

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Evaluar la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente  
empleando el polímero SBS en el departamento de  
Huánuco-2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Primo Sumaran, Jair Roizman

ASESOR: Aguilar Alcantara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2024

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73241528

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Taboada Trujillo, William Paolo	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	40847625	0000-0002-4594-1491

# D

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

#### (A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14: 00 horas del día **jueves 02 de mayo de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- |  |              |
|--|--------------|
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO       | - PRESIDENTE |
| ❖ MG. MARTIN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA | - SECRETARIO |
| ❖ MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO     | - VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0950-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"EVALUAR LA ESTABILIDAD DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE EMPLEANDO EL POLIMERO SBS EN EL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO-2023"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Jair Roizman PRIMO SUMARAN**, para optar el Título Profesional de ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **11** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **15<sup>h</sup> 15'** horas del día 02 del mes de mayo del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
Presidente

MG. MARTIN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA  
DNI: 22416570  
ORCID: 0000-0002-0579-5135  
Secretario

MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO  
DNI: 40847625  
ORCID: 0000-0002-4594-1491  
Vocal



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JAIR ROIZMAN PRIMO SUMARAN, de la investigación titulada “Evaluar la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023”, con asesor LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA, designada mediante documento: RESOLUCIÓN N° 251-2023-R-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 01 de agosto de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## 39. PRIMO SUMARAN JAIR ROIZMAN.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

Dedicado a todos aquellos que han sido mi apoyo constante en este largo camino, a mi familia por su amor incondicional, a mis amigos por su compañía y motivación, y a mis profesores por su guía y conocimiento. Este logro no habría sido posible sin ustedes. Gracias por creer en mí y por haberme impulsado a dar lo mejor de mí.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis, por su guía, apoyo y motivación constante a lo largo de este proceso. Sus conocimientos, sugerencias y comentarios han sido fundamentales para el éxito de esta tesis. También quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo incondicional en todo momento, especialmente durante las largas horas de estudio y la elaboración de este trabajo. Sus palabras de aliento y confianza han sido un gran impulso para mí.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPITULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA .....	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	18
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	18
1.3. OBJETIVOS .....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	19
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. ....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	28
2.2. BASES TEÓRICAS .....	29
2.2.1. RECICLADO CON COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO CANDENTE.....	29

2.2.2. PAVIMENTO .....	31
2.2.3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	31
2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFALTICO CANDENTE .....	32
2.2.5. COMPONENTES DE LA COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFALTICO CANDENTE .....	33
2.2.6. AGREGADOS .....	33
2.2.7. ASFALTO .....	33
2.2.8. LIGANTE ASFALTICO MODIFICADO CON POLÍMERO.....	34
2.2.9. LIGANTE ASFÁLTICO NO ALTERADO.....	34
2.2.10. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO .....	35
2.2.11. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO .....	36
2.2.12. LOS POLÍMEROS .....	36
2.2.13. POLÍMERO SBS .....	36
2.2.14. MODELO DE COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFALTICO: MÉTODO MARSHALL .....	37
2.2.15. MÓDULO RESILIENTE .....	37
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	38
2.4. HIPÓTESIS .....	39
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	39
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	39
2.5. VARIABLES.....	40
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	40
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	40
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	41
CAPITULO III .....	43
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	43
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	43
3.1.1. ENFOQUE.....	43
3.1.2. ALCANCE O NIVEL .....	43
3.1.3. DISEÑO.....	43
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.2.1. POBLACIÓN .....	44
3.2.2. MUESTRA.....	44

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	47
3.3.1. TÉCNICA.....	47
3.3.2. INSTRUMENTO .....	48
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	48
3.4.1. RECOLECTAR DATOS.....	48
CAPITULO IV.....	50
RESULTADOS.....	50
4.1. INTERPRETACIÓN DE LA MECÁNICA DE SUELO.....	50
4.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE AGREGADOS PÉTREOS FINOS Y GRUESOS .....	50
4.1.2. ABSORCIONES DE LOS AGREGADOS FINOS Y PESOS ESPECÍFICOS, CON LA NORMA M.T.C E-205.....	51
4.2. MÉTODOS MARSHALLS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS SEA MODIFICADA SBS A CONVENCIONAL .....	53
4.2.1. ESPECIFICACIÓN DEL ASFALTO EN CALIENTE PARA PODER DISEÑAR .....	53
4.2.1. DISEÑAR LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS CALIENTE SEA CONVENCIONALES CON 5,80%, 5,30%, 4,80%, 4,30% Y 3,80% DE ACUERDO A LA NORMA M.T.C_E_504. ....	58
4.2.2. PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETA CON LAS COMBINACIONES DE MATERIAL ASFÁLTICO CONVENCIONALES	61
4.3. EQUILIBRIO TIPO MARSHALL DE CONGLOMERADO DE CARBÓN ALTERADAS, EMPLEANDO 04,17% -04,67% -05,7% -05,67% Y 6,17% DE S.B.S. ....	77
4.4. ESTUDIO ESTADÍSTICO.....	86
4.4.1. ANÁLISIS NORMAL .....	88
4.5.1. IGUALANDO RESPUESTAS .....	90
CAPITULO V.....	95
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	95
5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	95
CONCLUSIONES .....	97
RECOMENDACIONES.....	99

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS.....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química del asfalto con porcentaje .....	36
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	41
Tabla 3 Descripción de cantidad de especímenes que se realizó por cada porcentaje de asfalto .....	44
Tabla 4 Descripción de cantidad de especímenes que se realizó por cada porcentaje de aditivo SBS .....	46
Tabla 5 Descripción de técnicas.....	48
Tabla 6 Parámetros de mezclas densas .....	49
Tabla 7 Requerimientos según norma del M.T.C para los agregados gruesos.....	49
Tabla 8 Agregados pétreos y su gradación .....	50
Tabla 9 Resultado que se obtuvo en los pesos específicos, también absorciones en los agregados finos ubicados en la cantera Yanag .....	52
Tabla 10 Recomendaciones de los grados de asfalto en condición de temperatura variable.....	53
Tabla 11 Seleccionar la variedad del cemento asfálticos .....	53
Tabla 12 Determinación del cemento de tipo asfalto organizado por introducción	54
Tabla 13 Especificaciones de los cementos asfálticos en su clasificación por la glutinosidad .....	55
Tabla 14 Criterio principal en aplicar los métodos Marshall en los diseños de mezcla.....	56
Tabla 15 Criterio de modelo de combinación por la metodología Marshall .....	57
Tabla 16 Vacío min. De los agregados de minerales - VAM.....	57
Tabla 17 Dimensiones de material asfáltico y adiciones de piedra, el cual se emplearán en el modelo de combinaciones de material asfáltico candente común .....	59
Tabla 18 Proporción agregado que se usaron en las mezclas asfálticas convencionales.....	60
Tabla 19 Dimensión promediada calibrada por digital vernier briqueta por variable asfálticos de porcentaje .....	63
Tabla 20 Las gravedades específicas y densidades reales en las mezclas compactas.....	63

Tabla 21 Formatos de base de datos Excel para ensayos de estabilidades de brieda	64
Tabla 22 Resultados de los especímenes para los diseños convencionales de las combinaciones de material asfáltico utilizando Marshall de 3.80% en los cementos asfálticos	64
Tabla 23 Resultados de los especímenes para los diseños convencionales de las mezclas asfálticas con Marshall de 4.30% en los cementos asfálticos	66
Tabla 24 Resultados de los especímenes para los diseños convencionales de las mezclas asfálticas con Marshall de 4.80% en los cementos asfálticos	67
Tabla 25 Resultados de los especímenes para los modelos convencionales de las combinaciones de material asfáltico con Marshall de 5.30% en los cementos asfálticos	68
Tabla 26 Resultados en los especímenes en los modelos convencionales de combinaciones de material asfáltico con Marshall de 5,80% en los cementos asfáltico	69
Tabla 27 Porcentaje asfalto vs. de aire en el vacío	71
Tabla 28 Porcentaje de asfaltos vs. flujos	72
Tabla 29 Porcentajes de asfaltos vs. flujos	72
Tabla 30 Porcentajes de asfaltados vs vacío de los agregados minerales	73
Tabla 31 Dimensiones de material polímero S.B.S y cemento de tipo asfáltico para el modelo de combinación asfáltica alterada	75
Tabla 32 Dimensiones de material polímero S.B.S y cemento de tipo asfáltico para combinación asfáltica alterada con S.B.S	76
Tabla 33 Compendio de respuestas de modelo con combinado asfáltico alterado Marshall conteniendo un 04,17% de S.B.S.	77
Tabla 34 Compendio de las respuestas de modelo con combinación de asfalto alterado Marshall con 04,67% de S.B.S	78
Tabla 35 Compendio de respuestas de modelo con combinación asfáltico alterado Marshall conteniendo un 05,17% de S.B.S.	79
Tabla 36 Compendio de respuestas de modelo con combinado asfáltico alterado Marshall conteniendo un 05.67% de S.B.S.	81
Tabla 37 Resumen de resultados de diseño con mezcla asfáltica modificada Marshall con 6.17% de S.B.S	82
Tabla 38 Curva de Porcentaje S.B.S vs. Porcentaje de libres	83

Tabla 39 Curva de Porcentaje S.B.S vs. Firmeza .....	84
Tabla 40 Curva de Porcentaje S.B.S vs. Circulación .....	85
Tabla 41 Curva Porcentual de S.B.S vs. Libre en el Material Adicional .....	85
Tabla 42 Análisis Normal .....	88
Tabla 43 Análisis de normalidad utilizando el software estadístico S.P.S.S. ....	88
Tabla 44 Tabla de dimensiones de probabilísticos no paramétrica H. Kruskall- Wallis.....	89
Tabla 45 Estadística de ensayo no paramétrica H. Kruskall-Wallis.....	90
Tabla 46 Información de briquetas con combinación de material asfáltico común	90
Tabla 47 Información de briquetas con combinación de material asfáltico alterado .....	90
Tabla 48 Igualación de proporciones de libres entre la mezcla original y la combinación alterada con S.B.S .....	91
Tabla 49 Comparación de curva de estabilidad .....	92
Tabla 50 Comparación de curva de flujo .....	92
Tabla 51 Comparación de curva de vacíos en el agregado mineral.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Compatibilidad de asfalto-polímero .....	30
Figura 2 Comportamiento del material asfáltico común vs Material asfáltico alterado .....	30
Figura 3 Requerimiento por la normativa del M.T.C para los agregados con dimensiones finas.....	51
Figura 4 Porcentaje de asfalto vs Porcentajes Aire-vacío .....	71
Figura 5 Porcentaje de asfaltos vs. Estabilidades .....	72
Figura 6 Porcentaje de asfaltos vs Flujo .....	73
Figura 7 Porcentaje de asfaltos vs vacíos de los agregados minerales .....	74
Figura 8 Proporción de S.B.S VS. Porcentaje de libres con viento .....	83
Figura 9 Proporción de S.B.S vs. Firmeza .....	84
Figura 10 Proporción de S.B.S vs. Firmeza .....	85
Figura 11 Proporción de S.B.S vs Libres del componente mineral .....	86
Figura 12 Diseño 1 utilizando la demostración de tipo estadístico ANOVA .....	87
Figura 13 Diagrama 2 del uso de la prueba H no paramétrica Kruskal-Wallis .....	87
Figura 14 Comparación curva de porcentaje de libres .....	91
Figura 15 Comparación de estabilidad de mezclas S.B.S originales y modificadas .....	92
Figura 16 Comparación de flujo de mezclas convencionales y modificadas utilizando S.B.S .....	93
Figura 17 Comparación de proporciones de VAM de mezclas convencionales y modificadas con SBS .....	93
Figura 18 Ubicación .....	105
Figura 19 Ubicación de entrada a la cantera de Yanag .....	105
Figura 20 Remoción de piedras pequeñas.....	106
Figura 21 Recogida de arena de granulometría gruesa .....	106
Figura 22 Fragmentos de roca triturada con un tamaño de 1/2 pulgada.....	106
Figura 23 Medición y proporción de los diferentes materiales .....	107
Figura 24 Medición de la masa de los ensayos.....	107
Figura 25 Someter los elementos al calor en la cocina .....	107
Figura 26 Combinación de los elementos .....	108

Figura 27 Aumentar la temperatura del molde y del martillo utilizado en el ensayo Marshall.....	108
Figura 28 Posicionar el diseño en el molde Marshall y compactar mediante golpeteos.....	108
Figura 29 Realizar un compactó con 75 choques en cada superficie .....	109
Figura 30 Retirar las briquetas y documentar su masa .....	109
Figura 31 Periodo de reposo de las briquetas estándar (muestra de referencia) durante 24 años .....	109
Figura 32 Documentar las medidas utilizando el indicador vernier digitalizado ..	110
Figura 33 Documentación de las masas: M.s, M.S.U.M y M.sss.....	110
Figura 34 Método de calentamiento (Baño maría) .....	110
Figura 35 Elevar la temperatura del dispositivo de ruptura .....	111
Figura 36 Ubicar las briquetas dentro de la mandíbula del dispositivo de compresión Marshall .....	111
Figura 37 Posición de mandíbula en dispositivo de compresión Marshall .....	111
Figura 38 Evaluación de las briquetas mediante el empleo del dispositivo de compresión Marshall .....	112
Figura 39 Muestras estándar de briquetas comunes que han sido sometidas a ensayos.....	112
Figura 40 Molienda para la desintegración del polímero SBS.....	112
Figura 41 Intervalo de inactividad de las briquetas alteradas (muestra experimental) durante un lapso de 24 horas .....	113
Figura 42 Prendas de protección para mano .....	113
Figura 43 Mantel .....	113
Figura 44 Instrumentos de tamizado junto con un cepillo .....	114
Figura 45 Cucharón.....	114
Figura 46 Recipiente .....	114
Figura 47 Instrumentos de pesaje con capacidad para hasta 6000 gramos .....	115
Figura 48 Recipientes hondos.....	115
Figura 49 Dispositivo electrónico que mide la temperatura.....	115
Figura 50 Cocinas que se utilizan con energía eléctrica .....	116
Figura 51 Lubricante y molde utilizado en el ensayo Marshall .....	116
Figura 52 Instrumento para esparcir .....	116
Figura 53 Instrumento de compresión y soporte de martillo.....	117

Figura 54 Expulsor de pruebas asfálticas .....	117
Figura 55 H2o desionizada.....	118
Figura 56 Medición vernier digitalizado .....	118
Figura 57 Bulk .....	118
Figura 58 Molienda manual .....	119
Figura 59 Calentado la sustancia (Baño de maría) .....	119
Figura 60 Microondas a electricidad.....	119
Figura 61 Cabezal de presión de tipo Marshall .....	120
Figura 62 Se muestra la prensadora Marshall.....	120

## RESUMEN

El interés primordial del proyecto de indagación es examinar el impacto del empleo de caucho estireno-butadieno, también conocido con el nombre de polímeros SBS en la solidez de combinaciones de material asfáltico candente en el sector Huánuco-2023. Nos planteamos las subsiguientes finalidades concretas: Calcular las características de estabilidad volumétrica de composición del asfalto. Polímero SBS con el fin de que se use en forma candente en sector Huánuco-2023; calcular el % ideal del material polímero SBS de modo que las combinaciones de asfalto candente sean estables en el sector Huánuco-2023; rellena el módulo de elasticidad de combinaciones de material de asfalto alteradas con polímero SBS el sector Huánuco-2023 para brindar soluciones alternativas que reduzcan el daño de las capas asfálticas y así hacer más duraderos los pavimentos flexibles. Una vez obtenidas las propiedades de componentes extraídos de los lugares donde se extraen, procesan y obtienen diversos materiales utilizables en la construcción de la ciudad Huánuco, se llevó a cabo el primer modelo de mezcla de estudio utilizando asfalto 3.80%, 4.30%, 4.80%, 5.30% y 5.80% PEN 60/70. Para lograrlo, se prepararon 15 briquetas a partir de combinaciones de asfalto común y posteriormente se probaron mediante una máquina Marshall, cuyo análisis calculó contenido de porcentaje ideal de 5,17% y resistencia de 10,55 kN. Este % se utilizó en la formulación de la segunda combinación de asfalto cambiado. El contenido de SBS fue 4,17%, 4,67%, 5,17%, 5,67% y 6,17%. Se produjeron 15 briquetas., y comparado con el valor concretado en el reglamento del M.T.C, EG-2013, excede claramente la robustez más mínima (8,15 kN). La fracción de minerales vacíos (VAM) de combinación alterada está en el rango de 14-15, que es menor que la VAM de combinación común. En consecuencia, podemos afirmar que si integramos aditivos SBS a una combinación de asfalto caliente puede notoriamente elevar la resistencia, contribuyendo a minimizar los fallos originados por las condiciones climáticas y la circulación vehicular.

**Palabras clave:** propiedades volumétricas, módulo de resiliente, resistencia, combinación asfáltica, suplemento SBS.

## ABSTRACT

The primary interest of the research project is to examine the impact of the use of styrene-butadiene rubber, also known as SBS polymers, on the strength of combinations of hot asphalt material in the Huánuco-2023 sector. We set out the following specific purposes: Calculate the volumetric stability characteristics of the asphalt composition. SBS polymer to be used hotly in the Huánuco-2023 sector; calculate the ideal % of the SBS polymer material so that the hot asphalt combinations are stable in the Huánuco-2023 sector; fills the elasticity modulus of asphalt material combinations altered with SBS polymer in the Huánuco-2023 sector to provide alternative solutions that reduce the damage of asphalt layers and thus make flexible pavements more durable. Once the properties of components extracted from the places where various materials usable in the construction of the city of Huánuco are extracted, processed and obtained, the first study mixture model was carried out using asphalt 3.80%, 4.30%, 4.80%, 5.30% and 5.80% PEN 60/70. To achieve this, 15 briquettes were prepared from combinations of common asphalt and subsequently tested using a Marshall machine, whose analysis calculated the ideal percentage content of 5.17% and resistance of 10.55 kN. This % was used in the formulation of the second changed asphalt combination. The content of SBS was 4.17%, 4.67%, 5.17%, 5.67% and 6.17%. 15 briquettes were produced, and compared to the value specified in the M.T.C regulation, EG-2013, it clearly exceeds the minimum robustness (8.15 kN). The fraction of void minerals (VAM) of altered combination is in the range of 14-15, which is lower than the VAM of common combination. Consequently, we can affirm that if we integrate SBS additives into a combination of hot asphalt, it can significantly increase resistance, helping to minimize failures caused by weather conditions and vehicular traffic.

**Keywords:** volumetric properties, resilient modulus, strength, asphalt mix, SBS supplement.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo del país se relaciona directamente con el crecimiento de las infraestructuras viales, porque la vía de comunicaciones interconecta desde comunidad, anexos, centros poblados hasta grandes ciudades. Los desplazamientos de las personas permiten los intercambios y distribuciones de servicio en los sectores internacional, nacional y local; además el aumento de volumen en los tránsitos expone las vías de la carretera porque ocasionan el desgaste del pavimento flexible, sea su resistencia como también las superficies de rodaduras de las partes superficiales, erosión del pavimento, etc. El trabajo de monitoreo y mantenimientos son limitados debido que emplean material tradicional en las construcciones de las carpetas asfálticas, por ende, no satisfacen al tránsito del vehículo, donde también los factores como temperatura y clima; los cuales fueron aprobados estándares de técnicas nuevas todo ello sirve para mejorar la condición de combinación de asfalto sofocante, Wulf (2018).

Cambiando los cementos asfálticos se usaron variedad de aditivo, por este se buscara usar el polímero elastómero que se conoce con otro nombre de estireno, butadieno, estireno (SBS) conocido por su diferente propiedad física en cauchos, capacidades termoplásticas, optimo comportamientos a mínima temperatura, variación de deformaciones permanentes, lo cual contribuirá en el óptimo funcionamiento de las propiedades físicas y mecánicas; la prensa Marshall medirá las estabilidades de la mezclas asfálticas, Mariano (2019)

Peruvias (2019), es una revista indexada; los caminos y carreteras en el departamento de Huánuco está sometido a peligros erosivos por el constante movimiento vehicular. El error recurrente en las carpetas asfálticas son las deformaciones del suelo y rocas, ahuellamientos y agrietamientos por fatigas. Debido a los aumentos de volumen vehiculares y altas velocidades, la variación del clima por gelifracción, también el mismo uso de las carpetas asfálticas de excesiva carga de los equipos y vehículos, las abrasiones, estos factores conllevan al desgaste de la carpeta asfáltica.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Durante el paso de los años en Perú la gobernanza asignó la mayor parte de recursos económicos al Transporte (M.T.C) con el objetivo de que se invierta en la edificación y conservación de infraestructuras como (aeropuertos, carreteras, puentes); Esta área ha absorbido una considerable porción de ingresos económicos vacantes. Generalmente nosotros en nuestro país las carreteras existentes han terminado y muchas otras carreteras son parte de ellas un camino de tierra todavía está en obras si, básicamente nos enfocamos en los caminos que terminan con sus vidas, tomamos sin tener que contar con una valoración técnica muy crítica, que es el principal condicionante falla prematura debido a la falta de mantenimiento adecuado, además de agregar elementos como la excelencia de los materiales, una ejecución deficiente durante la construcción, información de tránsito inexacta, entre otros.

Hay muy poca recurrencia para soluciones alternativas de reciclaje la reutilización de superficies que son viejas y sin usar debido a la ignorancia de estos posibles impactos y características de desempeño para el nuevo revestimiento flexible. La falta de experimentación con estos recursos sugiere que la mayoría no tendría un desempeño que mezcla asfáltica con material virgen.

En nuestra investigación sabemos que los elementos que se utilizan para realizar obras de pavimentación flexibles están volviéndose más limitados a medida que el gobierno muestra una mayor preocupación por el medio ambiente. se refiere a la extracción y uso de estos recursos (áridos rocosos). Esto hace que sea más difícil para los proveedores producir materiales en mayor medida en los últimos años. Esta situación se repetirá con mayor frecuencia en los años venideros ya que, tanto en nuestro país como a nivel

global, se está disminuyendo la presencia de vertederos y aumentando la preocupación por la contaminación ambiental.

## **1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el efecto de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO**

- ¿Cuáles son las propiedades volumétricas de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023?
- ¿Cuál es el porcentaje más óptimo del polímero SBS en la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente en el departamento de Huánuco-2023?
- ¿Cuál es el módulo de resiliente de una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las propiedades volumétricas de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.
- Determinar el porcentaje más óptimo del polímero SBS en la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente en el departamento de Huánuco-2023

- Determinar el módulo de resiliente de una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

En esta indagación, el propósito de utilizar el polímero de SBS es para evaluar la estabilidad del asfalto en caliente. Este estudio servirá como investigación futura en la realización de esta investigación.

### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

El objetivo de esta indagación es incrementar sus características mecánicas del pavimento asfáltico como la capacidad para resistir las deformaciones causadas por condiciones climáticas y el tráfico vehicular al utilizar polímero SBS junto con asfalto en candente.

### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Esto sugiere que es pertinente desarrollar sobre una combinación asfáltica candente empleando polímero SBS en pavimentos asfálticos, Así que necesitamos saber las mejoras de esta nueva mezcla asfáltica con superficie asfáltica restaurada con el uso de polímeros rejuvenecedores.

## **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

En la parte económica, se realizará pruebas de laboratorio usando la metodología Marshall, de modo que produzcan briquetas modificadas.

En nuestro país el aplicativo tecnológico usado para combinaciones de asfalto con SBS es infrecuente. La razón de esto es que el estado no tiene el interés en la implementación en las carreteras.

## **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

- El estudio es válido, porque prolonga la duración operativa del pavimento asfáltico.
- Es factible para los futuros investigadores que buscan información relacionado al tema.
- Es viable porque se mejorará a la hora de elaborar un expediente técnico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Gomes y Zuluaga (2021) llevaron a cabo una investigación con el título "Elaboración de un tipo de asfalto altamente mejorado mediante la adición de polímero SBS, utilizando como base un asfalto convencional de la refinería Ecopetrol Barrancabermeja 60-70 y variando la cantidad de polímero". La Tesis de Pregrado realizada en la Universidad, Bogotá-Colombia. Tuvo como meta la producción de asfalto con restablecimiento elástico en flexión mayor al 80 por ciento partiendo de una combinación homogénea de plástico SBS con Betún de marca Ecopetrol 60-70. Los resultados obtenidos, de incorporar 2,5%, 5.0% y 7.5% de plásticos SBS al asfaltado común. Resultó que la meta de este trabajo se logró en el desarrollo de betunes altamente modificados (HiMA) al lograr una torsión elástica del 91%. Se llega a las conclusiones, Que en el proceso de estudio de cada tipo de asfalto que se modifique relacionado con el asfalto básico habitual, vemos que colocar el plástico (polímero) SBS en mezcla, el asfaltado enmendado es superior y la temperatura es mayor ya que este tipo de asfalto tiene mayor resistencia al flujo.

Cárdenas y Borja (2019), desarrolló una investigación titulada " Análisis de las composiciones de combinaciones de material de asfalto candente, fabricadas mediante la incorporación de cemento asfáltico alterado con polímeros SBR y SBS.", Tesis de Pregrado en el centro de educación superior Central del Ecuador, ubicada en Quito-Ecuador. Tuvo como meta, Caracterización de combinaciones de asfalto minerales candentes, ligantes bituminosos modificados con polímeros SBR y SBS a través del análisis de normativas de oposición conectadas usando la flexión plástica. Las respuestas obtenidas, se presenta la diferencia para cada una de las combinaciones, se hará un estudio

mínimo del costo de la mezcla resultó ser óptimo para cada polímero (SBS 2% y SBR 1%). Se llega a las conclusiones, Que incluir los plásticos de material polimérico SBS y SBR a la combinación de asfaltado mejorando sus características geológicas y mecánicas, mezclas modificadas se caracteriza por parámetros más altos de resistencia al desgaste (producto cargas del motor o del tráfico), así como los efectos de las condiciones meteorológicas, se considera que la combinación mejorada optimista es una mezcla que tendrá un 2% de polímero SBS y una mezcla que contiene un 1% de polímero SBR.

Camacho y Lema (2018), desarrolló una tesis titulada " Alteración del cemento de tipo asfáltico proveniente de la planta de refinación esmeraldas mediante la inclusión de polímeros SBS y un agente fluidificante con características aditivo aromático", Proyecto de investigación de Pregrado del centro de estudio superior de Guayaquil, ubicada en Guayaquil-Ecuador. Tiene como meta, probar la alteración de aglomerante asfáltico con caucho para incluir un 10% de alto cizallamiento o caucho de alto corte. Los resultados obtenidos, es de un ligante de asfalto con propiedades parecidas al ligante de asfalto único, el cual tienen una elevación de pegajosidad de 100 P.a. a temperatura (60°C) tras el envejecimiento. Se llega a las conclusiones, Se ha identificado que el diez por ciento en masa del módulo elástico de NFU a temperaturas medias y altas es un potenciador eficaz de la tensión y la fatiga.

Borja y Cárdenas (2019), estudiaron e igualaron la actitud de las combinaciones de asfalto ardientes realizadas con cemento asfáltico el cual fue modificado con polímeros de tipo SBS y SBR

Con una combinación común, dado el estudio normativo de deformación plástico y ejecutando estudios normalizados, como son el flujo de Marshall y la estabilidad ,entre otros .Cada una de las respuestas que se encontraron ayudaron a obtener datos ,de modo que sean usados después para el modelo de archivos asfálticos que se modificaron con plásticos (polímeros), también hallan la conducta que tiene la

combinación asfáltica en calentura que se modifican SBS y SBR, por último concluyeron que combinación asfáltica que se modificó con un 2 por ciento de SBS es el que tiene una mayor conducta, de modo que cumple con las normativas Marshall (% de libres, libres en agregado mineral, entre otros) con una respuesta de seguridad equivalente a 02465,680 lb, comparado a 02044.780 lb el cual se adquirió con la combinación asfáltica común, siguientemente se dio un aumento equivalente a 020,580% en términos de consistencia y movimiento, al utilizar una combinación asfáltica alterada con SBS a una proporción de 10 pulgadas cúbicas por cada 100, se observa un aumento del 11.11%. La mejor actuación se logra al incorporar un 1% de SBR, con valores de estabilidad y flujo de 2356.29 libras y 12 pulgadas cúbicas por cada 100, cada una.

En su estudio publicado en el Nivel Internacional en 2019, López y Veloz se enfocaron en analizar la actuación de combinaciones de material asfáltico alterados compuestos poliméricos SBR y SBS. Sus objetivos incluyeron examinar las propiedades de combinaciones, tanto con la presencia como sin la presencia de polímeros. Inicialmente, llevaron a cabo investigaciones sobre los materiales rocosos, abordando aspectos como el peso de ingestión, paralelo de arena, persistente al calor, umbral de fluidez y deformación. A continuación, se procederá al modelo de mezclas asfálticas en caliente, tanto comunes como modificadas con materiales poliméricos SBS y SBR, utilizando LA METODOLOGÍA Marshall. Este método implicó el uso de ejemplares estándar utilizados para pruebas con dimensiones de 064.0 mm en altura y 0102.0 mm de grosor, al principio hallaron un % de forma teórica del 03,20%, realizando tres bloques compactos de materiales por cada uno de los aumentos de %. Posteriormente, dibujaron el número de libres frente al % asfáltico, de ese modo hallaron el % perfecto de material asfáltico que fue de 5.5%. A continuación, llevaron a cabo la preparación de mezclas asfálticas modificadas, logrando a un % perfecto de material polimérico de tipo SBS del 02,50%. Esta mezcla exhibió una solidez equivalente a 1550 libras con circulación equivalente a 016,5

(0.01 p). En cuanto a combinación fresca alterada de material polimérico SBR, identificaron un porcentaje óptimo del 3.00%, obteniendo una solidez igual a 2667 libras con una circulación de 028 (0,01 in).

Finalizando su estudio, los autores revelan que la combinación de material asfáltico candente, que se alteró con el polímero SBS, experimentó un notorio aumento del 088.10% en estabilidad y un incremento del 013,3% en flujo. En contraste, la mezcla en frío modificada con el polímero tipo SBR mostró aumentos del 3.68% de solidez y del 3.70% en flujo. Sin embargo, las mejoras observadas en las combinaciones frescas no fueron tan evidentes como las obtenidas en las mezclas en caliente. Los investigadores concluyen que la combinación de asfalto con material polímero SBS, gracias a sus propiedades de estabilidad, circulación y el ambiente de muestreo, resulta idónea en componentes de rotación. Esto se atribuye al uso del material asfáltico a modo de aglutínate, el cual promueve una mejor consistencia.

En cuanto a las mezclas en frío, a pesar de que muestran incrementos en sus características, estos no son tan pronunciados como los observados en las mezclas en caliente. Los autores sugieren que estas mezclas en frío, que incorporan mixtura en asfalto con una proporción controlada de líquido durante la adición en obra, son adecuadas para modelo de portafolio asfáltico a modo de cimiento renovado. Este proceso implica la evaporación del agua, dejando espacios en el agregado y contribuyendo a la mejora de la base asfáltica.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Huamán (2020), efectuó una tesis titulada " Comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica modificado con el uso de polímero SBS en la Avenida Cesar Canevaro, San Juan de Miraflores, Lima – 2019", Tesis de Pre grado en el centro de estudios superior que tiene por nombre "Universidad Cesar Vallejo", Lima. El cual tuvo como meta principal de investigar y realizar una evaluación contrastiva. Mezcla de

material asfáltico añadiendo polímero SBS y mezcla asfáltica común. Las respuestas obtenidas, fue la solidez de la combinación de asfalto común equivale a 1330.5 kg y la combinación de asfalto combinada con polímeros SBS de 0.5% y 0.6% posee una respuesta de 01882,0 kg y 02114,0 kg. Se llega a las conclusiones, que comprobando un combinado de material de asfalto alterada con polímeros SBS, experimenta una mejora significativa en sus propiedades, lo que conlleva a una reducción de las fallas, rotura en el pavimento y, al mismo tiempo, contribuye a extender la resistencia frente a las condiciones climáticas adversas.

Villafana y Ramírez (2019), desarrolló un proyecto de investigación que lleva el nombre de: "Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros sbs betutec ic y una mezcla asfáltica convencional 60/70", proyecto de investigación Pregrado del centro de estudios superior Privada del Norte, ubicada en Lima. Su objetivo principal consistió en determinar cuál de los dos tiene mejores propiedades mecánicas, ya sea el betún modificado Betutec IC SBS o la combinación de asfalto común 60/70. Los resultados obtenidos, fue formular una combinación adaptable que incluyera tanto betún líquido con polímeros común (PEN .60/.70) mismo grado y mismo agregado hecho en las mismas condiciones, solo asfalto líquido modificado para cada componente para recibir mejor cada proyecto. Se llega a las conclusiones, que con el polímero SBS, Betutec IC presenta mejores propiedades mecánicas que la combinación bituminosa común 60/70, en relación a las respuestas adquiridas en la prueba "rueda cargada de Hamburgo ", se evidencia que la combinación alterada con el material polímero Betutec IC SBS muestra propiedades mucho mejores que los polímeros compuestos convencionales 60/70.

Broncano y Campos (2021), desarrolló una tesis titulada "Influencia del cemento asfáltico modificado con polímeros SBS y elvaloy sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente", Tesis de Pregrado de la Universidad Nacional de San Agustín ubicada en Arequipa. Tienen como objetivo, la determinación de la capacidad ideal de betún (SBS y

ELVALOY) y el efecto en la combinación asfalto candente. Las respuestas adquiridas, fueron las demostraciones de distancia entre ejes en Hamburgo y TSR (aguante a la tensión intermedia o diámetro) y ensayo de fatiga, prueba de tracción directa de 03 tipos de ligante asfáltico. Se llega a las conclusiones, que las combinaciones de asfalto mejoradas con plásticos (polímeros) no solo contribuyen a mejorar las condiciones de las carreteras de las características de combinación asfalto, minerales a granel, sino también en mayor medida mayor rendimiento en relación con cada criterio de falla, esto significa un tiempo de uso prolongado de estas superficies y reducir drásticamente sus costes de reparación.

Peruvias (2019), es una revista indexada; los caminos y carreteras en el departamento de Huánuco está sometido a peligros erosivos por el constante movimiento vehicular. El error recurrente en las carpetas asfálticas son las deformaciones del suelo y rocas, ahuellamientos y agrietamientos por fatigas. Debido a los aumentos de volumen vehiculares y altas velocidades, la variación del clima por gelifracción, también el mismo uso de las carpetas asfálticas de excesiva carga de los equipos y vehículos, las abrasiones, estos factores conllevan al desgaste de la carpeta asfáltica.

Nacionalmente, se encuentra la investigación realizada por Valdivia en el año 2017, quien examinó la combinación de material asfáltico candente con la adición del polímero SBS, evaluando su comportamiento mecánico y analizando mejoras. Además, llevó a cabo la evaluación de la consistencia, fortaleza y libres en las combinaciones alteradas de polímeros SBS. El método utilizado para la evaluación fue la técnica Marshall, empleando cemento de tipo asgatado PEN 60/70, y la examinación granulométrica se ajustó al reglamento EG-2013, consiguiendo la jerarquía MAC-2. La modificación se realizó con un rango de 2% a 6 por ciento de material polimérico SBS. Las prácticas, tanto convencionales como alteradas con material polímero SBS estuvo basada en las normativas EM-2016 y EG-2013 del M.T.C. para el modelo

de la mezcla, se empleó la normativa M.T.C E 504, especificando la oposición a la firmeza, masa específica, circulación.

Durante la examinación de la combinación común, se obtuvo un porcentaje óptimo de asfalto del 5.6%, mientras que en la mezcla modificada fue del 5%. Los resultados registrados incluyeron una densidad equivalente a 02,4660 g/cc y también 02.4730 g/cc, firmeza igual a 01389.40 kilogramos y 01921,4 kilogramos, y libres de grado del 3 por ciento y 5%, obteniendo un 03.90%. Los (VMA) fueron del 017.20% y 015.70%, los (V.LL.C.A.) se redujeron en un 1.3% a 77.4% y 76.1%, y el flujo perteneció a 3.70 mm y 3.60 mm. La resistencia a la deformación aumentó en un 40%, alcanzando 037880 kilogramos / centímetros y 5309 kilogramos / centímetros, viscosidad mostró una buena trabajabilidad en altas temperaturas, con valores de 143°C-158°C y 161°C-168°C para combinaciones comunes y alteradas con polímeros cada una de ellas.

Gargate y Huamani (2018) se propusieron realizar un análisis comparativo entre la combinación asfáltica con material polimérico, lo usado a modo de optimización de las características mecánicas en el pavimento dúctil, de ese modo se llevaron a cabo un total de 56 briquetas, 28 unidades distribuyendo se de forma unitaria para los estudios, que se desarrollan con la metodología de Marshall, normada por el M.T.C EG-2013. La proporción de materiales utilizada consistió en un 40 por ciento de roca chancada, 35 por ciento de arena y 25% de tierra tamizada, con % de aglutínate de material de asfalto de 04.0 por ciento, 04.90 por ciento, 05.40% y 5.9%. Se identificó un óptimo de asfalto del 5.5% para la combinación de material de asfalto común y del 5.1% para la combinación de asfalto alterada con SBS.

Adicionalmente, Cahuana y Limas (2018) tuvieron como objetivo aumentar la conducta mecánica de la combinación de asfalto añadiéndole Betutec IC + Aditivo Warmix. Para lograrlo, plantearon la creación de combinaciones de asfalto comunes y variadas con Betutec IC + aditivo Warmix, utilizando un total de 24 muestras,

Se llevaron a cabo generalmente 24 unidades muestrales, 12 unidades correspondientes a la combinación de asfalto común con % de 05.0%, 5.5%, 06,0% y 06,5%, y las restantes 12 fueron mezclas asfálticas modificadas utilizando Betutec IC junto con el aditivo Warmix, utilizando los % iguales que la combinación de asfalto común, con el objetivo de determinar el porcentaje óptimo Betutec IC junto con el aditivo Warmix. Los resultados revelaron que el equilibrio de la combinación de asfalto alterado con materiales aditivos fue significativamente mayor en un 30.15% igualando con la combinación asfáltica convencional. Además, el movimiento de la combinación de asfalto transformado superó en un 03.01% al de la mezcla convencional, mientras que los espacios libres en la combinación de asfalto alterado fueron un 024.390% menores que en la convencional. Por último, los sitios libres en los materiales de agregación mineral de la combinación alterada resultaron un 02.650 % mayores que los de la mezcla asfáltica convencional.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Cotrina (2020), desarrolló una tesis titulada "Análisis técnico de las metodologías de pavimentos, a fin de mejorar la transitabilidad en el tramo de la carretera Villasol – Pillao, distrito de Chinchao - Huánuco 2019", Proyecto de investigación del centro de educación superior de la UNHEVAL, Huánuco. Buscó como finalidad, considerar a la ingeniería del método de pavimento para mejorarlo en capacidad en la autovía Villasol – Pillao. Los resultados obtenidos, fueron mejorar la usabilidad de la superficie de asfaltado elástico de la Calzada Villasol - Pillao. La metodología americana se utilizó para la relación flexible Asociación de Oficiales de Tránsito y Carreteras del Estado (AASHTO), Ministerio de Transporte (M.T.C), Instituto del Asfalto (IA) y SHELL. Se llega a las conclusiones, que para el pavimento flexible se utilizó el diseño SHELL que es un método que se puede manejar todas las condiciones y criterios de diseño importantes para crear la estructura del pavimento estable con transmisión uniforme.

Pajuelo (2019), desarrolló una tesis titulada "Reciclado de pavimentos flexibles y dosificación de emulsión asfáltica para la estabilización a nivel de base", Proyecto de investigación del centro de educación superior de la U.D.H, Huánuco. Tiene como finalidad, consolidar a una altitud de cimiento Versátil con dosificación coloidea bituminosa. Las respuestas adquiridas, fueron realizadas en el centro de experimentación, la viabilidad de reusar materiales reciclados a modo de alternativa discrecional materiales naturales y emulsión bituminosa adhesiva. Se llega a las conclusiones, empleando la metodología de reciclaje de pista flexible y la estabilidad cuantitativa de las emulsiones bituminosas está garantizada en una nueva base y con ella el parámetro apropiado para la corriente.

Meza (2019), desarrolló una tesis titulada "Uso de la fibra de cabuya para el análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente – 2019", proyecto de investigación del centro de educación superior de la U.D.H, Huánuco. El cual ha tenido como finalidad, el análisis de fibras cabuya (agave USA), desde donde se planea desarrollar mezclas asfálticas. Según las condiciones de cada lugar según normativa nacional. Las respuestas conseguidas, tanto en términos de equilibrio como fluidez de mezcla modificado con fibra de cabuya con estabilidad reducida y aumentar la tensión por ciento de la fibra de cabuya. Se llega a las conclusiones, más que comportamiento la mecánica de combinación se ve afectada en los filamentos, no obstante, la combinación de material asfáltico común cumple con normativa peruana EG-2013.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

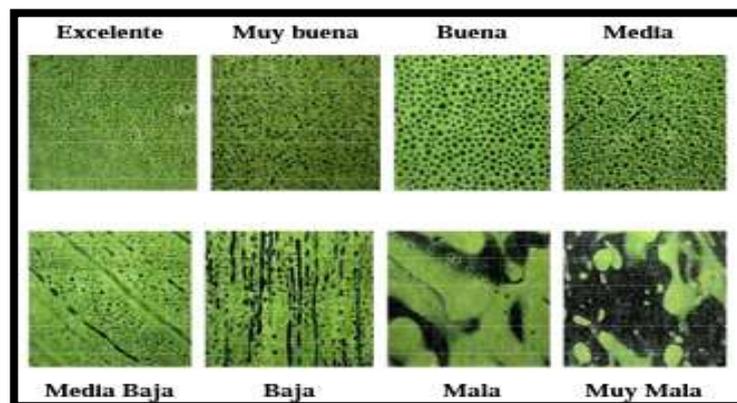
### **2.2.1. RECICLADO CON COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO CARENTE**

La fecha de inicio hasta el siglo XX alrededor de 1915 en Estados Unidos y solo se usaba para reciclar Mezcla asfáltica en caliente. Desde principios de la década de 1970, esta actividad fue mucho mayor

nuevamente, durante esa década, el reciclaje solo era posible en los Estados Unidos 21 millones de toneladas de RAP este aumento también se debió a ese tiempo en el mundo se enfrenta a una escasez de suministro de petróleo y el precio del asfalto ha aumentado significativamente. Además, debido a la crisis energética, la gente se ha dado cuenta de la preocupación por ambiente y proteger los recursos naturales. Sin embargo, esta técnica conserva los recursos naturales y no se usa mucho en otros países. Ya en la década de 1980, muchos países como Canadá y países europeos como Alemania, Austria, los Países Bajos y Dinamarca suelen utilizar una mezcla asfalto reciclado de 1983 a 1985, cuando se introdujo el reciclaje de pavimentos mayor desarrollo.

**Figura 1**

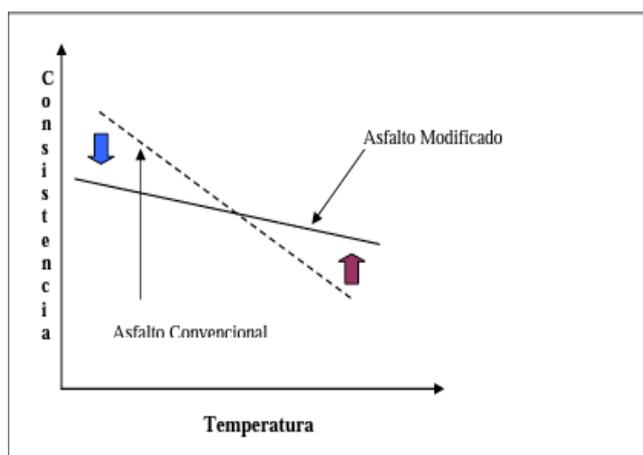
*Compatibilidad de asfalto-polímero*



Fuente: (Garzón, 2004)

**Figura 2**

*Comportamiento del material asfáltico común vs Material asfáltico alterado*



Fuente: (Garzón, 2004)

### **2.2.2. PAVIMENTO**

Un pavimento se define como un conjunto de capas que se apilan, diseñan y Construcción de ingeniería con los materiales adecuados. Los elementos que crearon la estructura se basa en la plataforma, que es el resultado del movimiento del suelo en el proceso de investigación para finalmente enfrentar estas cargas estresantes tráfico que se repite en el ciclo de vida para el que fue diseñado.

### **2.2.3. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE**

El pavimento no rígido consta de un paquete de texturas no rígidas y cada paquete a continuación se detallan sus componentes.

#### **a) Sub rasante**

El compendio de autopistas del M.T.C (2013), nos dice: El terreno inferior de plataforma del área vial terminada a una altura del desplazamiento del suelo (excavada, rellena) en el que se sitúa la infraestructura de pavimentación o el refuerzo. Implica el uso de tierras cuidadosamente elegidos con características satisfactorias, los cuales se condensan en estratos para crear un peso sólido en naturalezas ideales para resistir el peso de transito fundado en el modelo. (p.20)

#### **b) Sub base**

Componente de elementos granulométricos, ya sean adquiridos de manera innata o reciclado en canteras y también en otras áreas, los cuales forman una porción del componente de infraestructura y actúan a modo de estratificación de cambio del sustrato. A sí mismo, procede a modo de tamizado de la naturaleza, impidiendo que los fragmentos refinados del sustrato entren en la parte de la naturaleza. Su función estructural es transmitir completamente al suelo la fuerza que provoca la carga del vehículo. Además, actúa como sistema de drenaje, evitando la capilaridad en partes estructurales de los pavimentos.

### **c) Base**

Similar a la sub base, constituye un estrato de elemento en forma de grano, ya sea extraído naturalmente u obtenido a partir de lugares de extracción de piedras chancadas, arenas, entre otros. Pudiendo incorporar un estabilizante o aglutinante admitido según corresponda. Su propósito fundamental radica en ofrecer una capa robusta que transfiera a la sub base y a la sub rogante las tensiones inducidas por el peso de los automóviles.

### **d) Carpeta**

Actuando como estrato superior que establece un área de apoyo sólida de modo recto en el tránsito, tiene una textura rugosa, color adecuado debido al adhesivo, tiene la función de resistir y distribuir los esfuerzos de tracción debido a la carga del vehículo. Debe garantizar condiciones seguras y cómodas para viajar. De manera similar, funciona a modo de componente aislado, impidiendo la infiltración de líquido en la estructura del suelo.

## **2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFALTICO CANDENTE**

La combinación de material de asfalto se podría analizar en el área de pruebas, a modo de definir el comportamiento estructural del piso. La exploración se centra en cuatro características principales de combinación y sus efectos. Las propiedades son:

- Contenido del asfalto.
- Consistencia de la combinación.
- Áreas libres de viento.
- áreas libres del mineral adjunto.

### **2.2.5. COMPONENTES DE LA COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFALTICO CANDENTE**

La mezcla asfáltica en caliente consiste en varios materiales naturales que juntos forman una nueva composición aplicada a la capa de asfalto. Estos materiales son:

- Agregado mineral.
- Relleno mineral o Filler.
- Aglutinante Asfáltico.
- Sustancias aditivas.

### **2.2.6. AGREGADOS**

Los materiales agregados empleados en las combinaciones provienen de disposición rocosa o ser resultado de la descomposición, ya sea de forma innata o artificiosa.

Según el Manual MS-22 del Instituto del Asfalto (1982), la definición de agregado es: Asimismo denominado roca, material en forma de grano elementos minerales, se refiere a algún elemento mineral sólido e inactivo que se utiliza a modo de gránulos, escamas sueltas a modo de componente de un pavimento de asfalto caliente. Entre los agregados comunes se encuentran la arena, piedra chancada, roca partidas. En la mayoría de las estructuras de pavimento, los agregados representan entre el 90 y 95% en masa, así como entre el 75 y 85 % en magnitud. Dado que el agregado en sí mismo confiere la mayoría de las características de carga, la elección adecuada de los materiales agregados es crucial y ejerce una influencia significativa en el comportamiento del pavimento (p.36).

### **2.2.7. ASFALTO**

El asfalto o el aglutinante de asfalto es un adhesivo negro tiene una consistencia amplia entre sólida y semisólida dependiendo de la temperatura. Cuando la temperatura es suficiente el hormigón asfáltico

se ablanda y se vuelve fluido. Esto permite cubrir cada partícula de agregado en la mezcla asfáltica este material es un excelente material impermeable y es resistente a los ácidos base o sal haciéndolo muy resistente a todo tipo de daño químico. Su composición lo hace duro y rígido cuando se calienta y/o envejece frágil, por lo que pierde la capacidad de adherirse entre las partículas. Y también lo se vuelve menos elástico, causando abolladuras en la capa de asfalto. En nuestro medio existen muchos y diferentes derivados de los ligantes bituminosos. Utilizado principalmente en el asfalto caliente que puede ser:

- Ligante asfáltico modificado con polímeros.
- Asfalto no alterado.

#### **2.2.8. LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO**

Según las afirmaciones de Escalante (2007, citado en Estrada, 2017), se establece que: Estos asfaltos modificados con polímeros se fabrican mediante la incorporación de un polímero en un ligante de asfalto de petróleo (PAC) en las proporciones adecuadas con o sin reacción química ligante asfáltico modificado compatible con el polímero utilizado un buen asfalto modificado debe ser un asfalto entrelazados de polímeros y asfalto formando dos fases continuas, una impregnada de la otra. La mezcla adecuada hace que el polímero y el asfalto sean químicamente incompatibles, creando dos fases con la ventaja de una sobre la otra. En cualquier caso, las propiedades del betún modificado serán inútiles. (p.29)

#### **2.2.9. LIGANTE ASFÁLTICO NO ALTERADO**

Es un material aglutinante obtenido de la refinación del petróleo sin ninguna modificación, su estructura es un material impermeable de consistencia y semisólida las características dependen de la temperatura a la que se fije.

## **2.2.10. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO**

El MS-22 del instituto del asfalto (1998), declara que “Las propiedades físicas más importantes en el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son la fuerza de la adherencia, la resistencia a la temperatura, el envejecimiento y la rigidez” (p. 17).

Los ensayos necesarios para medir y determinar las propiedades físicas de los ligantes bituminosos son: permeabilidad, viscosidad, punto de reblandecimiento, plasticidad, dureza y envejecimiento, solubilidad y densidad.

### **Viscosidad**

La viscosidad caracteriza el comportamiento de un flujo dado, y existen métodos y dispositivos para determinar esta propiedad. Generalmente se requieren viscosidades a 60°C y 135°C para los ligantes asfálticos. El instrumento con el que podemos determinar la viscosidad a temperatura más alta es el viscosímetro Brookfield.

### **Penetración**

La prueba de penetración es otro indicador de la consistencia del ligante por lo general se prueba en la primera lectura cuando la muestra de ligante asfáltico se estabiliza a 25 °C en un baño de agua con temperatura controlada. La penetración se midió con la aguja a una carga de 100 g durante 5 s. El grado de penetración de la aguja en la muestra de ligante bituminoso se mide en unidades de 0,1 mm.

### **Ductilidad**

Esta es la capacidad del ligante asfáltico para estirarse antes de partirse por la mitad. El Asphalt Institute MS-22 (1998) define esto de la siguiente manera: la ductilidad se mide mediante una prueba de "extensión" en la que una muestra de un ligante asfáltico se estira o estira a una velocidad y temperatura específicas (25°C) hormigón asfáltico roto

sólo la longitud de la fibra del material en el momento del corte se mide en centímetros y se denomina ductilidad de la muestra. (p. 24).

### **Punto de Ablandamiento**

El lugar de reblandecimiento es la suficiencia de un aglutinante bituminoso de modificar de una condición a otra a un cierto grado de calor. Esta temperatura no posee un patrón y no es la misma para todos los adhesivos.

### **2.2.11. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO**

La relación próxima entre los elementos fundamentales, dependiendo del inicio del petróleo del que se origina el asfalto.

**Tabla 1**

*Composición química del asfalto con porcentaje*

<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Carbono	(082 a 087%).
Hidrogeno	0(9 a 011%).
Nitrógeno	(00,2 a 01.2%).
Azufre	(0,9 a 5,3%).
Oxigeno	(0.2 a 0,8%).
Vanadio	(04 a 1400ppm).
Níquel	(00,4 a110ppm).

*Fuente:* (Garzón, 2004)

### **2.2.12. LOS POLÍMEROS**

Los polímeros constituyen compuestos por la unión de numerosas moléculas individuales conocidas como monómeros, que pueden sumar cientos o incluso miles. La amplia gama de materiales poliméricos dificulta su categorización y organización sistemática

### **2.2.13. POLÍMERO SBS**

Las principales ventajas de la transformación del material asfáltico:

- Reducen a la dureza en bajos grados, evitando la fisuración causada por cambios de temperatura. Aumentar la fortaleza a extenuación de combinaciones
- Acrecentar la solidez a mayores temperaturas de funcionamiento al aumentar la fortaleza de la mezcla a la distorsión definitiva permanente.
- Cumplimiento térmico y rango de temperatura de funcionamiento reducidos.
- Reducen el endurecimiento durante la operación, aseguran una vida útil más larga de la mezcla y, al mismo tiempo, mantienen sus propiedades originales.
- La glutinosidad aumenta a rapidez de cizalladora de cizallamiento bajas, el cual da como resultado una mejor formación de película en los agregados mixtos abiertos y una reducción de la formación de escamas durante los tratamientos superficiales.

#### **2.2.14. MODELO DE COMBINACIÓN DE MATERIAL ASFALTICO: MÉTODO MARSHALL**

El método marshall para mezcla asfáltico en caliente para pavimentación, Se aplica en agregados con un tamaño nominal máximo de 25 mm (1 pulgada) o menos. El método de compactación utiliza piezas de prueba con un diámetro de 64 mm (2 ½ pulgadas). y 102 mm (4 pulgadas) de diámetro. La preparación incluye mezclar, calentar y espesar estos ligantes asfálticos se clasifican según su viscosidad y permeabilidad. Este método se puede utilizar tanto en el diseño como en el control de laboratorios.

#### **2.2.15. MÓDULO RESILIENTE**

Uno de los indicadores de diseño de mayor importancia de un proyecto. Hay un módulo de elasticidad en el corredor, es muy importante, si es necesario, prestar atención a las propiedades que presenta la combinación del elemento asfáltico compactada durante la construcción.

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **Monómero**

Es una pequeña molécula que puede convertirse en parte de un polímero en el proceso coincidente. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 4).

### **Polimerización**

El proceso por el cual las moléculas pequeñas de uno o más tipos se unen monómeros para formar polímeros. El término polímero significa "muchos". partes" y puede haber sido propuesto por Berzelius en 1830. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 4).

### **Moléculas de polímero o macromoléculas (IUPAC)**

Las macromoléculas son moléculas de masa molecular relativamente grande, consiste en repeticiones repetidas de unidades derivadas (realmente o solo conceptualmente) moléculas de peso molecular relativamente bajo. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 4).

### **Durabilidad**

Soportar las secuelas de la Resistir a cielo descubierto, el paso químico, el desgaste o entesar de otra sucesión de servicio de la construcción ya que carcome al concreto. (Porrás, 2017, p. 65).

### **Termoplásticos**

Los termoplásticos son componentes duros a grados ambiente, aunque se vuelven deformación o flexibilidad a temperaturas más altas se derriten cuando se calientan. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 7).

### **Elastómeros**

El elastómero es un material blando (goma) y se comporta bien en flexible, Tienen cadenas flexibles y masas molares bajas "infinitas" adelante. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 8).

## **Termoestables, termoendurecibles o termorrígidos**

Material termoestable o termoestable reticulado directamente tipo de producto elaborado. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 8).

### **Fibras**

Las fibras generalmente están hechas de materiales anisotrópicos. Procesamiento de materiales termoplásticos semicristalinos. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 17).

### **Termorrígidos**

Los termorrígidos poseen masa molar infinita, son infusibles e insolubles. (Meira y Gugliotta, 2019, p. 18).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente mejorara significativamente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La evaluación de las propiedades volumétricas de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente mejorara significativamente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.
- La evaluación del porcentaje más óptimo del polímero SBS influye significativamente en la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente en el departamento de Huánuco-2023.
- El módulo de resiliente influye significativamente en la mezcla asfáltica modificada con polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Polímero de tipo S.B.S.

### **2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Firmeza de una combinación de material asfáltico candente.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalización de variables

<i>VARIABLE</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>INSTRUMENTOS</i>
<b>Variable dependiente:</b> Estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente.	-Análisis de las propiedades mecánicas del suelo.	-Estudio de tamaño de partículas. -Características de densidad y capacidad de absorción de los agregados.	-Formatos de laboratorio. -Laptop para procesar datos en Excel,
	-Igualar las respuestas de firmeza de modo comparativo.  Metodología Marshall	- Resistencia de la combinación asfáltica mejorada con SBS.  - Resistencia de la combinación - Evaluar la fortaleza de la combinación de material asfáltico común mediante la utilización de la prensa Marshall. -modelo de combinación asfáltico alterado con SBS	-Formatos de laboratorio. -Laptop para procesar datos en Excel,

---

**Variable independiente:**

Polímero con SBS.

Porcentaje de polímero SBS

-Análisis Granulométrico.  
- Características de densidad y capacidad de absorción de los agregados.

-Formatos del área de experimentación  
-laptop usado de procesador de información en Excel.

---

## CAPITULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

##### 3.1.1. ENFOQUE

El método cuantitativo emplea la recopilación de información para verificar el supuesto, fundamentándose en la medición de cantidades y el estudio estadístico, con el propósito de identificar tendencias de conducta y corroborar teorías.

##### 3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se realiza una investigación de nivel explicativo con el objetivo de analizar y estudiar los resultados de estabilidad. Asimismo, se aplicará el método Marshall para determinar la estabilidad de la mezcla asfáltica. Los datos se obtendrán mediante ensayos de laboratorio realizados con la asistencia de un técnico especializado, con el fin de asegurar la obtención de un material de alta Condición.

##### 3.1.3. DISEÑO

En el diseño es de tipo experimental, buscaremos adicionar un polímero SBS en el asfalto en caliente, así para llegar a observar su disminución o aumento a través de ensayos experimentales controlados.

#### **Formula por el método del instituto de asfalto (USA)**

$$P = 0.035 (a) + 0.045(b) + kc + F$$

En el cual:

- P es igual al % de asfalto en relación al peso total de la mezcla
- A es igual al % de agregado que no pasa a través del tamiz N° 10.
- B es igual al % de agregado que atraviesa el tamiz N° 10 pero queda retenido en el tamiz N° 200.

- C es igual al % de agregado que tiene una granulometría más fina que el tamiz N° 200.
- C es igual al % de agregado que tiene una granulometría más fina que el tamiz N° 200.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.2.1. POBLACIÓN

Los modelos de combinación de material asfáltico candente que incorporan el cemento asfáltico las cuales incluyen la población, agregado y polímero SBS adquirido en la Cantera de yanag y empresa de asfalto de Huánuco.

#### 3.2.2. MUESTRA

La población objeto de indagación se compone por 30 briquetas de forma cilíndrica, de las cuales 15 serán para el grupo experimental de asfalto convencional y los otros 15 con asfalto modificado con polímero SBS. Ambas grupo de muestras serán llevadas a laboratorio para los posteriores ensayos.

Es por lo que la presente investigación responde a un muestreo Enfoque no probabilístico, específicamente intencional o dirigido, donde “la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Hernández Sampieri, et al. 2010).

Lo evaluaremos según lo que se programe:

**Tabla 3**

*Descripción de cantidad de especímenes que se realizó por cada porcentaje de asfalto*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>% ASFALTO</b>	<b>CANTIDAD DE BRIQUETAS</b>
Briquetas con Mezcla convencional	Estabilidad	3.95	4

Briquetas con Mezcla convencional	Estabilidad	4.40	4
Briquetas con Mezcla convencional	Estabilidad	4.95	4
Briquetas con Mezcla convencional	Estabilidad	5.20	4
Briquetas con Mezcla convencional	Estabilidad	5.95	4
<b>TOTAL</b>			<b>20</b>

Para el cálculo tentativo del porcentaje de cemento asfáltico se ha utilizado la siguiente fórmula del método del instituto de asfalto (USA), el cual está directamente relacionado con la granulometría del agregado.

$$P = 0.035(a) + 0.045(b) + kc + F$$

Dónde:

P = Porcentaje de cemento asfáltico respecto al peso de la mezcla.  
a = Porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 10.

b = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 10 y se retiene en el tamiz N° 200.

c = Porcentaje de agregado que pasa sobre N° 200. k = Toma los siguientes valores:

0.20 = Cuando el porcentaje de agregado que pasa el tamiz N° 200 varia del 11% al 15%

0.18 = Cuando el porcentaje del agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 es varia del 06% al 10%

0.15 = Cuando el porcentaje de agregado que pasa por el tamiz N° 200 es menos del 0.5%

F = Varia de 0 a 2, dependiendo del grado de absorción de los pétreos

De acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del M.T.C E-504, Resistencia de Mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall, nos

dice que, para mezcla asfáltica, se deberá realizar el promedio de un mínimo de 03 especímenes por cada incremento de cemento asfáltico que va a variar de 0.5%.

**Tabla 4**

*Descripción de cantidad de especímenes que se realizó por cada porcentaje de aditivo SBS*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>% SBS</b>	<b>CANTIDAD DE BRIQUETAS</b>
Briquetas con Mezcla modificada.	Estabilidad	4.27%	4
Briquetas con Mezcla modificada.	Estabilidad	4.77 %	4
Briquetas con Mezcla modificada.	Estabilidad	5.87%	4
Briquetas con Mezcla modificada.	Estabilidad	5.77%	4
Briquetas con mescals modificada.	Estabilidad	6.27 %	4
TOTAL			20

Para la determinación de porcentajes de SBS que se utilizó, se tomó como referencia el porcentaje óptimo de cemento asfáltico encontrado, se incrementó y disminuyó 0.5% el cual se detallará en la parte de resultados.

El tipo Muestreo de la investigación fue aleatorio simple porque cada Briqueta diseñada tuvo la posibilidad de ser seleccionada de manera independiente.

### **Criterios de selección**

#### **Inclusión**

Se consideró esencial que los materiales utilizados en la preparación de la mezcla asfáltica en caliente cumplieran con los estándares establecidos por las normativas del "Ministerio de Transportes y Comunicaciones" (MTC) y los criterios definidos para

pavimentos urbanos (CE-010). Estos criterios incluyeron la adquisición de agregados gruesos y finos de la cantera "Yanag", así como cemento asfáltico de grado PEN-60/70, tal como lo especifica la normativa para pavimentos urbanos adaptada para climas cálidos ( $\geq 24^{\circ}\text{C}$ ), siendo adquirido de la ciudad de Huánuco. Además, cada prueba realizada tanto en los materiales pétreos como en el ensayo Marshall se llevó a cabo en la ciudad de Huánuco.

El polímero elastómero conocido como estireno-butadieno-estireno (SBS) fue obtenido de la cantera Yanag, cuyas coordenadas son E: 363962.10 N: 8894731.00, localizada en la ciudad de Huánuco. Este aditivo se utiliza para modificar el cemento asfáltico y se describe en la ficha técnica del Betutec Tipo IC Asfalto Modificado con Polímero. Sus principales ventajas incluyen el aumento de flexibilidad y elasticidad a bajas temperaturas, mejor adhesión con los agregados, prolongación de la vida útil de los pavimentos, resistencia al envejecimiento y prevención de la formación de ahuellamientos (Ver anexo 4).

### **Exclusión**

No se emplearon materiales que no cumplieran con las especificaciones técnicas establecidas por la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

## **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1. TÉCNICA**

El método que utilizamos es la observación experimental en el laboratorio porque se realizara diversos estudios sobre agregados gruesos y finos, luego utilizado en la construcción de hormigón asfáltico en caliente, tanto convencional como con la adición de SBS. Después de recopilar datos como establecidos para cada prueba, los procesamos en Excel se realizará gráficos y tablas para interpretar los resultados.

**Tabla 5***Descripción de técnicas*

<b>ENSAYO</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>VALIDEZ Y CONFIABILIDAD</b>
Análisis Granulométrico de los agregados gruesos y finos	Observación	M.T.C E-204 (DG- 2013)
Gravedad Especifica y absorción de A.F	Observación	M.T.C E-204 (DG- 2013)
Peso Específico y Absorción A.G	Observación	M.T.C E-204 (DG- 2013)
Estabilidad Marshall	Observación	M.T.C E-204 (DG- 2013)

### **3.3.2. INSTRUMENTO**

Los instrumentos que se utilizó fueron laptop para procesar datos, Excel, calculadora, lapiceros. Equipos de Ensayos y otras técnicas que utilizaremos en los instrumentos mencionaremos.

## **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **3.4.1. RECOLECTAR DATOS**

La presente investigación que se utilizará la técnica de observación, Datos recopilados durante el diseño de briquetas mixtas asfalto caliente convencional y SBS mejorado después de la prueba en la prensa de Marshall, compilado en Microsoft Excel en forma tabular y gráfica para encontrar el número de vacíos en la mezcla de asfalto, luego está la estabilidad y el costo adicional.

Formato para hallar la gradación de agregados pétreos.

**Tabla 6***Parámetros de mezclas densas*

<b>TIPO DE MEZCLAS</b>	<b>MEZCLA DENSA MAC</b>
Agregado grueso (%)	40 - 60
Agregado Fino (%)	40 – 60
Filler (%)	5 - 10
Ligante Asfáltico (%)	5
Fibras (%)	-
Tipo de ligante	-
Vacíos (%)	3-5
Macrotextura (Hs)	0,3-0,7

**Tabla 7***Requerimientos según norma del M.T.C para los agregados gruesos*

<b>ENSAYOS</b>	<b>NORMA</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	
		<b>ALTITUD (M.S.N.M.)</b>	
		<b>≤ 3000</b>	<b>&gt; 3000</b>
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	M.T.C E 209	18 máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	M.T.C E 207	40% máx.	35% máx
Adherencia	M.T.C E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	M.T.C E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx
Caras fracturadas	M.T.C E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	M.T.C E 219	0.5% máx.	0.5% máx
Absorción (*)	M.T.C E 206	1.0% máx	1,0 máx

*Fuente: (Especificaciones técnicas RD-03-2013-MTC-13)*

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. INTERPRETACIÓN DE LA MECÁNICA DE SUELO

##### 4.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE AGREGADOS PÉTREOS FINOS Y GRUESOS

En las caracterizaciones de los agregados finos y gruesos determinan en el manual de la especificación técnica RD\_03\_2013\_M.T.C\_14 de la sección 423. A la vez en las producciones de las mezclas asfálticas en los agregados pétreos debe ser gradados en los siguientes:

**Tabla 8**

*Agregados pétreos y su gradación*

<b>TAMIZ</b>	<b>% QUE INGRESA</b>		
	<b>MAC - 1</b>	<b>MAC - 2</b>	<b>MAC - 3</b>
025,0mm (1")	100		
019,0mm (3/4")	80 - 100	100	
012,5mm (1/2")	67 - 85	80 - 100	
09,5mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
04,75mm (Nº, 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
02,00mm (Nº, 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
0425,0µm (Nº,40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
0180,0µm (Nº,80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
075,0µm (Nº,200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

*Fuente:* (Especificaciones técnicas RD-03-2013-MTC-13)

De la norma visto de una de las tablas 423\_01 se aceptan el porcentaje mayor siempre en cuando la propiedad de durabilidad es

asegurada las mezclas asfálticas. Cuyos resultados se obtuvo en los ensayos realizados tanto en pesos específicos y absorciones de agregados gruesos en 2.29% esto superando de acuerdo a lo indicado de la norma que son mayores a 1.0% como máximo.

Todo concerniente a lo mencionado se constatará cuando procedemos a realizar modelos de combinaciones de material de asfaltado y del mismo modo se evaluarán una principal propiedad, para la cual las estabilidades tendrían las capacidades de estabilizar el desplazamiento y deformación cuando interactúan los tránsitos vehiculares.

#### 4.1.2. ABSORCIONES DE LOS AGREGADOS FINOS Y PESOS ESPECÍFICOS, CON LA NORMA M.T.C E-205

**Figura 3**

*Requerimiento por la normativa del M.T.C para los agregados con dimensiones finas*

<b>DIFERENTES MUESTRAS</b>	<b>NORMAS PERUANAS</b>	<b>REQUISITOS</b>	
		<b>ALTURA /(M.S.N.M.)</b>	
		<b>&lt;3000,00</b>	<b>&gt; 3000,00</b>
Arenas equivalentes	M.T.C_E_114	60,0	70,0
Angulosidad de agregados finos	M.T.C_E_222	30,0	40,0
Índices de Plasticidades (mallas N°_40)	M.T.C_E_111	N.P.	N.P.
Índices de Durabilidades (MsSO4)	M.T.C_E_214	-	18%Máx
Durabilidades	M.T.C_E_214	35mín	36mín
Índices en Plasticidades (malla N°_200)	M.T.C_E_111	Máx4	N.P.
Total, de Sal Soluble	M.T.C_E_219	0.5%máx	0.5%máx
Absorciones	M.T.C_E_205	0.5%máx	0.5%máx

*Fuente: (Especificaciones técnicas RD-03-2013-MTC-13)*

**Tabla 9**

*Resultado que se obtuvo en los pesos específicos, también absorciones en los agregados finos ubicados en la cantera Yanag*

<b>ABSORCIONES DE A° F° Y PESOS ESPECÍFICOS</b>	<b>ENSAYOS_1</b>	<b>ENSAYOS_2</b>
A: Muestras secas y pesos en el aire en gramos.	483,50	485,45
B: Muestras saturadas con superficies secas y pesos en el aire saturada gramos,	670,90	637,00
C: Muestras saturadas y pesos sumergidos el agua en gramos.	975,00	945,00
S: Muestras saturadas con peso de superficies secas en gramos.	501,00	501,00
Pem_Pesos específicos de las masas	2,51	2,51
PeSSS_Pesos específicos de las masas saturadas en superficies secas.	2,57	2,57
Pea_Pesos específicos aparentes	2,71	2,71
Absorciones (%)	3,21	3,21
Pem_Pesos específicos de las masas prom.		2,52
PeSSS_Pesos específicos de las masas saturadas en superficies secas prom.		2,56
Pea_Pesos específicos aparentes prom.		2,72
Absorciones (%) prom.		3,21

De la norma visto de una de las tablas 423\_01 se aceptan el porcentaje mayor siempre en cuando la propiedad de durabilidad es asegurada las mezclas asfálticas. Cuyos resultados se obtuvo en los ensayos realizados tanto en pesos específicos y absorciones de agregados gruesos en 3,21% esto superando de acuerdo a lo indicado de la norma que son mayores a 0,5% como máximo.

Todo concerniente a lo mencionado se constatará cuando procedemos a realizar las modelos de combinaciones de material de asfalto y a la vez se evaluarán una principal propiedad, para la cual las estabilidades tendrían las capacidades de estabilizar el desplazamiento y deformación cuando interactúan los tránsitos vehiculares.

## 4.2. MÉTODOS MARSHALLS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS SEA MODIFICADA SBS A CONVENCIONAL

### 4.2.1. ESPECIFICACIÓN DEL ASFALTO EN CALIENTE PARA PODER DISEÑAR

Especificación técnica y grados en el asfalto que se dará uso para diseñar las mezclas asfálticas sea modificados y convencionales.

**Tabla 10**

*Recomendaciones de los grados de asfalto en condición de temperatura variable*

<b>VARIACIÓN DE CONDICIONES DE T°</b>	<b>ASFALTOS Y SUS GRADOS.</b>
T° fría anual promedio vientos $\leq 7^{\circ}\text{C}$	P.E.N_120/150 hasta 85/100
T° media anual en un rango templado varía entre $7^{\circ}\text{C}$ y $25^{\circ}\text{C}$ .	P.E.N_85/100 hasta 60/70
T° anual promedio del aire en un entorno cálido es igual o superior a $24^{\circ}\text{C}$ .	P.E.N_60/70 hasta 40/50

Fuente: (RNE de la normativa CE\_010)

**Tabla 11**

*Seleccionar la variedad del cemento asfálticos*

<b>T°. ANUAL PROMEDIO.</b>			
24°C o superior	24°C a 15°C	15° C a 5°C	Inferior a 5°C
40 - 50 y/o 60 - 70, modificados	60-70	85 - 100 120 - 150	Modificación de asfaltos

Fuente: (Especificaciones técnicas RD-03-2013-MTC-13)

Tabla 11 y 12, En resumen, de cuadros los niveles de asfaltos especificaron la variedad de temperaturas y el clima de las diferentes regiones del Perú. La indagación se desarrolla en el departamento de Huánuco, donde se conoce que su temperatura es variable de 15 a  $24^{\circ}\text{C}$  lo cual corresponde a los asfaltos de grado PEN 60 / 70.

**Tabla 12**

*Determinación del cemento de tipo asfalto organizado por introducción*

TIPOS		GRADO DE PENETRACIONES									
GRADES	ENSAYOS	PEN_40_50		PEN_60_70		PEN_85_100		PEN_120_150		PEN_200_300	
		INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP
Prueba de los materiales bitumen											
Penetración en 25°C-100g-5s-0,1mm	M.TC_E_030 4	40,00	50,00	60,00	70,00	85,00	100,00	120,00	150,00	200,00	300,00
Punto de inflamación-°C	M.T.C_E_312	232,00		232,00		232,00		218,00		177,00	
Ductilidad-25°C-5cm/min, cm	M.T.C_E_306	100,00		100,00		100,00		100,00		100,00	
Solubilidad en Trifloro-Etalon-%	M.T.C_E_302	99,00		99,00		99,00		99,00		99,00	
Índices de penetraciones (susceptibilidad térmica) (1)	M.T.C_E_304	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00
Ensayo de mancha (Ilienses) (2)											
Solvente Nafta-Estándar		(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega
Solvente Nafta-Xileno-%Xileno	ASHTO_M_2 0	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega
Solvente Heptano-Xileno-%Xileno		(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega

**Tabla 13***Especificaciones de los cementos asfálticos en su clasificación por la glutinosidad*

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>GRADES DE VISCOSIDADES</b>				
	<b>A.C_ 2.5</b>	<b>A.C_05,0</b>	<b>A,C_010.0</b>	<b>A,C_020.0</b>	<b>A,C_40.0</b>
Glutinosidad total a 60°C-Poisses	(0250 ± 50)	(0500 ± 0100)	(01000 ± 0200)	(2000 ± 0400)	(4000 ± 0800)
Glutinosidad cinematográfica, St poco a 135°C	080	0110	0150	0210	0300
Introducción 25°C, con 100 gramos durante 5 segundos como mínimo	0200	0120	070	040	020
Área de ignición COC, en grados Celsius mínimo	0163	0177	0219	0232	0232
Divisibilidad en tricloroetileno, mínimo en porcentaje de peso	0990	99	099	099	099
Ensayos sobre el restante de la prueba de película delgada					
Glutinosidad total , 60°C, Poises limite	01,250	02,500	05,000	10,000	20,000
Maleabilidad , 25°C, a una velocidad de 5 cm/min, como mínimo en centímetros	0100	0100	050	20	10
Prueba de huellas (Ilienses)					
Solvente estándar de Nafta	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega	(-)Nega

Se pide las colaboraciones de los cementos asfálticos en PEN 60/70 concerniente de empresa TDM ASFALTOS SAC. Lo cual ellos brindan las fichas técnicas, las cartas de viscosidades y los informes de los diferentes ensayos realizados. Así poder realizar la correlación de la especificación técnica tanto en las normas peruanas como el M.T.C.

**NORMA CE\_010 POR CANTIDADES DE GOLPES SEA EN  
“PAVIMENTO URBANO” PARA ESPECÍMEN DISEÑADO POR EL  
MÉTODO MARSHALL.**

**Tabla 14**

*Criterio principal en aplicar los métodos Marshall en los diseños de mezcla*

<b>CRITERIO PRINCIPAL EN APLICAR LOS MÉTODOS MARSHALL EN LOS DIMENSIONES DE MEZCLA.</b>	<b>VÍA LOCAL</b>	<b>VÍA COLECTORA/ART ESANAL</b>	<b>VÍA EXPRESS</b>
	<b>EAL&lt;104</b>	<b>≤104 EAL&lt;106</b>	<b>EAL≥106</b>
	<b>LIVIANOS TRÁNSITOS</b>	<b>MEDIANOS TRANSISTORS</b>	<b>PESADOS TRÁNSITOS</b>
# de golpe pore probetas de caras.	35,00	50,00	75,00
Estabilidades mínimas-Kilo newton	03,400	5,4400	8,1600
Circulación de 0.25mm (mínimo -máximo.)	08 _ 014	08 _ 016	08 _ 014
% en libres repletos con viento (mínimo-máximo.)	03 _ 05	03 _ 05	03 _ 05
Porcentajes de vacío en los agregados de mineral -VAM (mínimo-may.)	observar tabla n°32		
Porcentajes de vacío lleno de asfaltos-V.F.A (min-máx.)	070 – 080.	065 – 078.	065 – 075.

*Fuente: (Normas C.E\_010 del R.N.E.)*

En las investigaciones consideramos el principal método Marshall, lo cual se empleó para combinaciones de material de asfalto candente de tráfico pesados, en el que se llegaron a establecer el parámetro establecido dLa Tabla 15.

**Tabla 15***Criterio de modelo de combinación por la metodología Marshall*

<b>EL DISEÑO Y SUS PARÁMETROS</b>	<b>VARIEDADES DE MEZCLAS</b>		
	<b>A.</b>	<b>B.</b>	<b>C.</b>
Marshall, M.T.C_E_504			
1, Compactaciones, golpe por lado.	75,00	50,00	35,00
2, Estabilidades (minúsculas)	08,150 kN	5,440 kN	04,530 kN
3, Movimiento 0.01"/(0,25mm)	08-014	8-16	8-20
4, Porcentajes de los vacío ubicado en los agregados de minerales-(1)/(M.T.C_E_505)	03-05	3-05	3-05
5, libras en los asociados de minerales.	Observar tabla/(423.10)		
Sumergimiento y Comprensión /(M.T.C_E_518)			
01, fortalezas reducidas al mínimo mediante comprensión M.p.a.	2.10 75,0	2.10 75,0	1.40 75,0
02, Resistencias retenidas mínimo%.			
Proporción de polvo a asfalto dividida por dos	0,6-01 ,3	0.6-1.3	0.6-1.3
Relación-Estabilidad/flujo-(kg/cm)/(3)	1700,00-4000,00		
Resistencias conservado por las pruebas de fracciones indirectas/A.A.S.H.T.O_T_283	80Min.		

*Fuente: (Especificaciones técnicas RD-03-2013-MTC-13)***Tabla 16***Vacío min. De los agregados de minerales - VAM*

<b>TAMICES</b>	<b>MARSHALL</b>	<b>VAM-% TECNOLOGÍA DE DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (SUPERPAVE)</b>
2.36m.m-(N° 8)	21.0	-
4.75m.m-(N° 4)	18.0	-
9.50m.m-(3/8")	16.0	15.0
12.5m.m-(1/2")	15.0	14.0
19.0m.m-(3/4")	14.0	13.0
25.0m.m-(1")	13.0	12.0
37.5m.m-(1 1/2")	12.0	11.0
50.0m.m-(2")	11.5	10.5

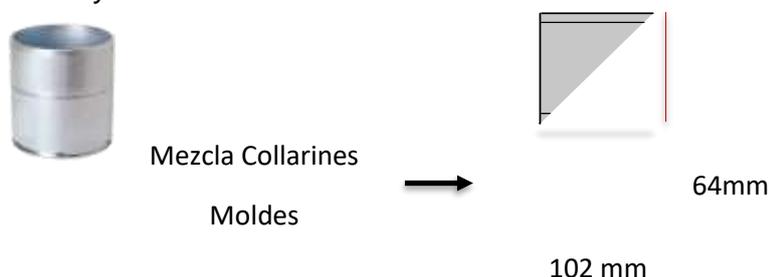
*Fuente: (Especificaciones técnicas RD-03-2013-MTC-13)*

#### 4.2.1. DISEÑAR LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS CALIENTE SEA CONVENCIONALES CON 5,80%, 5,30%, 4,80%, 4,30% Y 3,80% DE ACUERDO A LA NORMA M.T.C\_E\_504.

En los modelos de las combinaciones de material asfáltico de manera candente y convencional, siempre respetando los métodos Marshall; donde se usaron pruebas estándares de 64mm (3.5pulgadas) en altura y 102mm (4pulgadas) de diámetros.

**Figura 3**

*Collarín y Moldes Marshall en los diseños Mezcla Collarines*



De la dimensión de los moldes visto en La figura número 3 realiza el cálculo Capacidad del recipiente utilizado para dar forma a algo (V.m):

$$Vm = (0,104 \text{ m}^2 \times 0,068 \text{ m})$$

$$Vm = 0,007072 \text{ m}^3$$

Mezclas asfálticas y su grado de compactación-(W.C.):

$$Gc = 2250 \text{ kg/m}^3$$

Mezclas compactas-volumen (V.m.c):

$$Vmc = (Vm \times Gc)$$

$$Vmc = 1175, 1 \text{ gramos}$$

Calculando el % de los asfaltos mediante el estándar En referencia al cuadro 01, se hizo mención del Instituto del Asfalto ubicado en Estados Unidos.

$$P = 0,035a + 0,045b + Kc + F = 4, \%$$

$$a = 0,223$$

$$b = 0,0388$$

$$c = 0,042$$

$$K = 0,15$$

$$F=0,0321$$

Consideramos los resultados del ensayo el valor mayor numero 02, tato pesos específicos y absorciones de agregado pétreo.

Obtenido el % del teórico asfalto se realizó 02 incremento y 02 disminución al 0,5% de acuerdo al reglamento M.T.C\_E\_504.

Los cálculos detallados de los pesos del asfalto y agregados que son usados en las mezclas asfálticas en calientes son:

**La masa de la muestra es de 1175.91 gramos, equivalente al 100% del peso**

$$\% C.A=4,8\%; \quad 1175.71 \text{ gramos} \rightarrow 100\%$$

$$x \rightarrow 4.8\%$$

$$x = \frac{1175.71 \times 4.8\%}{100\%}$$

$$\therefore \text{el peso del (gramos)} = 56.430 \text{ gramos}$$

$$\text{Total, pesos de agregados} = 1175.71 - 56.430 = 1119.276 \text{ gramos}$$

**Tabla 17**

*Dimensiones de material asfáltico y adiciones de piedra, el cual se emplearán en el modelo de combinaciones de material asfáltico candente común*

%-CA	03.80%	04.30 %	04.80%	05.30 %	05.80%
<b>MASA- C.A(GR)</b>	044.663	050.5 67	056.430	063.3 33	068.217
<b>MASA - A.G(GR))</b>	01131,981	01126 ,118	1119,276	0111 4,351	01108,468

Las estabilidades y flujos se desarrollaron en los modelos de acuerdo la normativa M.T.C\_E\_504, lo cual por lo menos necesitamos extraer 03 espécimen en promedio por cada porcentaje de asfaltos que se usaron, por tal 05 porcentaje obtuvimos y se realizaron quince briquetas de los primeros ensayos.

**Tabla 18***Proporción agregado que se usaron en las mezclas asfálticas convencionales*

<b>CEMENTOS ASFÁLTICOS EN %</b>	<b>3,80%</b>		<b>4,30%</b>		<b>4,80%</b>		<b>5,30%</b>		<b>5,80%</b>	
Pesos de agregado fino y grueso (gramos)	1132,0	99,59%	1126,1	100,09%	1120,2	100,59%	1114,3	101,09%	1108,5	101,59%
Peso en agregado grueso (gramos)	573,2	50,43%	567,4	50,43%	561,6	50,43%	555,9	50,43%	550,3	50,43%
Peso en agregado fino (gramos)	515,6	45,36%	510,4	45,36%	505,2	45,36%	500,0	45,36%	494,9	45,36%
Peso de los cementos asfálticos (gramos)	44,7	3,80%	50,6	4,30%	56,4	4,80%	62,3	5,30%	68,2	5,80%
Pesos totales de las briquetas (gramos)	1133,5	99,59%	1128,3	100,09%	1123,2	100,59%	1118,3	101,09%	1113,4	101,59%

Obtenido la proporción del asfalto y agregado se realizó tres especímenes en cada porcentaje; teniendo así quince especímenes en los primeros ensayos. En adelante vamos detallar las elaboraciones de las briquetas con las combinaciones asfálticas comunes.

#### **4.2.2. PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETA CON LAS COMBINACIONES DE MATERIAL ASFÁLTICO CONVENCIONALES**

- **Paso 1:** Una vez determinada la dosificación del diseño, preparamos las proporciones de agregados correspondientes a cada porcentaje de asfalto, como se detalla en las tablas 18, y se preparan los materiales necesarios para cada espécimen.
- **Paso 2:** Se verifica que el recipiente esté tarado antes de pesar cada cantidad, asegurándonos de alcanzar el peso total deseado para la briketa.
- **Paso 3:** Los materiales pétreos se colocan en estufas para alcanzar una temperatura de 160 a 180°C, mientras que el asfalto PEN 60/70 se calienta en otro recipiente a una temperatura de 125 a 140°C.
- **Paso 4:** Una vez que los materiales están calentados, se agregan a un recipiente para mezclarlos hasta obtener una mezcla homogénea.
- **Paso 5:** Se asegura que el molde y el martillo estén limpios y posteriormente se calientan a una temperatura de 95 a 150°C.
- **Paso 6:** De acuerdo con la norma de pavimentos urbanos CE-010, se aplican 75 golpes en ambas caras de la briketa para vías expresas con tránsito pesado.
- **Paso 7:** Antes de agregar la mezcla al molde precalentado Marshall para su compactación, se garantiza que la temperatura de la mezcla asfáltica no sea inferior a 120°C.
- **Paso 8:** Con una espátula, se realiza un "chuceo" de la mezcla alrededor del molde Marshall, efectuando 15 golpes en los bordes y 5 en el centro para eliminar posibles vacíos.

- **Paso 9:** El molde se coloca en el pedestal de compactación y se inician los 75 golpes en ambas caras con ayuda del martillo.
- **Paso 10:** Una vez finalizada la compactación de las briquetas, se dejan enfriar a temperatura ambiente y se extraen utilizando el eyector de muestras de asfalto.
- **Paso 11:** Se registra el peso de cada una de las briquetas extraídas.
- **Paso 12:** Se repite el mismo procedimiento para las 15 briquetas realizadas y se dejan reposar a temperatura ambiente sobre una superficie nivelada y suave durante 24 horas.
- **Paso 13:** Para finalizar el procedimiento, se procede a medir las dimensiones de cada biqueta utilizando un calibrador vernier digital con el fin de lograr una precisión máxima. Se detallan cuatro medidas en distintos puntos de los diámetros y alturas de las briquetas para obtener un promedio exacto, conforme lo establece la Norma MTC E 505, sección 6.2, titulada "Porcentaje de Vacíos de Aire en Mezclas Asfálticas Compactadas Densas y Abiertas".
- **Etapas 14:** Después de que haya transcurrido un período de 24 horas desde la fabricación de las briquetas, se registran tres pesos distintos: el peso del aire, el peso saturado en superficie seca y el peso sumergido.
- **Etapas 15:** Luego de las 24 horas, se lleva a cabo el ensayo de estabilidad y flujo de las briquetas. Antes de este ensayo, las briquetas son sometidas a un baño maría durante 30 minutos a una temperatura de 60°C.

**Tabla 19**

*Dimensión promediada calibrada por digital vernier briqueta por variable asfaltados de porcentaje*

<b>ASFALTOS %</b>		<b>3,80%</b>	<b>4,30%</b>	<b>4,80%</b>	<b>5,30%</b>	<b>5,80%</b>
<b>ALTURAS (MM)</b>	B.1	64	62	61	62	61
	B.2	63	61	62	64	63
	B.3	63	61	63	60	61
<b>DIÁMETROS (MM)</b>	B.1	101	100	100	100	100
	B.2	101	100	100	100	100
	B.3	101	100	100	100	100

Muy similar los cálculos usados en las 15 briqueta (espécimen), por tal se detalla en los cuadros siguientes ya que se obtuvieron todos los porcentajes.

**Tabla 20**

*Las gravedades específicas y densidades reales en las mezclas compactas*

<b>01</b>	<b>GRAVEDAD ESPECIFICAS Y DENSIDADES REALES DE BULK EN LAS MEZCLAS COMPACTAS</b>					
	<b>%_C.A</b>	<b>(M.S)</b>	<b>(M.S.S.S)</b>	<b>(M.S.U.M)</b>	<b>(G(KG/M3)</b>	<b>(G.M.B)</b>
	03.8%	01197.2	01205.7	0678.8	02272.16	02.272
	04.3%	01211.5	01217.9	0689.0	02290.60	02.291
	04.8%	01209.0	012179	0689.2	02286.74	02.287
	05.3%	01213.0	01219.5	0694.3	02309.60	02.310
	05.8%	01220.0	01223.1	0697.0	02318.95	02.31

De los registros respecto a los ensayos de estabilidades y los flujos de la briqueta diseñados con las mezclas convencionales por Marshall; por ende, se decide realizar formatos de base de datos Excel cumpliendo los lineamientos de normativa M.T.C\_E 0504.

**Tabla 21**

*Formatos de base de datos Excel para ensayos de estabilidades de briqueta*

N°	ESPECIMEN N°	UNIDAD	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% DE CEMENTO ASFALTICO EN PESO DE LA MEZCLA																
2	% DE AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA																
3	% DE AGREGADO FINO 01 EN PESO DE LA MEZCLA																
4	% DE AGREGADO FINO 02 EN PESO DE LA MEZCLA																
5	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO- APARENTE																
6	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO- BULK																
7	PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO-BULK																
8	PESO ESPECIFICO FILLER-APARENTE																
8a	ALTURA DEL ESPECIMEN 01	(mm)															
8b	ALTURA DEL ESPECIMEN 02	(mm)															
8c	ALTURA DEL ESPECIMEN 03	(mm)															
8d	ALTURA DEL ESPECIMEN 04	(mm)															
8 Prom	ALTURA PROMEDIO (MTC 507-2000)	(mm)															
9	PESO DEL ESPECIMEN EN EL AIRE (GR)																
9a	PESO DEL ESPECIMEN SATURADO																

En lo siguiente presentaremos diferentes cuadros con los resultados que se obtuvieron y fueron interpretados de todos los porcentajes % de los asfaltos (5,80%; 5,30%; 4,30%; 4,80%; y 3,80%); por tal se evaluó las maneras adicionales de flujos y las estabilidades.

La briqueta convencional en 3,80%, 4,30%, 4,80%, 5,30% y 5,80% son elaborados con las estabilidades de Marshall para el asfalto.

**Tabla 22**

*Resultados de los especímenes para los diseños convencionales de las combinaciones de material asfaltico utilizando Marshall de 3.80% en los cementos asfalticos*

N.º	ESPECIMENES N.º	01	02	03
01.	Pesos de las mezclas de los cementos asfalticos %		3,80	
02.	Pesos de las mezclas de los agregados gruesos %		50,430	
03.	Pesos de las mezclas de los agregados finos1en %		45,360	
04.	Pesos de las mezclas de los agregados finos2 en %		----	
05.	Cementos asfalticos y sus pesos especificos /		1,016	

	aparentes.			
06.	Agregados gruesos y sus pesos específicos / bulks.		2,640	
07.	Agregados finos y sus pesos específicos / bulks.		2,580	
08.a.	Especímenes y sus alturas.	63,0	64,0	64,0
08Pro	Promedios de alturas		63,7	
	m según_(M.T.C_507/2000).			
09.	Especímenes del aire y sus pesos en gramos.	1197,20	1204,80	1208,50
09.a.	Especímenes superficialmente saturados secas del aire y sus pesos en gramos.	1205,70	1216,40	1213,30
09.b.	Absorción de agua H2O.	8,50	11,60	4,80
010.	Especímenes superficialmente saturados secas del agua y sus pesos en gramos.	678,80	683,20	685,10
011.	Desplazamientos de especímenes y sus volúmenes	518,40	521,60	523,40
012.	Especímenes de bulk y sus pesos específicos según (M.T.C/E/514/2000).	2,31	2,31	2,31
013.	Máximos pesos específicos ASTM/D/2041.		2,44	
014.	El vacío de porcentaje.	5,35	5,34	5,37
015.	Agregados totales por bulk y sus respectivos pesos específicos.		2,64	
016.	VMA.	16,21	16,19	16,22
017.	CA aplica para llenar el porcentaje. (M.T.C/E/505/2000)	66,97	67,05	66,89
018.	Agregados totales con sus respectivos pesos específicos.		2,67	
019.	Agregados totales de los asfaltos absorbidos. (M.T.C/E/511/2000)		0,49	
020.	Asfaltos efectivos en porcentajes.		3,33	
021.	Flujos/cm	2,83	2,92	2,59
022.	Dial y sus lecturas.	287,50	298,90	296,80
	Estabilidad sin corregir (Kg)	922,13	958,24	951,59
023.	Factores de Estabilidades	1,00	1,00	0,96
024.	Estabilidades que son corregidos: (22x23) (Kg)	922,13	958,24	913,53
025.	Estabilidades y su relaciones a los flujos ((10x24)/21)-kg/cm	3255,99	3277,67	3526,04
	Flujos Prom.		2,78	
	Porcentaje de vacío prom.		5,35	
	Estabilidades-KN	9,05	9,40	8,96
	Estabilidades en Promedios Corregidas-KN		9,14	
	V.M.A.		16,21	

**Tabla 23**

*Resultados de los especímenes para los diseños convencionales de las mezclas asfálticas con Marshall de 4.30% en los cementos asfálticos*

<b>N. °</b>	<b>ESPECIMENES N. °</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>
01.	Pesos de las mezclas de los cementos de tipo asfálticos %		04,30	
02.	Pesos de las combinaciones de los agregados gruesos %		50,430	
03.	Pesos de las mezclas de los agregados finos1 en %		45,360	
04.	Pesos de las mezclas de los agregados finos2 en %			
05.	Cementos asfálticos y sus pesos específicos / aparentes.		1,016	
06.	Agregados gruesos y sus pesos específicos / bulks.		2,640	
07.	Agregados finos y sus pesos específicos / bulks.		2,580	
08.	Fillers Aparentes y sus pesos específicos		-	
08.a.	Especímenes y sus alturas.	61,0	62,0	60,0
08Prom	Promedios de alturas según_(M.T.C_507/2000).		61,0	
09.	Especímenes del aire y sus pesos en gramos.	1211,50	1212,30	1212,40
09.a.	Especímenes superficialmente saturados secas del aire y sus pesos en gramos.	1217,90	1221,30	1215,90
09.b.	Absorción de agua H2O.	6,40	9,00	3,50
010.	Especímenes superficialmente saturados secas del agua y sus pesos en gramos.	689,00	689,30	690,30
011.	Desplazamientos de especímenes y sus volúmenes	522,50	523,00	522,10
012.	Especímenes de bulk y sus pesos específicos según (M.T.C/E/514/2000).	2,32	2,32	2,32
013.	Máximos pesos específicos ASTM/D/2041.		2,44	
014.	El vacío de porcentaje.	4,78	4,81	4,63
015.	Agregados totales por bulk y sus respectivos pesos específicos.		2,64	
016.	VMA.	15,87	15,89	15,74
017.	CA aplica para llenar el porcentaje. (M.T.C/E/505/2000)	69,89	69,76	70,56
018.	Agregados totales con sus respectivos pesos específicos.		2,72	
019.	Agregados totales de los asfaltos absorbidos. (M.T.C/E/511/2000)		1,09	
020.	Asfaltos efectivos en porcentajes.		3,25	
021.	Flujos/cm	2,88	2,85	3,04
022.	Dial y sus lecturas.	326,30	332,40	328,30
	Estabilidad sin corregir (Kg)	1044,93	1064,21	1051,25

023.	Factores de Estabilidades	1,00	0,96	1,00
024.	Estabilidades que son corregidos: (22x23) (Kg)	1044,93	1021,64	1051,25
025.	Estabilidades y su relaciones a los flujos ((10x24)/21)- kg/cm	03627.77	03581.65	03454.74
	Desplazamiento promedio		02.93	
	Porcentaje de vacío prom.		04.74	
	Estabilidades-KN	10,25	10,02	10,31
	Estabilidades en Promedios Corregidas-KN		10,20	
	V.M.A.		15,84	

**Tabla 24**

*Resultados de los especímenes para los diseños convencionales de las mezclas asfálticas con Marshall de 4.80% en los cementos asfálticos*

<b>N.º</b>	<b>ESPECIMENES N.º</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>
01.	Pesos de las mezclas de los cementos asfálticos %		4,80	
02.	Pesos de las mezclas de los agregados gruesos %		50,430	
03.	Pesos de las mezclas de los agregados finos1 en %		45,360	
04.	Pesos de las mezclas de los agregados finos2 en %		-	
05.	Cementos asfálticos y sus pesos específicos / aparentes.		1,016	
06.	Agregados gruesos y sus pesos específicos / bulks.		2,640	
07.	Agregados finos y sus pesos específicos / bulks.		2,580	
08.a.	Especímenes y sus alturas.	62,0	63,0	62,0
08Prom.	Promedios de alturas según_(M.T.C_507/2000).		62,3	
09.	Especímenes del aire y sus pesos en gramos.	1209,00	1205,60	1210,00
09.a.	Especímenes superficialmente saturados secas del aire y sus pesos en gramos.	1217,90	1212,90	1219,00
09.b.	Absorción de agua H2O.	8,90	7,30	9,00
010.	Especímenes superficialmente saturados secas del agua y sus pesos en gramos.	689,20	687,00	689,00
011.	Desplazamientos de especímenes y sus volúmenes	519,80	518,60	521,00
012.	Especímenes de bulk y sus pesos específicos según (M.T.C/E/514/2000).	2,33	2,32	2,32
013.	Máximos pesos específicos ASTM/D/2041.		2,43	
014.	El vacío de porcentaje.	4,36	4,41	4,50
015.	Agregados totales por bulk y sus respectivos pesos específicos.		2,64	
016.	VMA.	15,61	15,65	15,73

017.	CA aplica para llenar el porcentaje. (M.T.C/E/505/2000)	72,05	71,81	71,37
018.	Agregados totales con sus respectivos pesos específicos.		2,76	
019.	Agregados totales de los asfaltos absorbidos. (M.T.C/E/511/2000)		1,73	
020.	Asfaltos efectivos en porcentajes.		3,15	
021.	Flujos/cm	3,16	3,37	3,46
022.	Dial y sus lecturas.	334,30	338,60	339,50
	Estabilidad sin corregir (Kg)	1070,21	1083,79	1086,64
023.	Factores de Estabilidades	1,00	1,00	1,00
024.	Estabilidades que son corregidos: (22x23) (Kg)	1070,21	1083,79	1086,64
025.	Estabilidades y su relaciones a los flujos ((10x24)/21)- kg/cm	03389.72	03215.45	03141.04
	Desplazamiento promedio.		03,33	
	Porcentaje de vacío prom.		04,43	
	Estabilidades-Kilo newton	010.50	010.63	10.66
	Estabilidades en Promedios Corregidas-KN		10,60	
	V.M.A.		15,66	

**Tabla 25**

*Resultados de los especímenes para los modelos convencionales de las combinaciones de material asfáltico con Marshall de 5.30% en los cementos asfálticos*

<b>N.º</b>	<b>ESPÉCIMENES N.º</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>
01.	Pesos de las mezclas de los cementos asfálticos %		5,30	
02.	Pesos de las mezclas de los agregados gruesos %		50,430	
03.	Pesos de las mezclas de los agregados finos1 en %		45,360	
04.	Pesos de las mezclas de los agregados finos2 en %		-	
05.	Cementos asfálticos y sus pesos específicos / aparentes.		1,016	
06.	Agregados gruesos y sus pesos específicos / bulks.		2,640	
07.	Agregados finos y sus pesos específicos / bulks.		2,580	
08.	Fillers Aparentes y sus pesos específicos		-	
08.a.	Especímenes y sus alturas.	61,0	63,0	61,0
08Prom.	Promedios de alturas según_(M.T.C_507/2000).		61,7	
09.	Especímenes del aire y sus pesos en gramos.	1213,00	1213,50	1215,20
09.a.	Especímenes superficialmente saturados secas del aire y sus pesos en gramos.	1219,50	1218,70	1219,50

09.b.	Absorción de agua H2O.	6,50	5,20	4,30
010.	Especímenes superficialmente saturados secas del agua y sus pesos en gramos.	694,30	692,20	692,10
011.	Desplazamientos de especímenes y sus volúmenes	518,70	521,30	523,10
012.	Especímenes de bulk y sus pesos específicos según (M.T.C/E/514/2000).	2,34	2,33	2,32
013.	Máximos pesos específicos ASTM/D/2041.		2,42	
014.	El vacío de porcentaje.	3,49	3,93	4,12
015.	Agregados totales por bulk y sus respectivos pesos específicos.		2,64	
016.	VMA.	15,15	15,54	15,71
017.	CA aplica para llenar el porcentaje. (M.T.C/E/505/2000)	76,99	74,72	73,75
018.	Agregados totales con sus respectivos pesos específicos.		2,80	
019.	Agregados totales de los asfaltos absorbidos. (M.T.C/E/511/2000)		2,25	
020.	Asfaltos efectivos en porcentajes.		3,15	
021.	Flujos/cm	3,63	3,59	3,52
022.	Dial y sus lecturas.	337,50	337,40	339,60
	Firmeza sin corrección (K.g)	1080,32	1080,00	1086,95
023.	Factores de Estabilidades	1,00	1,00	0,96
024.	Estabilidades que son corregidos: (22x23) (Kg)	1080,32	1080,00	1043,47
025.	Estabilidades y su relaciones a los flujos ((10x24)/21)- kg/cm	2976,360	03009.19	02961.91
	Desplazamiento Promedio		03.58	
	% libre promedio		03.58	
	Estabilidades-KN	010.60	010.59	010.24
	Estabilidades en Promedios Corregidas-KN		10,48	
	V.M.A.		15,46	

**Tabla 26**

*Resultados en los especímenes en los modelos convencionales de combinaciones de material asfáltico con Marshall de 5,80% en los cementos asfáltico*

N°	ESPÉCIMENES N°	01	02	03
01,	Pesos de las mezclas de los cementos asfálticos %		5,80	
02.	Pesos de las mezclas de los agregados gruesos %		50,430	
03.	Pesos de las mezclas de los agregados finos1 en %		45,360	
04.	Pesos de las mezclas de los agregados finos2 en %		-	
05.	Cementos asfálticos y sus pesos específicos /		1,016	

	aparentes.			
06.	Agregados gruesos y sus pesos específicos / bulks.		2,640	
07.	Agregados finos y sus pesos específicos / bulks.		2,580	
08.	Fillers Aparentes y sus pesos específicos		-	
08.a.	Especímenes y sus alturas.	62,0	62,0	63,0
08Prom.	Promedios de alturas según_(M.T.C_507/2000).		62,3	
09.	Especímenes del aire y sus pesos en gramos.	1220,00	1219,20	1221,40
09.a.	Especímenes superficialmente saturados secas del aire y sus pesos en gramos.	1223,10	1222,50	1224,20
09.b.	Absorción de agua H2O.	3,10	3,30	2,80
010.	Especímenes superficialmente saturados secas del agua y sus pesos en gramos.	697,00	698,30	699,20
011.	Desplazamientos de especímenes y sus volúmenes	523,00	520,90	522,20
012.	Especímenes de bulk y sus pesos específicos según (M.T.C/E/514/2000).	2,33	2,34	2,34
013.	Máximos pesos específicos ASTM/D/2041.		2,42	
014.	El vacío de porcentaje.	3,65	3,32	3,39
015.	Agregados totales por bulk y sus respectivos pesos específicos.		2,64	
016.	VMA.	15,36	15,07	15,13
017.	CA aplica para llenar el porcentaje. (M.T.C/E/505/2000)	76,25	77,96	77,61
018.	Agregados totales con sus respectivos pesos específicos.		2,85	
019,	Agregados totales de los asfaltos absorbidos. (M.T.C/E/511/2000)		2,88	
020.	Asfaltos efectivos en porcentajes.		3,04	
021.	Flujos/cm	3,92	3,87	3,98
022.	Dial y sus lecturas.	327,30	318,70	313,70
	Estabilidad sin corregir (Kg)	1048,09	1020,90	1005,08
023.	Factores de Estabilidades	0,96	1,00	1,00
024.	Estabilidades que son corregidos: (22x23) (Kg)	1006,17	1020,90	1005,08
025.	Estabilidades y su relaciones a los flujos ((10x24)/21)- kg/cm	2567,26	2637,33	2525,22
	Flujos Prom.		3,92	
	Porcentaje de vacío prom.		3,45	
	Estabilidades-KN	9,87	10,02	9,86
	Estabilidades en Promedios Corregidas-KN		9,92	
	V.M.A.		15,19	

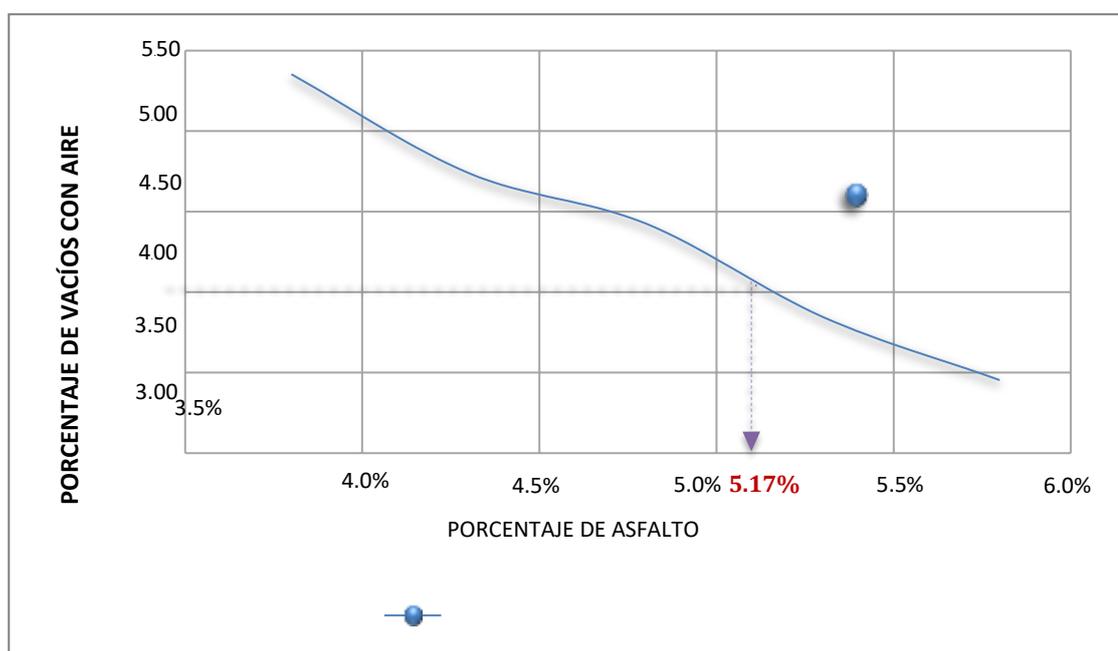
**Tabla 27**

*Porcentaje asfalto vs. de aire en el vacío*

<b>PORCENTAJES DE ASFALTOS</b>	3,80	4,30	4,80	5,30	5,80
<b>PORCENTAJES AIRE-VACÍO</b>	5,35	4,74	4,43	3,85	3,45

**Figura 4**

*Porcentaje de asfalto vs Porcentajes Aire-vacío*



### Interpretaciones

Interpretando el 423 sección por el M.T.C-EG/13, obtenemos los resultados variables de porcentajes aire-vacío de 3.5 a 5 por ende cogimos el valor de 4.0 que es promedio que fue encontrado para los óptimos porcentajes de asfaltos que se determinó en 5,17% llegando a concluir a usar para el diseño de SBS.

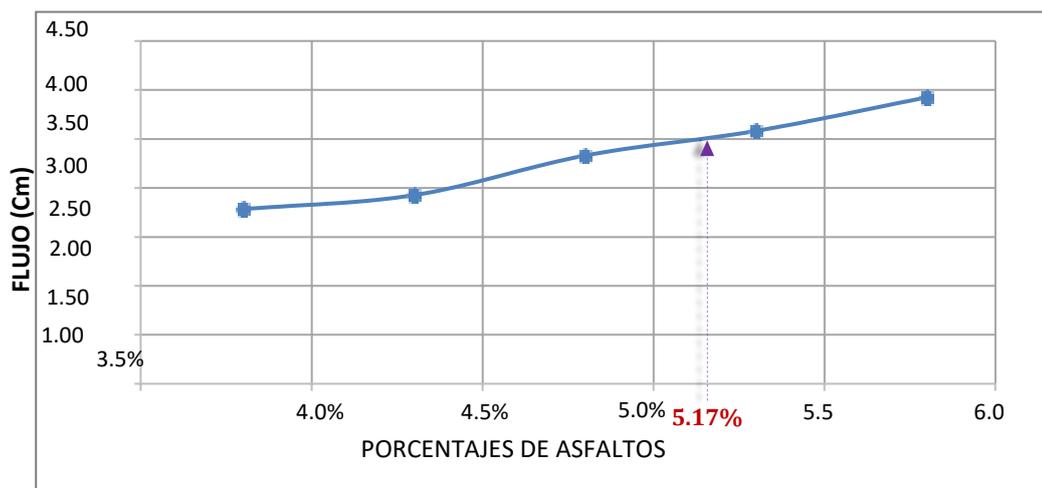
**Tabla 28**

*Porcentaje de asfaltos vs. flujos*

<b>PORCENTAJES DE ASFALTOS</b>	3,80	4,30	4,80	5,30	5,80
<b>FLUJOS</b>	2,78	2,93	3,33	3,58	3,92

**Figura 5**

*Porcentaje de asfaltos vs. Estabilidades*



### Interpretaciones

Interpretando el 423 sección por el M.T.C-EG/13, obtenemos los resultados variables de estabilidades en donde como mínimo el resultado es de 8,15KN que fue encontrado para los óptimos porcentajes de asfaltos que se determinó en 5,17% llegando a concluir a usar para el diseño de SBS.

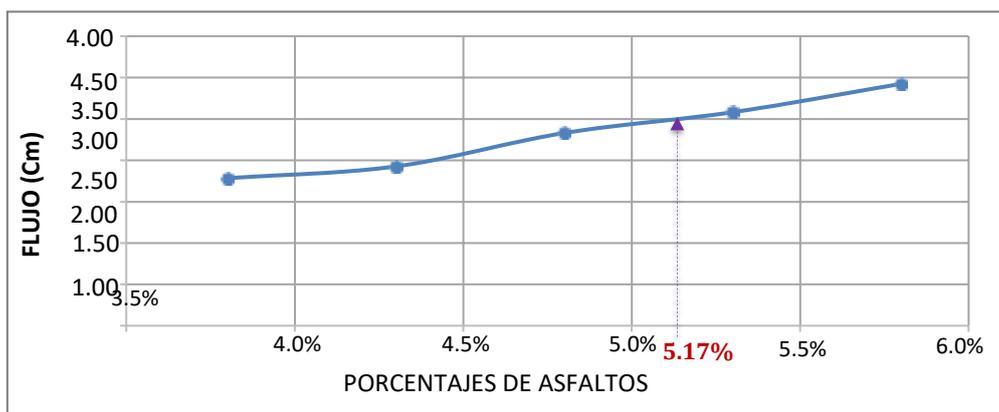
**Tabla 29**

*Porcentajes de asfaltos vs. flujos*

<b>PORCENTAJES DE ASFALTOS</b>	3,80	4,30	4,80	5,30	5,80
<b>FLUJOS</b>	2,78	2,93	3,33	3,58	3,92

**Figura 6**

*Porcentaje de asfaltos vs Flujo*



### Interpretaciones

Podemos observar en el grafico cómo se comporta las mezclas asfálticas cuanto más aumenta los contenidos de asfaltos e incrementa sus deformaciones o flujos, porque ello se contrasta a plásticos realizando una relación con la norma M.T.C-EG/13; donde nos da un parámetro de flujo 0,01" (0,25mm), de acuerdo al rango de 8 a 14 son para tránsitos pesados mínimos, por tal se muestra el resultado de flujos 0.35mm en su 5,17%.

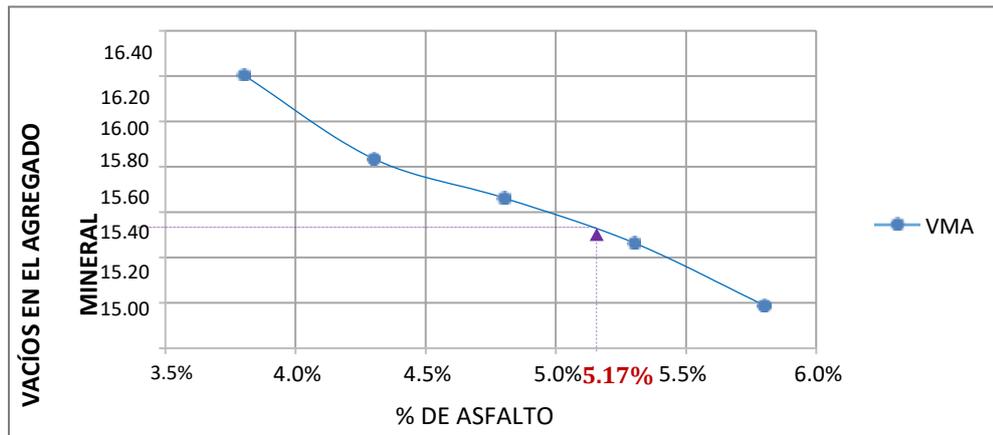
**Tabla 30**

*Porcentajes de asfaltados vs vacío de los agregados minerales*

<b>PORCENTAJES DE ASFALTOS</b>	3,80	4,30	4,80	5,30	5,80
<b>VACÍO DE LOS AGREGADOS MINERALES.</b>	16,21	15,84	15,66	15,46	15,19

**Figura 7**

Porcentaje de asfaltos vs vacíos de los agregados minerales



### Interpretaciones

Podemos observar en el gráfico cómo se comporta las mezclas asfálticas cuando disminuyen los contenidos de asfaltos y el vacío del agregado mineral, porque ello se contrasta a plásticos realizando una relación con la norma M.T.C-EG/13; por tal se muestra el resultado de vacío de agregados de minerales en 15.54 obteniendo en 5,17% en su óptimo de asfaltos.

Modelos de combinación asfáltica candente alterado, empleando 04,17%; 04,67%; 05,18%; 05,67% y 06,17% de material polímero S.B.S

Utilizando la Guía Rápida para la alteración de material asfáltico con polímeros como recurso de apoyo, una vez alcanzado el nivel más eficiente de asfalto, que se encuentra % más favorable (05,10%), de modo que se puede ver en la Representación gráfica n°5. Detallamos los % de material polímero S.B.S el cual se emplea en el modelo de combinación asfáltica candente.

% Valido de material asfáltico = 5.18%

100 por ciento → 01200 gr

5.18% → X

01200 x

X = 5.18

100

$$X = 62.16 \text{ gr}$$

El 5.18% se establecerá como la referencia para aumentar o reducir en un 0.5%, conforme a lo estipulado en la normativa del M.T.C E 504, el número del polímero SBS, según se especifica, siguientemente:

*Peso del A= 062 gramos lo que equivale al 100% de su masa*

$$\% \text{ polimerico SBS} = 05,17\%$$

$$62 \text{ gramos} \rightarrow 100\%$$

$$x \rightarrow 5.17\%$$

$$062 \times$$

$$x = \frac{5.17\%}{100\%}$$

$$100\%$$

$$x = 03,2 \text{ gr.}$$

∴ La masa del material polimérico SBS

$$\text{Masa del A} = 062 - 03,2 = 058.8 \text{ gr}$$

**Tabla 31**

*Dimensiones de material polímero S.B.S y cemento de tipo asfáltico para el modelo de combinación asfáltica alterada*

<b>% DE POLÍMERO DE TIPO S.B.S</b>	04,17%	04,67%	05,17%	05,67%	06,17%
<b>MASA DEL MATERIAL POLIMÉRICO S.B.S (G)</b>	02,6	02,9	03,2	03,5	03,8
<b>MASA C.A (G)</b>	059,4	059,1	058,8	058,5	058,2

**Tabla 32***Dimensiones de material polímero S.B.S y cemento de tipo asfáltico para combinación asfáltica alterada con S.B.S*

<b>POR CIENTO DEL CEMENTO DEL TIPO S.B.S</b>	<b>04,17%</b>		<b>04,67%</b>		<b>05,17%</b>		<b>05,67%</b>		<b>06,17%</b>	
Masa general de la briqueta (g)	01200	0100%	01200	0100%	01200	0100%	01200	0100%	01200	0100%
Masa ideal de C.A (g)	062,0	0100,00%	062,0	0100,00%	062,0	0100,00%	062,0	0100,00%	062,0	0100,00%
Masa de los materiales adicionales finos y gruesos (g)	01138	094,83%	01138	094,83%	1138	94,83%	1138	94,83%	01138	094,83%
Masa del material añadido grueso (g)	0605,2	050,43%	0605,2	050,43%	0605,2	050,43%	0605,2	050,43%	0605,2	050,43%
Masa del material añadido fino	0544,3	045,36%	0544,3	045,35%	0544,3	045,36%	0544,3	045,36%	0544,3	045,36%
Masa del polímero S.B.S (g)	02,6		02,9		03,2		03,5		03,8	
Masa del asfalto de cemento (g)	059,4		059,1		058,8		058,5		058,2	

Una vez establecidas las proporciones de asfalto y agregados, se confeccionaron tres muestras para cada porcentaje, totalizando así 15 especímenes en el último experimento (muestra experimental). La preparación de la mezcla asfáltica modificada sigue el mismo proceso que el diseño de la mezcla convencional, con la única variación de que al asfalto se le incorpora un porcentaje en peso del polímero SBS, según sea apropiado

#### 4.3. EQUILIBRIO TIPO MARSHALL DE CONGLOMERADO DE CARBÓN ALTERADAS, EMPLEANDO 04,17% -04,67% -05,7% -05,67% Y 6,17% DE S.B.S.

**Tabla 33**

*Compendio de respuestas de modelo con combinado asfáltico alterado Marshall conteniendo un 04,17% de S.B.S.*

N°	MUESTRA N°	1	2	3
01	% de polímero S.B.S en la masa del combinado		04,17	
02	% de asociado voluminoso en masa del combinado		050,430	
03	% de asociado fino 01 en masa de la combinación		045,360	
05	Masa específica del cemento de tipo asfáltico supuesto		01,016	
06	Masa específica del asociado grueso		-02,640	
07	Peso Específico Agregado fino - bulk		2.580	
08	alto de la muestra	062,8	063,9	063,1
8			063,3	
Promedio (M.T.C 507 --2000)				
09	Masa de la muestra en el viento (gr)	01192,8,0	01198,3	01196,0
9a	Peso del espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire (gr)	1194.8	1201.6	1198.1
9b	H2O extraído	02,00	03,30	02,10
10	Masa de la muestra saturada por encima reseca en líquido. (G.r)	0682.30	0683,20	0685,30
11	Cuerpo de la muestra por movimiento	0510,50	0515,10	0510,70
12	Peso Específico bulk de la espécimen (M.T.C E 514 - 2000)	02,34	02,33	02,34
13	Masa específica límite A.S.T.M D-02041		02,46	
14	% de libres	05,02	05,43	04,80
15	Masa específica Bulk del Asociado general		02,64	

16	V.M.A	015,22	015,59	015,03
17	% de libres ocupados con C.A. (M.T.C E 505 - 2000)	067,03	065,15	068,05
18	Masa específica del asociado general		02,74	
19	Material asfáltico aspirado por el compuesto general total (M.T.C E 511 - 2000)		01,34	
20	% de material asfáltico autentico		02,89	
21	Flujo (cm)	02,97	03,12	02,87
22	Interpretación del Dial	464.10	600.00	492.00
	Solidez sin rectificar (K.g)	01478,62	01902,61	01565,97
23	Variable de consistencia	01,09	01,04	01,04
24	Consistencia rectificada: (22 x 23) (K.g)	01611,70	01978,72	01628,61
25	Conexión consistencia /corriente: (010 * 024/021) (k.g/cm.)	05423,30	06333,52	05684,25
	Corriente media		02,99	
	Media de porcentajes libres		05,08	
	Equilibrio (K.N)	015,81	019,41	015,98
	Consistencia media (KN)		017,07	
	V.M.A		015,28	

**Tabla 34**

*Compendio de las respuestas de modelo con combinación de asfalto alterado Marshall con 04,67% de S.B.S*

<b>N°</b>	<b>ESPÉCIMEN N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
01	% de polímero S.B.S en la masa del combinado		04,67	
02	% de asociado voluminoso en masa del combinado		050,430	
03	% de asociado fino 01 en masa de la combinación		045,360	
04	% de asociado fino 02 en masa de la combinación		-	
05	Masa específica del cemento de tipo asfáltico supuesto		01,016	
06	Masa específica del asociado grueso - bulk		02,640	
07	Masa específica del asociado fino - bulk		02,580	
08	Masa específica del Filler – supuesto		-	
8a	alto de la muestra	064,1	063,9	064,2
8	Prome Alto medio (M.T.C 507 -- 2000)		064,1	
9	Masa de la muestra en el viento (gr)	01198,4	01196,6	01202,1
9a	Masa de la muestra suturada por encima reseca en el viento (gr)	01202,0	01199,1	01204,9

9b	H2O extraído	03,60	02,50	02,80
10	Masa de la muestra saturada por encima resecada en líquido (g.r)	0688,30	0683,10	0687,60
11	Cuerpo de la muestra por movimiento	0510,10	0513,50	0514,50
12	Masa específica bulk de muestra (M.T.C E 514 - 2000)	02,35	02,33	02,34
13	Masa específica límite A.S.T.M D-2041		02,45	
14	% de Vacíos	3.91	4.69	4.44
15	Peso Específico Bulk del Agregado total		2.64	
16	V.M.A	014,76	015,45	015,22
17	% de libres ocupados con C.A. (M.T.C E 505 - 2000)	073,49	069,63	070,84
18	Masa específica del asociado general		02,77	
19	Material asfáltico aspirado por el compuesto general total (M.T.C E 511 - 2000)		01,77	
20	% de material asfáltico auténtico		02,97	
21	Corriente (c.m)	03,37	03,42	03,34
22	Interpretación del Dial	0480,50	0577,50	0568,00
	Solidez sin rectificar (K.g)	01529,98	01832,67	01803,11
23	Variable de consistencia	01,04	01,04	01,00
24	Consistencia rectificada: (22x23) (K.g)	01591,18	01905,98	01803,11
25	Conexión consistencia /corriente: 10 x0 24/021) (k.g/c.m.)	04727,92	05579,07	05398,37
	Corriente media		03,37	
	Media de porcentajes libres		04,35	
	Estabilidad (KN)	015.61	018,70	017,69
	Consistencia media (KN)		017,33	
	V.M.A		015,14	

**Tabla 35**

*Compendio de respuestas de modelo con combinación asfáltico alterado Marshall conteniendo un 05,17% de S.B.S.*

N°	MUESTRA N°	1	2	3
01	% de polímero S.B.S en la masa del combinado		05,17	
02	% de asociado voluminoso en masa del combinado		050,430	
03	% de asociado fino 01 en masa de la combinación		045,360	
04	% de asociado fino 02 en masa de la combinación		-	
05	Masa específica del cemento de tipo asfáltico supuesto		01,016	
06	Masa específica del asociado grueso - bulk		02,640	
07	Masa específica Agregado fino - bulk		02,580	

08	Masa específica del Filler – supuesto		-	
08a	Alto de la muestra	063,4	063,4	065,1
08				
	Promedi Alto medio (M.T.C 507 --2000)		064,0	
	o			
09	Masa de la muestra en el viento (gr)	01196,8	01204,5	01200,4
9a	Masa de la muestra saturada por encima reseca en el viento (gr)	01198,7	01207,2	01203,6
9b	H2O extraído	01,90	02,70	03,20
10	Masa de la muestra saturada por encima reseca en líquido. (G.r)	0692,40	0685,40	0687,30
11	Cuerpo de la muestra por movimiento	0504,40	0519,10	0513,10
12	Masa específica bulk de muestra (M.T.C E 514 - 2000)	02,37	02,32	02,34
13	Masa específica límite A.S.T.M D-02041		02,44	
14	% de libres	02,56	04,71	03,92
15	Masa específica Bulk del Asociado general		02,64	
16	V.M.A	013,91	015,81	015,11
17	% de libres ocupados con C.A. (M.T.C E 505 - 2000)	081,61	070,22	074,05
18	Masa específica del asociado general		02,81	
19	Material asfáltico aspirado por el compuesto general total (M.T.C E 511 2000)		02,28	
20	% de material asfáltico autentico		02,99	
21	Corriente (c.m)	02,98	04,27	04,28
22	Interpretación del Dial	0616,80	0541,70	0541,90
	Solidez sin rectificar (K.g)	01954,77	01721,18	01721,80
23	Variable de consistencia	01,04	01,04	01,00
24	Consistencia rectificada: (22 X 23) (K.g)	02032,96	01790,02	01721,80
25	Conexión consistencia /corriente: (10 X 024/021) (k.g/cm.)	06811,73	04194,84	04018,22
	Corriente media		03,85	
	Media de porcentajes libres		03,73	
	Equilibrio (K.N)	019,94	017,56	016,89
	Consistencia media rectificada (KN)		018,13	
	V.M.A		14.94	

**Tabla 36**

*Compendio de respuestas de modelo con combinado asfáltico alterado Marshall  
conteniendo un 05.67% de S.B.S.*

<b>N°</b>	<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
01	% de polímero S.B.S en la masa del combinado		05,67	
02	% de asociado voluminoso en masa del combinado		050,430	
03	% de asociado fino 01 en masa de la combinación		045,360	
04	% de asociado fino 02 en masa de la combinación		-	
05	Masa específica del cemento de tipo asfáltico supuesto		01,016	
06	Masa específica del asociado grueso - bulk		02,640	
07	Masa específica Agregado fino - bulk		02,580	
08	Masa específica del Filler – supuesto		-	
08a	Alto de la muestra	064,3	064,2	064,4
08				
	Promedi Alto medio (M.T.C 507 --2000)		064,3	
o				
09	Masa de la muestra en el viento (gr)	0119,3	0120,6	1198,6
9 a	Masa de la muestra saturada por encima reseca en el viento (gr)	01200,0	01206,9	1203,0
09b	H2O extraído	02,70	02,30	04,40
10	Masa de la muestra saturada por encima reseca en líquido. (G.r)	0689,30	0687,90	0689,30
11	Cuerpo de la muestra por movimiento	0508,00	0516,70	0509,30
12	Masa específica bulk de muestra (M.T.C E 514 - 2000)	02,36	02,33	2,35
13	Masa específica límite A.S.T.M D-02041		02,42	
14	% de libres	02,61	03,66	02,75
15	Masa específica Bulk del Asociado general		02,64	
16	V.M.A	014,48	015,41	014,61
17	% de libres ocupados con C.A. (M.T.C E 505 - 2000)	081,99	076,22	081,17
18	Masa específica del asociado general		02,84	
19	Material asfáltico aspirado por el compuesto general total (M.T.C E 511 - 2000)		02,69	
20	% de material asfáltico autentico		02,99	
21	Corriente (c.m)	06,40	04,33	03,66
22	Interpretación del Dial	0506,00	0658,00	0504,10
	Solidez sin rectificar (K.g)	01609,74	02082,44	01603,80
23	Variable de consistencia	01,04	01,04	01,04

24	Consistencia rectificada: (22 X 23) (K.g)	01674,13	02165,74	01667,95
25	Conexión consistencia /corriente: (10 X 024/021) (k.g/cm.)	02615,50	05000,90	04553,91
	Corriente media		04,80	
	Media de porcentajes libres		03,01	
	Equilibrio (K.N)	016,42	021,25	016,36
	Consistencia media rectificada (KN)		018,01	
			014,83	

**Tabla 37**

*Resumen de resultados de diseño con mezcla asfáltica modificada Marshall con 6.17% de S.B.S*

N°	MUESTRA N°	1	2	3
01	% de polímero S.B.S en la masa del combinado		06,17	
02	% de asociado voluminoso en masa del combinado		050,430	
03	% de asociado fino 01 en masa de la combinación		045,360	
04	% de asociado fino 02 en masa de la combinación		-	
05	Masa específica del cemento de tipo asfáltico supuesto		01,016	
06	Masa específica del asociado grueso - bulk		02,640	
07	Masa específica del asociado fino - bulk		02,580	
08	Masa específica del Filler – supuesto		-	
8a	alto de la muestra	064,0	065,2	064,3
8				
	Promedi Alto medio (M.T.C 507 -- 2000)		064,5	
o				
9	Masa de la muestra en el viento (gr)	01202,8	01202,3	01203,7
9a	Masa de la muestra suturada por encima reseca en el viento (gr)	01205,2	01205,4	01206,4
9b	H2O extraído	02,40	03,10	02,70
10	Masa de la muestra saturada por encima reseca en líquido (g.r)	0691,20	0687,90	0691,20
11	Cuerpo de la muestra por movimiento	0511,60	0514,40	0512,50
12	Masa específica bulk de muestra (M.T.C E 514 - 2000)	02,35	02,34	02,35
13	Masa específica límite A.S.T.M D-2041		02,41	
14	% de libres	02,24	02,82	02,34
15	Masa específica Bulk del Asociado general		02,64	
16	V.M.A	014,69	015,19	014,78
17	% de libres ocupados con C.A. (M.T.C E 505 - 2000)	084,74	081,47	084,16

18	Masa especifica del asociado general			02,87
19	Material asfaltico aspirado por el compuesto general total (M.T.C E 511 - 2000)			03,10
20	% de material asfaltico autentico			03,20
21	Corriente (c.m)	04,97	07,23	04,74
22	Interpretación del Dial	0561,70	0531,90	0526,70
	Solidez sin rectificar (K.g)	01783,50	01690,61	01674,38
23	Variable de consistencia	01,04	01,00	01,04
24	Consistencia rectificada: (22x23) (K.g)	01854,84	01690,61	01741,36
25	Conexión consistencia /corriente: 10 x0 24/021) (k.g/c.m.)	03735,29	02339,52	03676,00
	Corriente media			05,64
	Media de porcentajes libres			02,47
	Estabilidad (KN)	018,20	016,58	017,08
	Consistencia media Corregida (KN)			017,29
	V.M.A			014,89

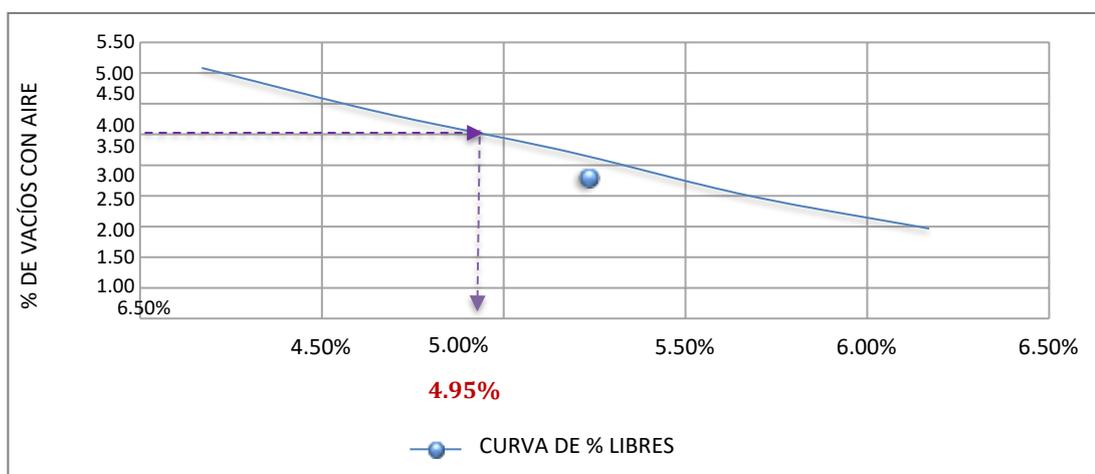
**Tabla 38**

*Curva de Porcentaje S.B.S vs. Porcentaje de libres*

<b>% DE MATERIAL ASFÁLTICO</b>	4,17	4,67	5,17	5,67	6,17
<b>LIBRES EN VIENTO</b>	5,08	4,35	3,73	3,01	2,47

**Figura 8**

*Proporción de S.B.S VS. Porcentaje de libres con viento*



## Comentario

De acuerdo con la cláusula 423 de las normativas del M.T.C EG-13, esto proporciona un intervalo de porcentajes de contenedores entre 3 y 5, por lo que tomamos un promedio de 4 para encontrar el porcentaje de SBS óptimo, que alcanza una puntuación del 4,95 %.

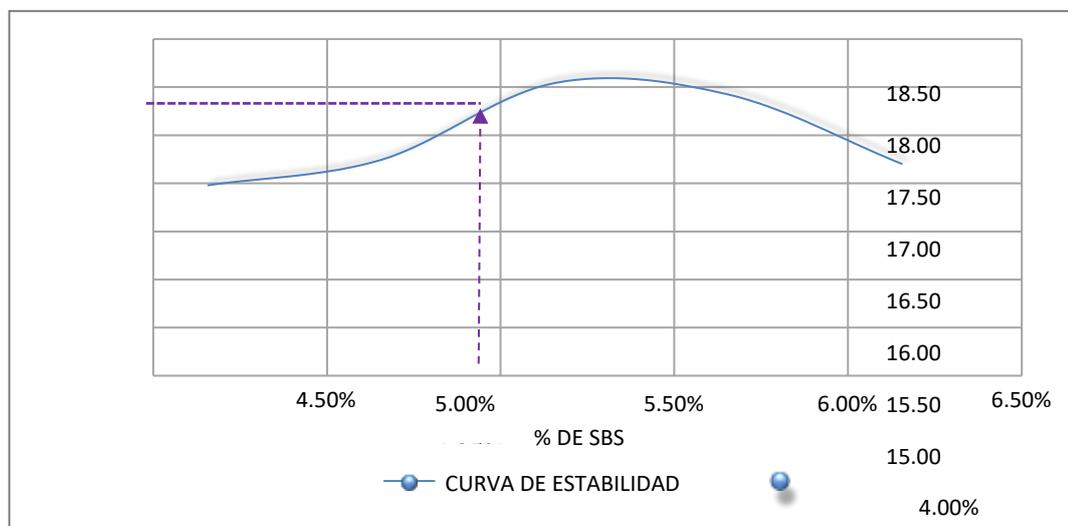
**Tabla 39**

*Curva de Porcentaje S.B.S vs. Firmeza*

% DE MATERIAL					
ASFÁLTICO	04,17	04,67	05,17	05,67	06,17
<b>FIRMEZA MEDIA (KN)</b>	017,07	017,33	018,13	018,01	017,29

**Figura 9**

*Proporción de S.B.S vs. Firmeza*

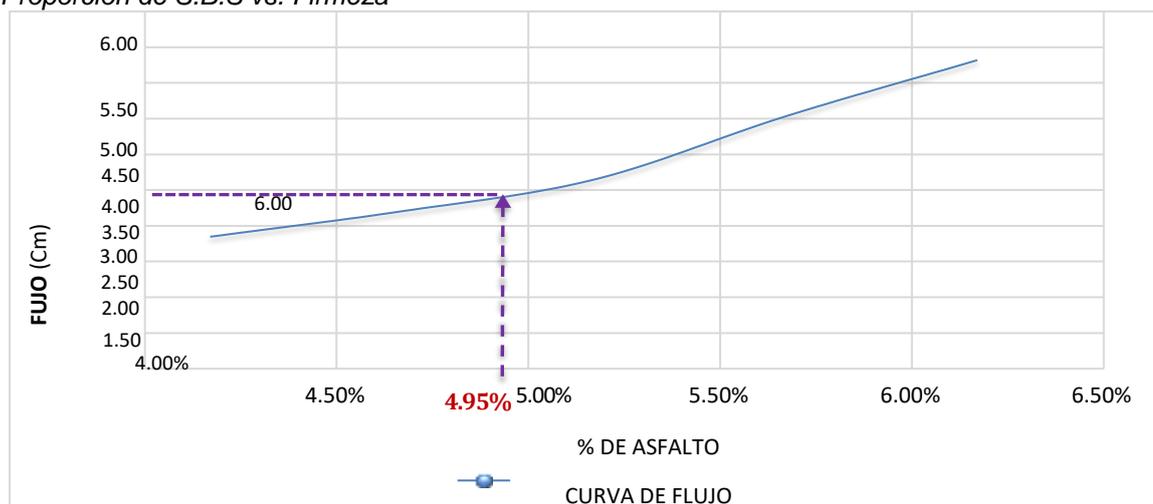


## Comentario

Se puede observar que la estabilidad obtenida al utilizar S.B.S en la combinación de material asfáltico candente es de 17,82 kN, que es mayor que el valor de estabilidad de la combinación asfáltica común de 010.55 kilonewton.

**Tabla 40***Curva de Porcentaje S.B.S vs. Circulación*

<b>% DE MATERIAL ASFALTICO</b>	04,17	04,67	05,17	05,67	06,17
<b>FLUJO</b>	02,99	03,37	03,85	04,80	05,64

**Figura 10***Proporción de S.B.S vs. Firmeza***Comentario**

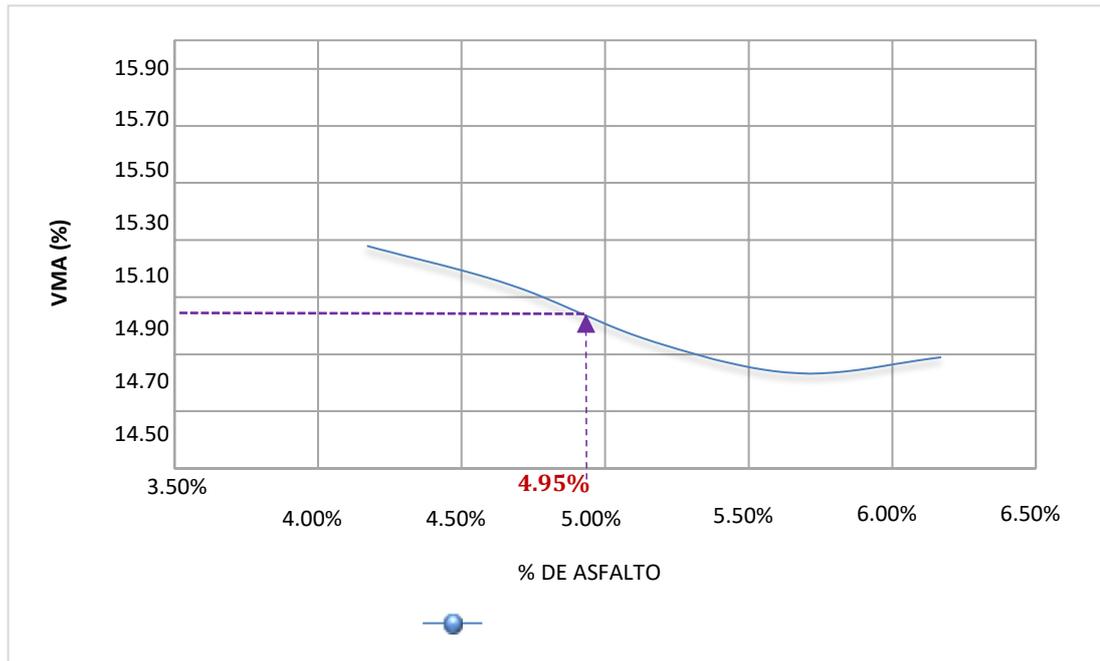
Según la gráfica, el caudal Marshall se encuentra cuando la proporción óptima de S.B.S en la combinación asfáltica candente de 3.60 cm, por lo que se dice que el tiempo de deformación de las briquetas aumenta con el aumento de la cantidad de asfalto.

**Tabla 41***Curva Porcentual de S.B.S vs. Libre en el Material Adicional*

<b>% DE ASFÁLTO</b>	04,17	04,67	05,17	05,67	06,17
<b>V.A.M</b>	015,28	015,14	014,94	014,83	014,89

**Figura 11**

*Proporción de S.B.S vs Libres del componente mineral*



#### Comentario

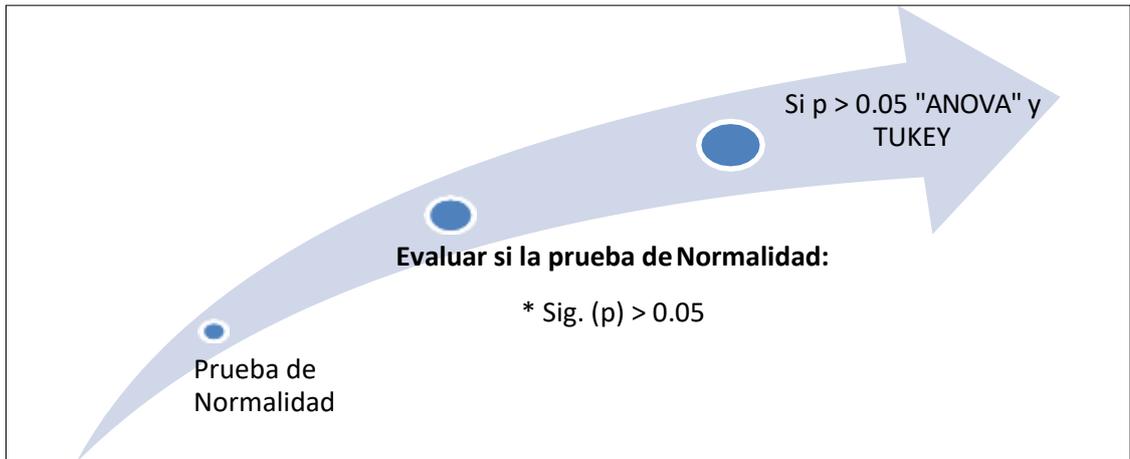
Mientras menor sea la porosidad del agregado mineral, mayor será la porción de material asfáltico alterado con S.B.S. Cuando se sustituye al gráfico 4,95%, el SBS óptimo para la combinación de material asfáltico candente, muestra 015.03%. Valoración cero de carga mineral.

#### 4.4. ESTUDIO ESTADÍSTICO

Se ejecutó un estudio estadístico de tal manera que se confirme las respuestas de firmeza de este equipo de muestra/transgénico se distribuían normalmente y para determinar si había una diferencia significativa en la estabilidad de los dos grupos. Sigue el siguiente programa:

**Figura 12**

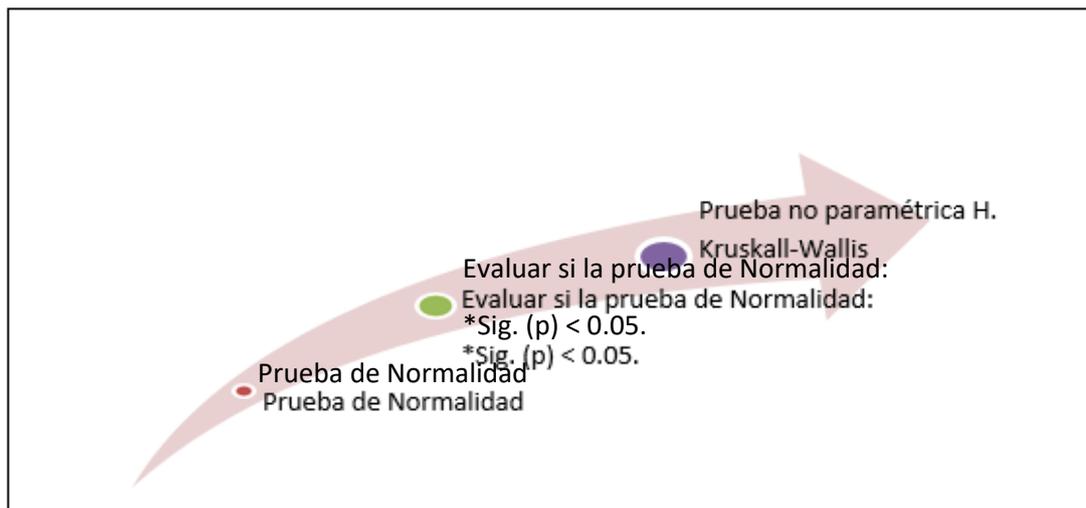
*Diseño 1 utilizando la demostración de tipo estadístico ANOVA*



Realizamos una prueba de normalidad para asegurar una significancia > 0,050, seguida de pruebas estadísticas ANOVA y TUKEY.

**Figura 13**

*Diagrama 2 del uso de la prueba H no paramétrica Kruskal-Wallis*



#### 4.4.1. ANÁLISIS NORMAL

**Tabla 42**

*Análisis Normal*

<b>GRUPO CONTROL</b>	<b>GRUPO .EXP. 1</b>	<b>GRUPO .EXP. 2</b>	<b>GRUPO .EXP. 3</b>	<b>GRUPO .EXP. 4</b>	<b>GRUPO .EXP. 5</b>
010,56	015,81	015,61	019,94	01,42	018,20
010,58	019,41	018,70	017,56	021,25	016,58
010,56	015,98	017,69	016,89	016,36	017,08

GRUPO CONTROL: Combinación de material asfáltico candente común con proporción óptima de material asfáltico (05,17%).

GRUPO EXP 01, 02,03,04,05: Combinación de material asfáltico candente alterada con 04,17%, 04,67%, 05,17%, 05,67% y 06,17% de S.B.S.

**Tabla 43**

*Análisis de normalidad utilizando el software estadístico S.P.S.S.*

<b>ESTUDIOS DE NORMALIDAD</b>			
	<b>SHAPIRO-WILK</b>		
	<b>ESTADÍSTICO</b>	<b>GL</b>	<b>SIG.</b>
Equipo experimental	0,765	03	0,033
GRUPO EXP. 01	0,785	03	0,080
GRUPO EXP. 02	0,964	03	0,637
GRUPO EXP. 03	0,905	03	0,402
GRUPO EXP. 04	0,759	03	0,020
GRUPO EXP. 05	0,953	03	0,585

Para que cumpla con la prueba de normalidad los valores de significancia tienen que ser  $> 0.050$  para determinar si tenemos una distribución normal de datos y poder realizar la prueba ANOVA, pero como se puede observar en La Tabla 43 no cumple con la condición en

el grupo control y en el grupo experimental 4 por lo tanto se utilizó el Esquema 2 de la prueba H. Kruskall-Wallis, la cual es una prueba no paramétrica.

Para que los datos cumplan con el requisito de normalidad para realizar la prueba ANOVA, los valores de significancia deben ser mayores a 0.050. Sin embargo, como se puede apreciar en La Tabla 43, esta condición no se cumple ni en el grupo control ni en el grupo experimental 4. Por lo tanto, se optó por utilizar el Esquema 2 de la prueba de H. Kruskall-Wallis, que es una prueba no paramétrica.

Tenemos lo siguiente:

**Tabla 44**

*Tabla de dimensiones de probabilísticos no paramétrica H. Kruskall-Wallis*

<b>RANGOS</b>			
<b>VARIABLE</b>	<b>N</b>	<b>RANGO PROMEDIO</b>	
	1	3	02,00
	2	3	09,00
DIMENSIONES POR EQUIPO	3	3	010,67
	4	3	013,00
	5	3	011,00
	6	3	011,33
	Total	18	

En La Tabla número 44 se estudiaron 18 briquetas ,3 unidades de briquetas para cada una .la cantidad media fue del equipo número 4 “equipo de experimento 3” para el más pequeño fue del grupo número 1 “grupo de prueba”

**Tabla 45***Estadística de ensayo no paramétrica H. Kruskal-Wallis*

<b>ESTADÍSTICOS DE PRUEBA <sup>A,B</sup></b>	
<b>DIMENSIONES POR EQUIPO</b>	
H , Kruskal-Wallis	07,979
g.l	05
Sig. asintótica	00,157
a. Ensayo de Kruskal Wallis	
factor de unión: FACTOR	

La Tabla 45: se puede ver que, en 5 libre fue 07,9797 y una asintótica de significancia es de 00,157.

#### 4.5.1. IGUALANDO RESPUESTAS

**Tabla 46***Información de briquetas con combinación de material asfáltico común*

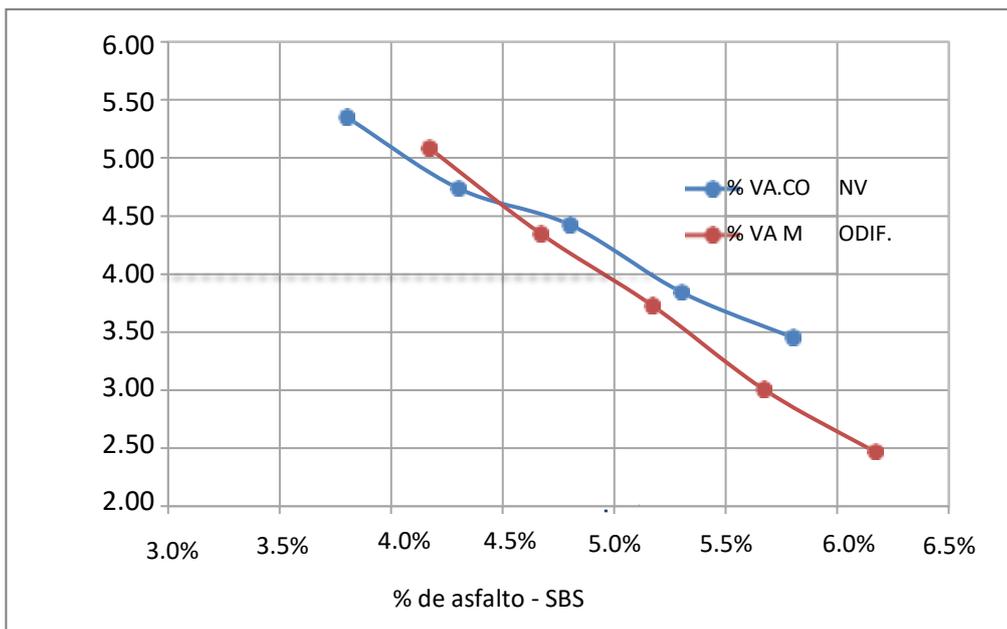
<b>PORCIENTO C.A.</b>	<b>DESPLAZAMIENTO COMÚN (CM)</b>	<b>% LIBRES</b>	<b>FIRMEZA COMÚN (KN)</b>	<b>% V.A.M COMÚN</b>
03.8%	02.78	05.35	09.14	016.21
04.3%	02.93	04.74	010.20	015.84
04.8%	03.33	04.43	010.60	015.66
05.3%	03.58	03.85	010.48	015.46
05.8%	03.92	03.45	09.92	015.19

**Tabla 47***Información de briquetas con combinación de material asfáltico alterado*

<b>%DE C.A + S.B.S</b>	<b>DESPLAZAMIENTO M.Z. ALTERADO (C.M)</b>	<b>% LIBRES M.Z. ALTERADO</b>	<b>FIRMEZA M.Z. ALTERADA. (KN)</b>	<b>% V.A.M M.Z. ALTERADA</b>
04.17%	02.99	05.08	017.07	015.28
04.67%	03.37	04.35	017.33	015.14
05.17%	03.85	03.73	018.13	014.94
05.67%	04.80	03.01	018.01	014.83
06.17%	05.64	02.47	017.29	014.89

**Figura 14**

*Comparación curva de porcentaje de libres*



**Tabla 48**

*Igualación de proporciones de libres entre la mezcla original y la combinación alterada con S.B.S*

	%				
<b>ASFALTI</b>	03,8%	04,3%	04,8%	05,3%	05,8%
<b>CO</b>					
	%				
<b>LIBRES</b>	05,35	04,74	04,43	03,85	03,45
<b>% S.B.S</b>	04,17%	04,67%	05,17%	05,67%	06,17%
	%				
<b>LIBRES</b>	05,08	04,35	03,73	03,01	02,47

Siguiendo las pautas establecidas por la normativa M.T.C E.G-2013, observamos que combinación de material asfalto alterado (muestra experimental) presenta un cambio del 0.22% con respecto a la combinación de material asfáltico común (muestra de control).

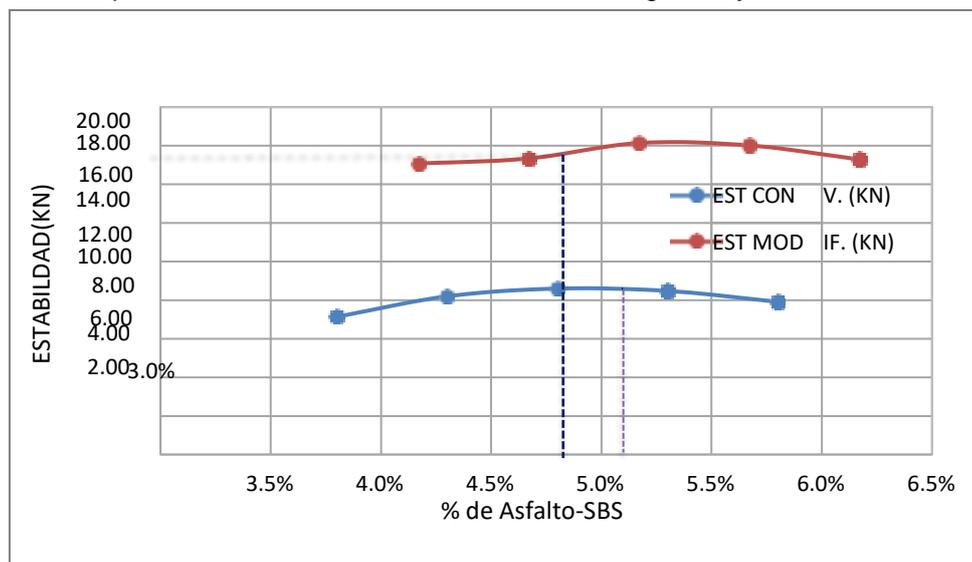
**Tabla 49**

*Comparación de curva de estabilidad*

<b>% ASFÁLTO</b>	03,8%	04,3%	04,8%	05,3%	05,8%
<b>ESTABILIDAD</b>	09,14	010,20	010,60	010,48	09,92
<b>% SBS</b>	04,17%	04,67%	05,17%	05,67%	06,17%
<b>ESTABILIDAD</b>	017,07	017,33	018,13	018,01	017,29

**Figura 15**

*Comparación de estabilidad de mezclas S.B.S originales y modificadas*



El cambio en la estabilidad entre la mezcla asfáltica existente y la mezcla asfáltica modificada SBS es del 89,2%. Comparación de curvas de circulación.

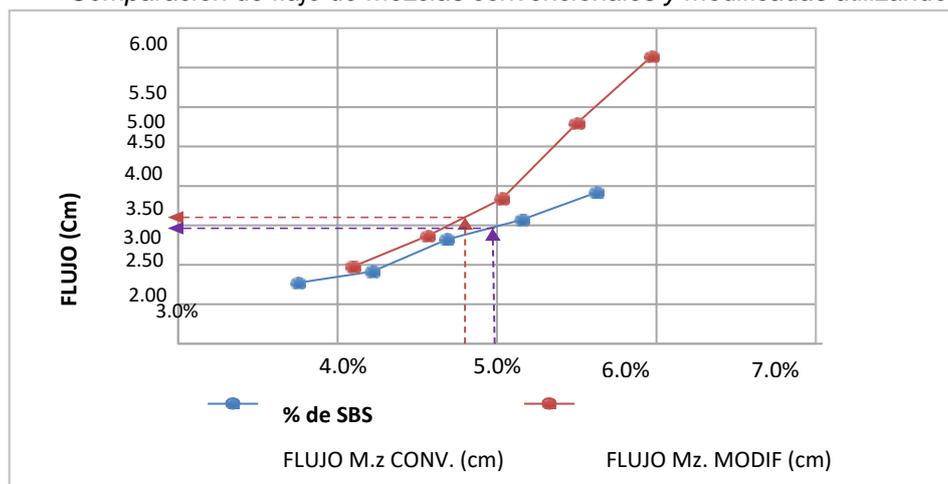
**Tabla 50**

*Comparación de curva de flujo*

<b>% Asfalto</b>	03.8%	04.3%	04.8%	05.3%	05.8%
<b>Flujo (cm)</b>	02.78	02.93	03.33	03.58	03.92
<b>% SBS</b>	04.17%	04.67%	05.17%	05.67%	06.17%
<b>Flujo (cm)</b>	02.99	03.37	03.85	04.80	05.64

**Figura 16**

*Comparación de flujo de mezclas convencionales y modificadas utilizando S.B.S*



La desviación del flujo es de 0,10 cm en relación al diseño ensayado con material asfáltico común y alterado. Comparación invernial para empresas mineras.

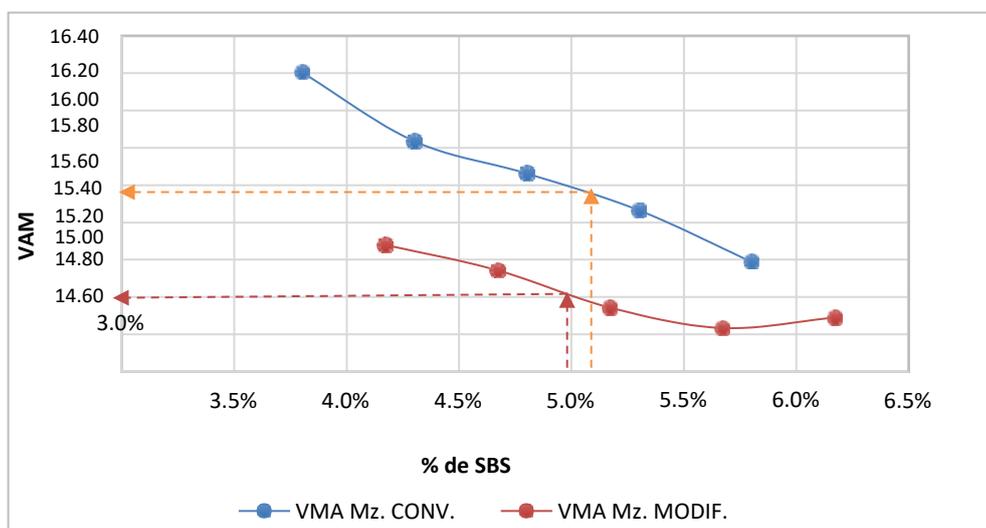
**Tabla 51**

*Comparación de curva de vacíos en el agregado mineral*

<b>% Asfáltico</b>	03,8%	04,3%	04,8%	05,3%	05,8%
<b>V.A.M</b>	016.21	015.84	015.66	015.46	015.19
<b>% S.B.S</b>	04.17%	04.67%	05.17%	05.67%	06.17%
<b>V.A.M</b>	015.28	015.14	014.94	014.83	014.89

**Figura 17**

*Comparación de proporciones de VAM de mezclas convencionales y modificadas con SBS*



La porosidad de la combinación de material asfáltico común y del agregado mineral modificado con SBS se encontró que es de 15,54% y 15,05%, respectivamente, los cuales se hallan dentro de las normativas permisibles por las

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Según el informe de Infante y Vásquez en 2016, se evidenció un aumento del 53.20% en la estabilidad de combinación de material de asfalto alterado con SBS igualándolo con la mezcla convencional. No obstante, nuestros resultados demuestran un incremento más pronunciado del 89.20% en la estabilidad de combinación de material de asfalto alterado en relación con la convencional. Este hallazgo respalda de manera concluyente la significativa mejora que el aditivo SBS aporta a la capacidad de resistir las cargas de tráfico que actúan sobre la capa asfáltica.

En su estudio del año 2017, Valdivia empleó la técnica de Marshall para analizar el desempeño de la mezcla asfáltica. En la etapa inicial, llevó a cabo la prueba de granulometría, logrando obtener una gradación MAC-2. Posteriormente, determinó los porcentajes en peso de los componentes. En equiparación, el estudio de granulometría ejecutado en esta indagación arrojó igual modelo de sucesión, aunque la fuente de los elementos de piedra difiere. Este enfoque fue aplicado de manera consistente en ambos diseños de combinación de material asfáltico, que sería común o alterada.

En el trabajo de Cahuana y Limas (2018), elaboraron en general 12 unidades muestrales de la combinación de material asfáltico común / alterada, empleando diferentes porcentajes de asfalto/aditivo Betutec IC + warmix, incluyendo valores de 5%, 5.5%, 6%, y 6.5%. Aplicando el método Marshall, identificaron un óptimo de 5.5% así como en el asfalto como para el aditivo, logrando una estabilidad que varió entre 13.60 kN y 17.70 kN. En nuestra investigación, configuramos 15 briquetas, empleando porcentajes diversos tanto para la combinación de material asfáltico común (03,80%- 04.30%- 05,30% y 05,80%) también en la alterada (04,17%- 04,67%- 05,17%- 05,67% -06,17%). Concluimos que la unidad ideal de material asfáltico fue de 5.17%,

y para el aditivo SBS fue de 4.95%, logrando una estabilidad que osciló entre 010,55 kilonewton y 017,82 kiloneton. En cumplimiento con la regulación 423 de E.G M.T.C-013, satisfacemos una consistencia mínimamente dada.

## CONCLUSIONES

- La evaluación de la firmeza de la combinación asfáltica candente se realizó al utilizar el aditivo SBS, evidenciando un notable incremento del 89.20% en contraste con la mezcla tradicional. Esta mejora sugiere que la composición aplicada a la superficie asfáltica demostrará un desempeño positivo frente a las exigencias de carga vehicular y las fluctuaciones climáticas, resultando en una prolongación de su resistencia y período de servicio.
- En el análisis de ingeniería de suelos, se efectuó la evaluación de la distribución granulométrica, así como la medición de la masa específica y la capacidad de absorción de incorporados de piedra sacados de la cantera Yanag-Huánuco, donde se generó el diagrama de selección de grano M.A.C-2 teniendo un 060.36 por ciento de componente fino (arena gruesa) y un 035.42 por ciento de componente grueso (roca triturada  $\frac{1}{2}$  pulgada). La densidad y la absorción tanto del componente fino como del grueso fueron registradas en un 03,20% y 02,18%, cada una.
- Se elaboraron 15 bloques utilizando la mezcla convencional de asfalto en caliente, empleando el procedimiento Marshall con dimensiones equivalentes a 64 milímetros de alto y 102 milímetros de ancho. Estas unidades se configuraron con diversos porcentajes de contenido asfáltico (3.80, 4.30, 4.80, 5.30 y 5.80), además de contener un 50.43% de piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ " y un 45.36% de arena gruesa.
- En el equipo Marshall, se analizó la estabilidad de las muestras configurados con diferentes %, destacando un nivel excelente de asfalto del 5.17%, generando un balance de 10.55 kN. Este valor se ajusta a los estándares mínimos establecidos por EG M.T.C-13, que requiere un mínimo de 8.15 kN. Este hallazgo contribuye a mitigar posibles defectos en la capa asfáltica derivados de una calidad inferior en la composición.
- Después de identificar % impecable de asfalto en la combinación convencional, establecido en 5.17%, se procedió a modelar la mezcla

asfáltica alterada utilizando variaciones de 4.17%, 4.67%, 5.17%, 5.67% y 6.17% de aditivo SBS, junto con un 50.43% de roca triturada de 1/2 pulgada y un 045,36 por ciento de la arena grande. Posteriormente, se evaluó la firmeza Marshall alterada para cada % de aditivo SBS, identificando un % valido de 4.95%, que proporcionó una firmeza de 17.82 kN.

- Tras llevar a cabo la verificación de normalidad, se constató que las respuestas de firmeza del equipo control/experimentado no exhiben una repartición normal. En consecuencia, se procederá a emplear el método estadístico de H. Kruskal-Wallis.
- Se contrastaron los niveles de equilibrio entre la combinación de asfalto común, que arrojó un valor de 10.55 kN con un 5.17% de asfalto (la proporción ideal), y la combinación asfáltica alterada, que registró 17.82 kN con un 4.95% de aditivo S.B.S. Esto representó un aumento del 89.20% en la estabilidad de combinación de asfalto alterado en comparación con la mezcla asfáltica común. Este incremento se evaluó con respecto al umbral mínimo de estabilidad establecido por la normativa E.G M.T.C-13.

## RECOMENDACIONES

- Se estima hacer uso de muchas pruebas para la identificación de incorporados de piedra, los cuales se nombran en el reglamento global del M.T.C \_13 de representación que se utilizan en los elementos de piedra.
- En la molienda del material polímero S.B.S, SE PIDE QUE SE REALICE UN AUMENTO DE TEMPERATURA DE 180 ° CELSIUS PARA QUE SE DESINTEGRE CON MAYOR SENCILLEZ.
- En la Libertad, para la organización de combinaciones de asfalto modificadas con materiales poliméricos aditivado aún no es ampliamente conocida. Por ello, se insta a las personas capacitados de la institución del M.T.C a iniciar la elaboración y realizar obras de infraestructura vial, considerando las particularidades de nuestra geografía, los diversos climas, las cargas a las que se someterán y, especialmente, el tipo de asfalto y polímero a utilizar.
- Es fundamental que los estudios futuros sobre el modelo de combinaciones asfálticas se realicen en armonía con la naturaleza, con el objetivo de desarrollar nuevas obras de infraestructura vial que se adapten a las características de temperatura específicas de cada localidad.
- Se sugiere extender la presente investigación hasta haber llegado al modelo de registros asfálticos, permitiendo así evaluar de manera más completa la actitud de dicho archivo en un lugar específico.
- Es recomendable incorporar el estudio estadístico de las respuestas en futuros estudios para lograr una mejor concreción, relación y confianza en los hallazgos obtenidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avellán , M. (2007). *Asfalto modificado con polímeros*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2705\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2705_C.pdf)
- Borja Torres, S. A., & Cárdenas Castillo, J. A. (s.f.). Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS. *Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito.
- Broncano Montes, J. D., & Campos Rivera, D. A. (s.f.). *INFLUENCIA DEL CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMEROS SBS Y EL VALOR SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE*. UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, Arequipa.
- Cahuana, P., & Limas, H. (2018). *Análisis comparativo mecánico de una mezcla asfáltica modificada con BETUTEC IC + ADTIVO WARMIX respecto a la mezcla asfáltica*. Universidad de San Martín de Porres, Lima.
- Camacho, E., & Lema, J. (2018). *Modificación del cemento asfáltico de refinería esmeraldas con polímeros tipo SBS y un fluxante tipo aromático aditivo*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28022/1/TESIS%20%20CAMACHO%20-%20LEMA.output.pdf>
- Cotrina, A. (2020). *Análisis técnico de las metodologías de pavimentos, a fin de mejorar la transitabilidad en el tramo de la carretera Villasol – Pillao, distrito de Chinchao - Huánuco 2019*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6067>
- Especificaciones técnicas RD-03-2013-MTC-13. (s.f.).
- Garzón, i. G. (2004). Conferencia introducción a la química del asfalto . Costa Rica.
- Gómez, N., & Zuluaga, A. (2021). *Desarrollo de un asfalto altamente modificado con polímero SBS a partir de un asfalto base convencional de la refinería Ecopetrol Barrancabermeja 60-70 variando la*

- concentración de polímero. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/35600>
- Huamán, Y. (2020). *Comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica modificado con el uso de polímero SBS en la Avenida Cesar Canevaro, San Juan de Miraflores, Lima – 2019*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/57441>
- Marino, M. d. (2019). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Producción de Polímeros*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Obtenido de <http://www.060.es> (servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones)
- Meira, G., & Gugliotta, L. (2019). *Polímeros: Introducción a sus caracterizaciones y a la ingeniería de polimerización*. Obtenido de <http://www.unl.edu.ar/editorial>
- Meza, A. (2019). *Uso de la fibra de cabuya para el análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente – 2019*. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2393>
- Normas C.E\_010 del R.N.E. (s.f.).
- RNE de la normativa CE\_010. (s.f.).
- Villafana, G., & Ramirez, R. (2019). *Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros sbs betutec ic y una mezcla asfáltica convencional 60/70*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21259>

## **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Primo Sumaran, J. (2024). *Evaluar la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

<i>PROBLEMA</i>	<i>OBJETIVOS</i>	<i>HIPÓTESIS</i>	<i>VARIABLE</i>	<i>METODOLOGÍA</i>
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>NIVEL DE INVESTIGACION:</b>
¿Cuál es el efecto de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023?	Evaluar el efecto de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.	La estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente mejorara significativamente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023	Polímero de tipo S.B.S.	Explicativo
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACION:</b>
¿Cuáles son las propiedades volumétricas de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023?	Determinar las propiedades volumétricas de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.	La evaluación de las propiedades volumétricas de la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente mejorara significativamente empleando el polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.	Firmeza de una combinación de material asfaltico candente.	Cuantitativo
¿Cuál es el porcentaje más óptimo del polímero SBS en la estabilidad de una mezcla asfáltica en caliente	Determinar el porcentaje más óptimo del polímero SBS en la estabilidad de	La evaluación del porcentaje más óptimo del polímero SBS influye significativamente en la estabilidad de		<b>DISEÑO</b>

---

en el departamento de Huánuco-2023?	una mezcla asfáltica en caliente en el departamento de Huánuco-2023	una mezcla asfáltica en caliente en el departamento de Huánuco-2023.
-------------------------------------	---	--

---

¿Cuál es el módulo de resiliente de una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023?	Determinar el módulo de resiliente de una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.	El módulo de resiliente influye significativamente en la mezcla asfáltica modificada con polímero SBS en el departamento de Huánuco-2023.
--	--	---

Experimental

## ANEXO 2 EVIDENCIAS

### “EVALUAR LA ESTABILIDAD DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EMPLEANDO EL POLIMERO SBS EN EL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO-2023”

Posición geográfica de la cantera Yanag, área designada para obtener material granular utilizado en el ensayo Marshall.

<i>Latitud</i>	9°59'46.80"S
<i>Longitud</i>	76°14'28.06"O

**Figura 18**  
*Ubicación*



**Figura 19**  
*Ubicación de entrada a la cantera de yanag*



**Figura 20**

*Remoción de piedras pequeñas*



**Figura 21**

*Recogida de arena de granulometría gruesa*



**Elaboración del modelo de las combinaciones y realización de la prueba de consistencia**

**Figura 22**

*Fragmentos de roca triturada con un tamaño de 1/2 pulgada*



**Figura 23**

*Medición y proporción de los diferentes materiales*



**Figura 24**

*Medición de la masa de los ensayos*



**Figura 25**

*Someter los elementos al calor en la cocina*



**Figura 26**

*Combinación de los elementos*



**Figura 27**

*Aumentar la temperatura del molde y del martillo utilizado en el ensayo Marshall*



**Figura 28**

*Posicionar el diseño en el molde Marshall y compactar mediante golpeteos*



**Figura 29**

*Realizar un compactó con 75 choques en cada superficie*



**Figura 30**

*Retirar las briquetas y documentar su masa*



**Figura 31**

*Periodo de reposo de las briquetas estándar (muestra de referencia) durante 24 años*



**Figura 32**

*Documentar las medidas utilizando el indicador vernier digitalizado*



**Figura 33**

*Documentación de las masas: M.s, M.S.U.M y M.sss*



**Figura 34**

*Método de calentamiento (Baño maría)*



**Figura 35**

*Elevar la temperatura del dispositivo de ruptura*



**Figura 36**

*Ubicar las briquetas dentro de la mandíbula del dispositivo de compresión Marshall*



**Figura 37**

*Posición de mandíbula en dispositivo de compresión Marshall*



**Figura 38**

*Evaluación de las briquetas mediante el empleo del dispositivo de compresión Marshall*



**Figura 39**

*Muestras estándar de briquetas comunes que han sido sometidas a ensayos*



**Figura 40**

*Molienda para la desintegración del polímero SBS*



**Figura 41**

*Intervalo de inactividad de las briquetas alteradas (muestra experimental) durante un lapso de 24 horas*



**Figura 42**

*Prendas de protección para mano*



**Figura 43**

*Mantel*



**Figura 44**

*Instrumentos de tamizado junto con un cepillo*



**Figura 45**

*Cucharon*



**Figura 46**

*Recipiente*



**Figura 47**

*Instrumentos de pesaje con capacidad para hasta 6000 gramos*



**Figura 48**

*Recipientes hondos*



**Figura 49**

*Dispositivo electrónico que mide la temperatura*



**Figura 50**

*Cocinas que se utilizan con energía eléctrica*



**Figura 51**

*Lubricante y molde utilizado en el ensayo Marshall*



**Figura 52**

*Instrumento para esparcir*



**Figura 53**

*Instrumento de compresión y soporte de martillo*



**Figura 54**

*Expulsor de pruebas asfálticas*



**Figura 55**

*H<sub>2</sub>O desionizada*



**Figura 56**

*Medición vernier digitalizado*



**Figura 57**

*Bulk*



**Figura 58**

*Molienda manual*



**Figura 59**

*Calentado la sustancia (Baño de maría)*



**Figura 60**

*Microondas a electricidad*



**Figura 61**

*Cabezal de presión de tipo Marshall*



**Figura 62**

*Se muestra la prensadora Marshall*

