso de la mezcla	53,01	53,01	53,01		
4	% de agregado Caucho en peso de la mezcla	2,79	2,79	2,79		
5	Peso específico del cemento asfáltico - aparente	1,017	1,017	1,017		
6	Peso específico agregado grueso - bulk	2,674	2,674	2,674		
7	Peso específico agregado fino - bulk	2,554	2,554	2,554		
8	Peso específico Caucho- aparente	0,320	0,320	0,320		
9	Peso de la briqueta en el aire (gr)	1176,50	1186,60	1182,50		
10	Peso de la briqueta en el agua (gr)	624,50	634,00	630,90		
11	Volumen de la briqueta por desplazamiento	552,00	552,60	551,60		
12	Peso específico bulk de la briqueta	2,131	2,147	2,144		2,141
13	Peso específico máximo ASTM D-2041	2,351	2,351	2,351		
14	% de vacíos	9,4	8,7	8,8		9,0
15	Peso específico bulk del agregado total	2,602	2,602	2,602		
16	VMA	23,83	23,26	23,39		23,5
17	% de vacíos llenados con C.A.	60,73	62,69	62,24		61,9
18	Peso específico del agregado total	2,609	2,609	2,609		
19	Asfalto absorbido por el agregado total	0,10	0,10	0,10		
20	% de asfalto efectivo	6,91	6,91	6,91		
21	Flujo (mm)	5,59	5,33	5,59		5,5
22	Lectura del Dial Anillo Marshall					
23	Estabilidad sin corregir (Kg)	753	688	720		
24	Factor de estabilidad	0,96	0,96	1,01		
25	Estabilidad corregida: (23*24) (Kg)	725	662	727		705
26	Índice de rigidez: (10 * 25/21) (kg/cm.)	1298	1242	1301		1280

OBSERVACIONES

**CIAA SANTA CRUZ SRL**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO  
SANTA CRUZ VELIZ  
LABORATORIA

*Samuel Edgardo Paez Chilquillo*  
SANTA CRUZ VELIZ PAEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263422



CIAA  
SANTA CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405

Av. Oriente N° 772

Concepción

Concepción - Junín

Concepción - Junín  
Concepción - Junín  
Concepción - Junín

**ENSAYO DE MARSHALL ASTM D - (1559) CAPA DE RODADURA**

**SOLICITADO / PETICIONARIO :**  
**PROYECTO / OBRA :**

BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO - MECANIC  
DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**UBICACION / DE OBRA :**

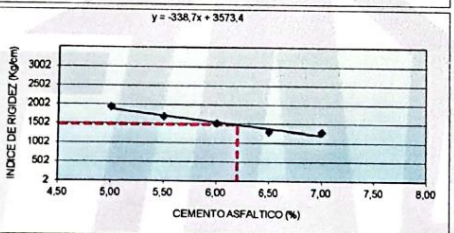
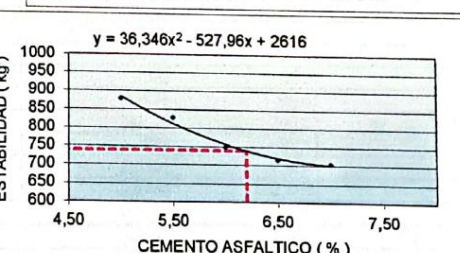
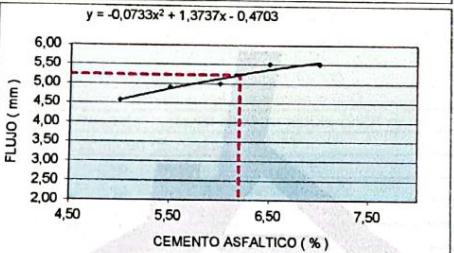
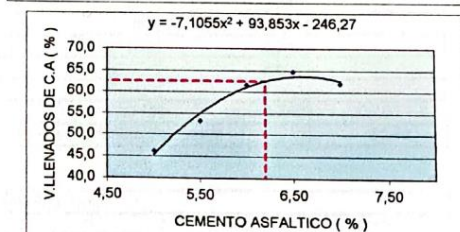
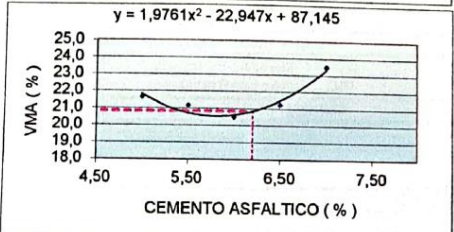
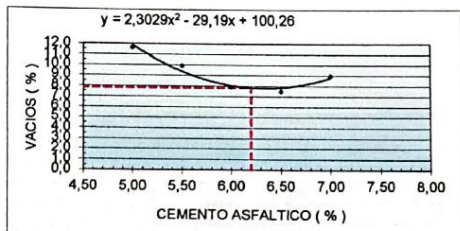
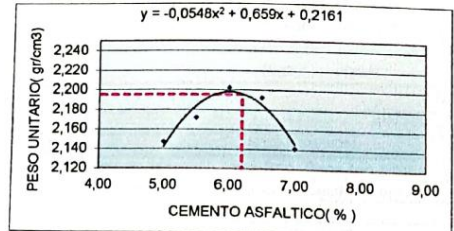
Dist. HUANCAYO  
Prov. HUANCAYO  
Dpto. JUNIN  
PIEDRA CHANCADA  
ARENA CHANCADA  
FIBRA DE POLIPROPILENO

**DOSIFICACION AGREGADOS**

**TECNICO :**

**FECHA :**

40% RIO MATAHUASI  
57% RIO MANTARO  
3% CEM ASFALTICO : PEN - 85/100



**RESULTADOS :**

OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	0,2 - 6,2 + 0,2
PESO UNITARIO (gr/cm <sup>3</sup> )	2,195
VACIOS (%)	7,8
V.M.A. (%)	20,8
V. LLENADOS C.A. (%)	62,5
FLUJO (mm)	6,2
ESTABILIDAD (kg)	740
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	1,473

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

AV. SANTA CRUZ VELIZ  
C/ LABORATORIO

*Samuel Paez Chilillo*  
SANTA CRUZ VELIZ PAEZ CHILILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263472





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

### ENSAYO CANTABRO

Metodo Máquina de los Angeles  
MTC E 515

SOLICITA / PETICIONARIO: BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO -  
MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
CANTERA N° / UBICACIÓN : SAN LORENZO

MUESTRA M-01  
UBICACIÓN DE OBRA : Distrito HUANCAYO  
Provincia HUANCAYO TECNICO : J.Santa Cruz V.  
Departamento JUNIN FECHA : 10/10/2022

MEZCLA ASFALTICA AL 1.0 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO

	5%	5,50%	6,00%	6,50%	7,00%			
PESO INICIAL	1185,2	1183,6	1185,4	1186,9	1182,6			
PESO FINAL	1070	1080,9	1100	1125,9	1135			
PERDINA	115,2	102,7	85,4	61	47,6			
DESGASTE	9,719878502	8,676917878	7,204319217	5,139438874	4,0250296			



CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
C.I. LABORATORISTA

SANTA CRUZ



CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción – Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

### ENSAYO CANTABRO

Metodo Máquina de los Angeles  
MTC E 515

SOLICITA / PETICIONARIO: BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO -  
MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
CANTERA N° / UBICACIÓN : SAN LORENZO

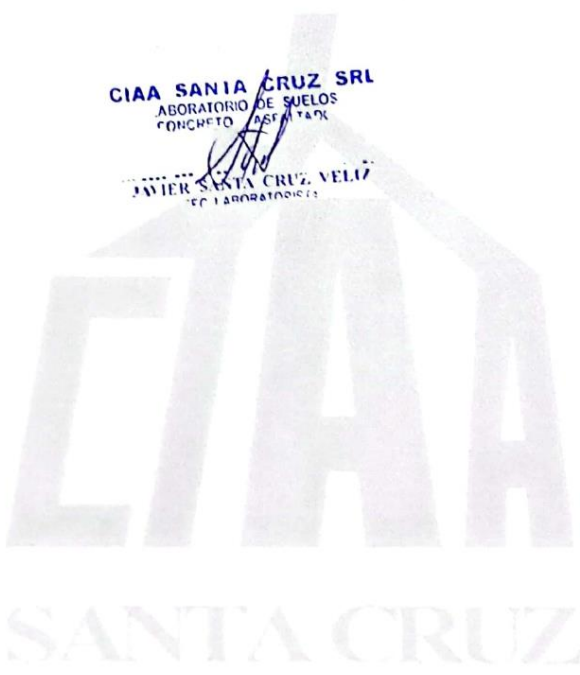
MUESTRA M-01  
UBICACIÓN DE OBRA : Distrito HUANCAYO  
Provincia HUANCAYO TECNICO : J.Santa Cruz V.  
Departamento JUNIN FECHA : 10/10/2022

#### MEZCLA ASFALTICA AL 3.0 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO

	5%	5.50%	6.00%	6.50%	7.00%			
PESO INICIAL	1185,6	1190,8	1185,9	1185,3	1178,9			
PESO FINAL	1020	1055,9	1055,5	1085,9	1095,6			
PERDINA	165,6	134,9	130,4	99,4	83,3			
DESGASTE	13,96761134	11,32851864	10,99586812	8,3860626	7,0659089			

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
ING. LABORATORISTA





CIAA  
SANTA  
CRUZ  
GEOTECNIA  
Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS  
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405  
Av. Oriente N° 772  
Concepción  
Concepción - Junín  
ciaasantacruz@gmail.com

### ENSAYO CANTABRO

Metodo Máquina de los Angeles  
MTC E 515

SOLICITA / PETICIONARIO: BACH. ING. CIVIL SAMUEL EDGARDO PAEZ CHILQUILLO  
PROYECTO / OBRA : INCORPORACION DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICO -  
MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE  
CANTERA N° / UBICACIÓN : SAN LORENZO

MUESTRA M-01  
UBICACIÓN DE OBRA : Distrito HUANCAYO  
Provincia HUANCAYO TECNICO : J.Santa Cruz V.  
Departamento JUNIN FECHA : 10/10/2022

MEZCLA ASFALTICA AL 2.0 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO

	5%	5,50%	6,00%	6,50%	7,00%
PESO INICIAL	1181,1	1185,3	1180,9	1182,9	1192,9
PESO FINAL	1065,5	1085,9	1088	1115	1145
PERDINA	115,6	99,4	92,9	67,9	47,9
DESGASTE	9,787486242	8,3860626	7,866881192	5,740130189	4,0154246

CIAA SANTA CRUZ SRL  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO ASFALTICO  
JAVIER SANTA CRUZ VELIZ  
INGENIERO CIVIL

SANTA CRUZ VELIZ PAOLO LUIS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263426



**Anexo N°05: Confiabilidad y validez del instrumento**

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES: Gamara Espinoza, Luis

GRADO ACADÉMICO: Ingeniero Civil

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: INCORPORACIÓN DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASPALTICA EN CALIENTE

AUTOR DE LA INVESTIGACIÓN: BACH. PEZ CHILQUILLO SAMUEL EDGARDO

Indicadores	Claridad	Objetividad	Actualidad	Organización	Suficiencia	Intencionalidad	Consistencia	Cobertura	Metodología	Conveniencia	Sub total
Criterios cuantitativos	Esta formulado con un lenguaje apropiado	Esta expresado de acuerdo a conductas observables	Este esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnologa	Existe una organización logica	Comprende aquellos aspectos de cantidad y calidad	Adecuado para la valoración de aspectos del estudio	Basados en aspectos teoricos - cientificas y de tema de estudio	Entre los indices, indicadores, dimensiones y variables	La estrategia responde al proposito del estudio	Genera nuevas pautes en la investigación y construcción de teorías	
Deficiente 0-20%											
Regular 21-40%											
Bueno 41%-60%	/					/					
Muy bueno 61-80%		/	/	/			/	/	/	/	
Excelente 81-100%					/					/	

Valoración: 81 %

Experto:   
 Luis Gamara Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 190181



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES: VILLANUEVA ROSALES, MIGUEL EDUARDO

GRADO ACADÉMICO: CONTADOR

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: INCORPORACIÓN DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

AUTOR DE LA INVESTIGACIÓN: BACH. PEZ CHILQUILLO SAMUEL EDGARDO

Indicadores	Claridad	Objetividad	Actualidad	Organización	Suficiencia	Intencionalidad	Consistencia	Coherencia	Metodología	Conveniencia	Sub total
Criterios cuantitativos	Esta formulado con un lenguaje apropiado	Esta expresado de acuerdo a conductas observables	Este esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología	Existe una organización logica	Comprende aquellos aspectos de cantidad y calidad	Adecuado para la valoración de aspectos del estudio	Basados en aspectos teoricos - científicos y de tema de estudio	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables	La estrategia responde al proposito del estudio	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías	
Deficiente 0-20%											
Regular 21-40%											
Bueno 41%-60%						✓					-
May bueno 61-80%		✓	✓	✓	✓				✓		-
Excelente 81-100%	✓						✓	✓		✓	-

Valoración: 74 %

Experto:   


### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**DATOS GENERALES:**

**APELLIDOS Y NOMBRES:** Ordoñez Camposano Vladimir

**GRADO ACADÉMICO:** Ingeniero

**TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:** INCORPORACIÓN DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

**AUTOR DE LA INVESTIGACIÓN:** BACH. PEZ CHILQUILLO SAMUEL EDGARDO

Indicadores	Claridad	Objetividad	Actualidad	Organización	Suficiencia	Intencionalidad	Consistencia	Coherencia	Metodología	Conveniencia	Sub total
Criterios cuantitativos	Esta formulado con un lenguaje apropiado	Esta expresado de acuerdo a conductas observables	Esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología	Existe una organización lógica	Comprende aquellos aspectos de cantidad y calidad	Adecuado para la valoración de aspectos del estudio	Basados en aspectos teóricos - científicos y de tema de estudio	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables	La estrategia responde al propósito del estudio	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías	
Deficiente 0-20%											
Regular 21-40%											
Buena 41%-60%											
Muy buena 61-80%	X	X			X	X		X	X		78%
Excelente 81-100%			X	X			X			X	

Validación: 78 %


  
 Vladimir Ordoñez Camposano  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 166364

Experto: \_\_\_\_\_

TÍTULO: INCORPORACIÓN DE FILLER CALIZO CON FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

AUTOR: BACH. PEZ CHILQUILLO SAMUEL EDGARDO

DEFICIENTE	1
ACEPTABLE	2
EXCELENTE	3

Nombre y Apellidos: Luis Gamarra Espinoza

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALORACION			TOTAL
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	EXCELENTE	
1	Estabilidad			✓	3
2	Flujo		✓		2
3	Índice de rigidez			✓	3
4	VMA		✓		2
5	Desgaste			✓	3

Nombre y Apellidos: Vladimir Ordóñez Camposano

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALORACION			TOTAL
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	EXCELENTE	
1	Estabilidad			✓	3
2	Flujo		✓		2
3	Índice de rigidez		✓		2
4	VMA			✓	3
5	Desgaste			✓	3

Nombre y Apellidos: VILLANUEVA ROSALES, MIGUEL E.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALORACION			TOTAL
		DEFICIENTE	ACEPTABLE	EXCELENTE	
1	ESTABILIDAD			✓	3
2	FLUJO			✓	3
3	INDICE DE RIGIDEZ			✓	3
4	VMA		✓		2
5	DESGASTE			✓	3

**Anexo N°06: La data del procesamiento de datos**

<b>% de asfalto residual</b>	<b>Mezcla asfáltica (0% bolsas de plástico recicladas)</b>	<b>5% de bolsas de plástico (recicladas)</b>	<b>10% de bolsas de plástico (recicladas)</b>	<b>15% de bolsas de plástico (recicladas)</b>
Grava de 1/2 (gr)	585.31	585.31	585.31	585.31
Arena (gr)	484.01	484.01	484.01	484.01
Filler - Cal (gr)	56.28	56.28	56.28	56.28
Bolsa de plástico (reciclado) (gr)	6.20	3.72	7.44	11.16
Asfalto a usar (%)	6.20%	6.18%	6.16%	6.14%

<b>% de asfalto residual</b>	<b>Mezcla asfáltica</b>	<b>5% de bolsas de plástico (recicladas)</b>	<b>10% de bolsas de plástico (recicladas)</b>	<b>15% de bolsas de plástico (recicladas)</b>
VFA para tráficos > 3 (millones de ejes equivalentes) EG 2013	65%-75%	65%-75%	65%-75%	65%-75%
% de Vacíos VFA	73.51%	74.02%	83.36%	87.78%
	Cumple	Cumple	NO Cumple	NO Cumple
% de variación	0.00%	0.69%	13.40%	19.41%

<b>Muestra</b>	<b>Peso unitario (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>% de vacíos</b>	<b>Vacíos llenos con C.A. (%)</b>
Mezcla asfáltica	2.27	4.00	77.30%
MZ + 1% de fibra de polipropileno	2.33	4.00	74.70%
MZ + 2% de fibra de polipropileno	2.25	6.30	66.70%
MZ + 3% de fibra de polipropileno	2.20	7.80	62.50%

**Anexo N°07: La data del procesamiento de datos**



**Fotografía 1:** *Elaboración de especímenes, a temperatura a 110°C de mezcla para producir una viscosidad de 280° +/- 30° en la emulsión asfáltica a usarse.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Fotografía 2:** *Masa al aire de espécimen, para determinación de peso específico Bulk, según la referencia de la norma ASTM D 1188-07.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Fotografía 3:** *El ensayo de los especímenes en el baño maría es usado para el calentamiento de una temperatura constante de 60 °C, según la referencia de la norma ASTM D 6927. Prueba de estabilidad y flujo Marshall cubre las mediciones de la resistencia de la mezcla.*



**Fuente:** Elaboración Propia.