



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente  
incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57-  
Comas, Lima 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

AUTOR

Valdivia Sánchez Vitmer Lubel

ASESOR

Mg. Carbajal Reyes Lilia Rosa

LINEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA-PERÚ

2017-I

## **Página de Jurado**

---

**Presidente**

---

**Vocal**

---

**Secretario**

## **DEDICATORIA**

A mi familia por brindarme apoyo y ánimos para poder cumplir la primera meta trazada y hacer posible el desarrollo del proyecto de investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres y familias por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto de investigación.

Al Ing. Minaya y todo el equipo que forma parte de oficina de investigación por el constante apoyo brindado.

A la Dirección de Estudios Especiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones por brindarme acceso a las instalaciones de su laboratorio Central y a los Ingenieros y técnicos que conforman.

A la Ing. Valladares, por sus orientaciones y recomendaciones.

A TDM Asfaltos, por brindarme su apoyo al presente proyecto de investigación.



## **DEDICATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Valdivia Sánchez Vitmer Lubel, con DNI N° 70903773, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que todas la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la tesis son auténticos y veraces.

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

Lima, 12 de Junio del 2017

---

**Vitmer Lubel Valdivia Sánchez**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento mi tesis titulada “Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017”, lo cual someto a su consideración y espero plasme con los requisitos de aprobación para obtener el título de Ingeniero Civil.

Autor: Vitmer Lubel Valdivia Sánchez

## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XV</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1. Realidad del problema .....	16
1.2. Trabajos previos .....	17
1.2.1. Antecedentes nacionales .....	17
1.2.2. Antecedentes internacionales .....	18
1.3. Teoría relacionados al tema .....	20
1.3.1. Polímero .....	20
1.3.1.1. Tipos de polímeros .....	20
1.3.1.2. Aplicación del polímero.....	21
1.3.2. Asfalto.....	21
1.3.2.1. Obtención del asfalto .....	22
1.3.2.2. Composición química .....	23
1.3.2.3. Propiedades.....	23
1.3.2.4. Clasificación del asfalto .....	24
1.3.3. Asfalto modificado .....	25
1.3.3.1. Polímero utilizados para la modificación de asfaltos .....	26
1.3.3.2. Elastómeros.....	26
1.3.3.2. Plastómeros.....	27
1.3.4. Ensayos en laboratorio .....	28
1.3.4.1. Asfalto.....	28
1.3.4.2. Agregados .....	31
1.3.5. Diseño de mezcla asfáltica en caliente.....	33
1.3.5.1. Método Marshall .....	33
1.3.6. Resistencia al daño inducido por efectos de humedad.....	37
1.4. Marco conceptual .....	38
1.5. Formulación del problema .....	39
1.5.1. Problema general .....	39
1.5.2. Problemas específicos.....	39
1.6. Justificación del estudio.....	39
1.7. Hipótesis.....	40

1.7.1. Hipótesis general .....	40
1.7.2. Hipótesis específicos .....	40
1.8. Objetivo.....	40
1.8.1. Objetivo general.....	40
1.8.2. Objetivos específicos .....	40
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>41</b>
2.1. Diseño de investigación .....	41
2.2. Variables, operacionalización .....	43
2.2.1. Variables.....	43
2.2.2. Operacionalización .....	43
2.3. Población y muestra .....	45
2.3.1. Población .....	45
2.3.2. Muestra.....	45
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	46
2.5. Métodos de análisis de datos .....	47
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
3.1. Calidad de agregados.....	48
3.2. Porcentaje de adición del polímero.....	52
3.3. Calidad del cemento asfáltico .....	52
3.3.1. Evaluación del asfalto convencional .....	52
3.3.2. Evaluación del asfalto modificado.....	53
3.4. Evaluación de la mezcla .....	56
3.4.1. Diseño de mezclas convencional.....	58
3.4.2. Diseño de mezclas modificado con polímeros SBS.....	66
3.4.3. Evaluación de la resistencia al daño inducido .....	82
3.5. Evaluación de fallas .....	87
3.6. Análisis económico .....	87
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>95</b>

<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS .....</b>	<b>98</b>
<b>VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>
<b>VIII. ANEXO .....</b>	<b>101</b>
➤ Instrumentos y validación de los ensayos de laboratorio.....	101
➤ Recibo digital del Turnitin .....	129
➤ Reporte de similitud del Turnitin .....	130
➤ Matriz de consistencia .....	131
<b>Anexo 02</b>	
Instrumento de recolección de datos y validación de las fallas en la carpeta de rodadura.....	142
<b>Anexo 03</b>	
Planos .....	159

### **LISTA DE FIGURAS**

Figura 01: Obtención de asfalto.....	22
Figura 02: Composición química .....	23
Figura 03: Equipo para el ensayo de penetración .....	28
Figura 04: Viscosidad de tubo capilar .....	29
Figura 05: Equipo para el ensayo de ductilidad .....	30
Figura 06: Ensayo punto de inflamación.....	31
Figura 07: Muestra del ensayo Casagrande .....	32
Figura 08: Ensayo de tracción directa .....	37
Figura 09: Ubicación de la cantera .....	47
Figura 10: Ubicación del laboratorio .....	48
Figura 11: Reporte del ensayo Marshall .....	100
Figura 12: Reporte del ensayo a la tracción .....	101
Figura 13: Plantilla del ensayo de durabilidad .....	102
Figura 14: Plantilla del ensayo de Abrasión Los Ángeles .....	103
Figura 15: Granulometría de agregados.....	104
Figura 16: Constancia de validez y confiabilidad de reporte de ensayos .....	105
Figura 17: Ensayo de granulometría.....	106
Figura 18: Ensayo de peso específico y absorción de agregados.....	107
Figura 19: Ensayo de índice de plasticidad .....	108

Figura 20: Ensayo de partículas con caras de fractura , chatas y alargadas	109
Figura 21: Ensayo equivalente de arena .....	110
Figura 22: Ensayo de abrasión .....	111
Figura 23: Ensayo de durabilidad por medio del sulfato de magnesio.....	112
Figura 24: Certificado de calidad del cemento asfaltico PEN 60/70 .....	113
Figura 25: Carta de viscosidad PEN60/70.....	114
Figura 26: Certificado de calidad del cemento asfaltico modificado con polímeros SBS ( Betutec IC).....	115
Figura 27: Carta de viscosidad Betutec IC .....	116
Figura 28: Ficha técnica del mejorador de adherencia (Morlife 2200) .....	117
Figura 29: Ensayo de adherencia de agregados gruesos y finos .....	118
Figura 30: Ensayo de peso específico teórico máximo (A. Convencional) ...	119
Figura 31: Ensayo de peso específico teórico máximo (A. Modificado).....	120
Figura 32: Mezcla de agregados y curva granulométrica .....	121
Figura 33: Reporte de resultado del ensayo Marshall (convencional) .....	122
Figura 34: Gráficos de los resultado de la mezcla asfáltica convencional ....	123
Figura 35: : Reporte de resultado del ensayo Marshall (modificada).....	124
Figura 36: Gráficos de los resultado de la mezcla asfáltica modificada.....	125
Figura 37: Reporte del ensayo de resistencia a la tracción (Convencional) .	126
Figura 38: Reporte del ensayo de resistencia a la tracción (Modificado).....	127
Figura 39: Cantera – Leticia cerro blanco.....	132
Figura 40: Granulometría de agregado grueso.....	132
Figura 41: Ensayo de chatas y alargadas.....	132
Figura 42: Ensayo de durabilidad .....	132
Figura 43: Ensayo Los Ángeles .....	132
Figura 44: Malla N°12 .....	132
Figura 45: Determinando la humedad .....	133
Figura 46: Muestras saturadas en la Fiola.....	133
Figura 47: Determinando el limite liquido.....	133
Figura 48: Medición de altura de finos.....	133
Figura 49: Ensayo Riedel weber.....	134
Figura 50: Visualización del desprendimiento .....	134
Figura 51: Ensayo de penetración a 25°C .....	134

Figura 52: Ensayo de viscosidad .....	134
Figura 53: Dosificación de agregados .....	135
Figura 54: Verificando la temperatura de agregados.....	135
Figura 55: Adición del aditivo de adherencia .....	135
Figura 56: Peso del agregado más bitumen .....	135
Figura 57: Mezclado de agregados más bitumen .....	136
Figura 58: Adicionando la mezcla al molde de compactación .....	136
Figura 59: Compactación de mezclas asfálticas.....	136
Figura 60: Extracción de las briquetas.....	136
Figura 61: Briquetas de la mezcla convencional.....	137
Figura 62: Briquetas de la mezcla modificada .....	137
Figura 63: Saturación de briquetas a 25°C .....	137
Figura 64: Determinando gravedad específica de las briquetas .....	137
Figura 65: Determinando peso específico teórico máximo .....	138
Figura 66: Inmersión de briquetas al baño María a 30°C .....	138
Figura 67: Rotura de las briquetas.....	138
Figura 68: Briquetas ensayadas .....	138
Figura 69: Briquetas para el ensayo TSR .....	139
Figura 70: Medición de altura de las briquetas .....	139
Figura 71: Saturación de las briquetas para el ensayo TSR.....	139
Figura 72: Determinación del volumen de las briquetas .....	139
Figura 73: Absorción de las briquetas a 25°C .....	140
Figura 74: Adición de 3ml de agua a las briquetas para la saturación.....	140
Figura 75: Disposición de briquetas para la alteración de temperaturas .....	140
Figura 76: Rotura de las briquetas por tracción .....	140
Figura 77: Muestra ensayada de la mezcla convencional .....	141
Figura 78: Muestra ensayada de la mezcla modificada .....	141

### **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 01: Curva granulométrica .....	51
Gráfico 02: Adherencia de los agregados finos .....	54
Gráfico 03: Punto de inflamación.....	55
Gráfico 04: Perdida por calentamiento a 163°C (TFOT).....	55
Gráfico 05: Porcentaje cemento asfáltico vs peso específico .....	63

Gráfico 06: Porcentaje cemento asfáltico vs estabilidad.....	63
Gráfico 07: Porcentaje cemento asfáltico vs vacíos .....	64
Gráfico 08: Porcentaje cemento asfáltico vs vacíos llenos con C.A. ....	64
Gráfico 09: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A. ....	65
Gráfico 10: Porcentaje cemento asfáltico vs flujo .....	65
Gráfico 11: Porcentaje cemento asfáltico modificado. vs peso específico.....	71
Gráfico 12: Porcentaje cemento asfáltico. modificado vs estabilidad .....	71
Gráfico 13: Porcentaje cemento asfáltico modificado vs vacíos .....	72
Gráfico 14: Porcentaje cemento asfáltico modificado vs vacíos llenos con C.A. .....	72
Gráfico 15: Porcentaje cemento asfáltico modificado vs V.M.A.....	73
Gráfico 16: Porcentaje cemento asfáltico modificado vs flujo.....	73
Gráfico 17: Cemento asfáltico vs peso específico .....	74
Gráfico 18: Cemento asfáltico vs estabilidad.....	75
Gráfico 19: Cemento asfáltico vs vacíos.....	76
Gráfico 20: Cemento asfáltico vs V.M.A .....	77
Gráfico 21: Cemento asfáltico vs vacíos lleno con C.A.. ....	78
Gráfico 22: Cemento asfáltico vs flujo .....	79
Gráfico 23: Índice de rigidez .....	80
Gráfico 24: Temperaturas según la carta de viscosidad.....	81
Gráfico 25: Determinación del número de golpes.....	82
Gráfico 26: MAC vs %TSR .....	86
Gráfico 27: Evaluación de falla de la 1ra calzada .....	88
Gráfico 28: Evaluación de falla de la 2da calzada .....	90

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla 01: Numero de esferas según la masa de carga .....	32
Tabla 02: Requerimiento para los agregados gruesos .....	34
Tabla 03: Requerimiento para agregados finos .....	35
Tabla 04: Gradación de mezcla asfáltica en caliente (MAC) .....	35
Tabla 05: Especificaciones del cemento asfáltico por penetración.....	36
Tabla 06: Requisitos para el diseño de MAC.....	36
Tabla 07: Penetración recomendada para climas diferentes.....	42
Tabla 08: Operacionalización de variables .....	44



Tabla 09: Muestra de ensayos establecidos.....	45
Tabla 10: Ensayos para el desarrollo de la investigación .....	46
Tabla 11: Resultados de calidad de agregados gruesos .....	49
Tabla 12: Resultados de calidad de agregados finos .....	49
Tabla 13: Granulometría determinada .....	50
Tabla 14: Proporciones de mezcla de agregados.....	51
Tabla 15: Resultados de la calidad de asfalto convencional .....	52
Tabla 16: Resultados de la calidad de asfalto modificado .....	53
Tabla 17: Materiales para el diseño de MAC .....	56
Tabla 18: Dosificación de agregados para el diseño de MAC .....	57
Tabla 19: Diseño de mezcla asfáltica (4.5% asfalto) .....	58
Tabla 20: Diseño de mezcla asfáltica (5.0% asfalto) .....	59
Tabla 21: Diseño de mezcla asfáltica (5.5% asfalto) .....	60
Tabla 22: Diseño de mezcla asfáltica (6.0% asfalto) .....	61
Tabla 23: Diseño de mezcla asfáltica (6.5% asfalto) .....	62
Tabla 24: Diseño de mezcla asfáltica modificado (4.0% asfalto).....	66
Tabla 25: Diseño de mezcla asfáltica modificado (4.5% asfalto).....	67
Tabla 26: Diseño de mezcla asfáltica modificado (5.0% asfalto).....	68
Tabla 27: Diseño de mezcla asfáltica modificado (5.5% asfalto).....	69
Tabla 28: Diseño de mezcla asfáltica modificado (6.0% asfalto).....	70
Tabla 29: Determinación del porcentaje de vacíos para el ensayo TSR .....	83
Tabla 30: Evaluación del ensayo TSR de la mezcla convencional.....	84
Tabla 31: Evaluación del ensayo TSR de la mezcla modificada .....	85
Tabla 32: Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica (1ra calzada).....	87
Tabla 33: Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica (2da calzada) .....	89
Tabla 34: Análisis de precios unitarios de la mezcla convencional.....	91
Tabla 35: Análisis de precios unitarios de la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS (Betutec IC).....	92
Tabla 36: Análisis de costo unitario directo de la producción de la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS .....	93
Tabla 36(a): Análisis de costo unitario directo de la colocación en obra .....	93
Tabla 37: Cuadro de resumen del presupuesto aplicativo .....	94

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal determinar que de manera la incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico con respecto al asfalto convencional en la Av. Universitaria. Se especifican el uso del asfalto PEN 60/70 y agregados provenientes de la cantera “Leticia Cerro Blanco”, las cuales han sido ensayados de acuerdo a procedimientos y especificaciones indicados en las normas EG-2013 y EM-2016.

Al comparar los resultados obtenidos, se determinó que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional fue 1389.4 kg mientras que la mezcla modificada con polímeros SBS fue 1921.4 kg una diferencia de 38.28%. Es decir, que el modificado tiene la capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo tráficos pesados. Asimismo estos resultados influyen en la resistencia del daño inducido por humedad presentando un buen comportamiento de un incremento de TSR 8.85% con respecto al convencional. Esto indica que la susceptibilidad a la humedad mínima.

Por lo tanto la incorporación de polímeros SBS a la mezcla asfáltica convencional, mejora notablemente sus propiedades físicas y mecánicas, así disminuir fallas comunes en pavimentos flexibles producidos por los efectos del clima y tráficos de cargas pesadas.

## **ABSTRACT**

The present research project has as main objective to determine that the incorporation of SBS polymers improves the mechanical behaviour with respect to conventional asphalt in the Av. Universitaria. Specifies the use of asphalt PEN 60/70 and aggregates from the quarry "Leticia Cerro Blanco", which have been tested according to procedures and specifications stated in regulations EG-2013 and EM-2016.

Comparing the results obtained, was determined to the stability of the conventional asphalt mixture 1389.4 kg while mixing it modified with SBS polymers was 1921.4 kg a difference of 38.30%. That the modified has the ability to resist displacement and deformation under heavy traffic. These results also influence the resistance of the damage induced by moisture presenting a good behavior of an increase of TSR 8.85% compared to the conventional. This indicates that the susceptibility to minimum moisture.

Therefore the incorporation of SBS polymers to the conventional asphalt mix, improves its physical and mechanical properties, thus diminishing common faults in flexible pavements caused by the effects of weather and heavy traffic.

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. Realidad Problemática**

A pasar lo tiempos, las carreteras forman parte del desarrollo de un país por lo cual es importante tener una vía en buen estado para tener mejor transitabilidad de los vehículos y alargar la vida útil de la estructura del pavimento.

En la actualidad, existen problemas que reflejan el mal estado de las carreteras, vías de acceso y avenidas principales, ya que están sometidas desde el inicio y a lo largo de su funcionalidad a factores como el clima, el tráfico pesado, cual conlleva a tener fallas en la carpeta asfáltica como, agrietamientos de bloques, ahuellamientos, fisuras, piel de cocodrilo, huecos, parcheo y acometidas de servicios públicos que son ocasionados por el método de construcción, la falta de mantenimiento y materiales seleccionados para el diseño.

Con respecto antes mencionado, es de suma importancia realizar un buen estudio de la zona, así evitar futuros daños en pavimentos asfálticos al mismo tiempo la accidentabilidad y económico. Asimismo la Av. Universitaria una de las principales de la provincia de Lima y Callao, presentan factores elevados de deterioro en la carpeta de rodadura. Por ello el presente proyecto se enfoca en mejorar la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS, para más adelante analizar el grado de desempeño de ellas, tanto del convencional y modificada.

## **1.2. Trabajos Previos**

### **1.2.1. Antecedentes nacionales**

Según Salcedo (2008), en su tesis titulada “Experiencia de modificación de cemento asfáltico con polímeros SBS en obra” fijó como objetivo principal alterar el asfalto convencional por medio de la adición de polímeros SBS con el fin de renovar sus características mecánicas de resistencia a las deformaciones presentes por factores climatológicos y de tráfico (ahuellamientos y fatiga respectivamente). Aplicó la siguiente metodología: método: científico, tipo: aplicada y diseño: experimental y se obtuvo los siguientes resultados: incremento del punto de ablandamiento en 40% en asfaltos modificados con polímero SBS con respecto al asfalto convencional, la recuperación elástica de un PEN 60- 70 aumento en 80% en asfaltos modificados a diferencial del convencional y concluye que es obligatorio contar con equipos de laboratorio equipado para realizar en obra los ensayos especificados para asfaltos y mezclas asfálticas con polímeros y convencionales.

Salinas (2009), en su tesis titulada “Aplicación de micropavimento usando asfalto modificado con polímeros en la vía Sullana-Aguas Verdes” fijó como objetivo principal dar a saber la técnica de esta nueva adición de micropavimento con asfaltos modificados con polímeros para la rehabilitación de vías y definir la mejora que hay entre el esfuerzo y la deformación del asfalto modificado en relación con el asfalto convencional. Aplicó la metodología de diseño experimental y obtuvo los siguientes resultados: Disminuyó la penetración al cemento asfáltico modificados polímeros de un PEN 60-70(convencional) a un PEN de 55-70, el punto de ablandamiento especificada a una temperatura mínima de 60°C, pero al ser modificado con polímeros SBS mejoró con un promedio de 69.9°C superando el mínimo indicado. La investigación concluye que el cemento asfáltico más el polímero, reduce la susceptibilidad térmica, mejora la conducta a la fatiga, incrementa la resistencia al envejecimiento,

aumenta la adhesividad árido-ligante, cede el uso de asfalto en mezclas drenantes, mezclas abiertas microaglomerados, etc. Por lo tanto recomienda evitar retoques y reparaciones en la carpeta asfáltica por motivo que la temperatura baja rápidamente por la presencia del polímero y evitar el almacenamiento prologado de la mezcla.

Paredes (2009), en su tesis titulada “Comportamiento mecánico de las mezclas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt)” fijo como objetivo principal plantear un ensayo de laboratorio que permita definir apropiadamente el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas SMA en situaciones propios del país. Aplico la metodología de tipo aplicada, diseño experimental donde concluye que los estudios empíricos han justificado la buena capacidad y un buen módulo de rigidez ante presiones establecidas y a temperaturas extremas. Por lo tanto es recomendable esta mezcla para el uso en zonas de alturas en que los vacíos no admiten que se deteriore o se raje con los cambios de temperatura que están por lo tanto recomienda seguir contribuyendo a estudios de este tipo de mezcla (SMA), a fin de establecer el beneficio ampliada de su uso ya que beneficiará a mediano y largo plazo a los beneficiados de las vías terrestres.

### **1.2.2. Antecedentes internacionales**

López y Veloz (2013), en su tesis titula “Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS”, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba” fijo como objetivo: Ejecutar un estudio comparativo de las mezclas asfálticas adicionado con polímeros SBS y SBR. Aplico la metodología científica, diseño experimental y tipo aplicada, donde obtuvo los resultados siguientes: Que al adicionar polímeros SBS a la mezcla asfálticas en caliente se obtuvo un incremento en la estabilidad de 88.10% y flujo de 13.33% mientras en que al adicionar polímeros SBR a la mezcla en frio fue de 3.68% de estabilidad y 3.70% de flujo, el

costo que incrementa al adicionar el polímero SBS con un 24.81% que a analizar conlleva su utilización y se recomienda aplicar asfaltos modificados con polímeros, ya que, se pueden disminuir los espesores de la capa de rodadura conservando la capacidad estructural y disminuir costo en el mantenimiento preventivo.

Vázquez (2010), en su tesis titulada “Ventajas y Desventajas del uso de polímeros en los asfaltos” fijo como objetivo principal analizar el comportamiento de la mezcla asfáltica usando polímeros para plantear su rendimiento con una mezcla convencional. Asimismo menciona que los asfaltos modificados marcaron un nuevo rumbo dentro del mercado de asfaltos favoreciendo a disminuir las deformaciones permanentes obteniendo mezclas más rígidas a altas temperaturas, reduciendo el fisuramiento y disminuyendo el nivel de ruidos en cuanto al acabado terminado, adicionalmente las desventajas de usar polímeros en el asfalto viene a ser el alto costo del polímero, siendo que todos los polímeros no seas compatibles con el cemento asfáltico, permitiendo que los agregados a utilizar no presenten suciedades ni humedad, Finalmente concluye que emplear asfaltos modificados ha beneficiado países en Europa y América del norte a pesa del costo.

Según Rodríguez (2008), en la tesis titulada “Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero” fijo como objetivo principal: Efectuar un análisis de relación que hay entre el asfalto convencional y el asfalto modificado con polímeros, utilizando específicamente el ensayo Marshall. Aplico la metodología de método científico y de diseño experimental donde obtuvo como resultado la resistencia a la compresión con 90 kg/cm<sup>2</sup> del asfalto convencional y con 94 kg/cm<sup>2</sup> del asfalto modificado, con un óptimo de asfalto de 5.5% al asfalto convencional contiene un 16.65% de vacío en el agregado mineral mientras que en el asfalto modificado disminuye los vacíos en el

agregado mineral con 15.5% y finalmente concluye que los asfaltos modificados con polímero, tienen más capacidad de conservar su forma bajo a las fuerzas a los cuales son sometidos, que al estudiar los resultados obtenidos de la estabilidad y fluencia con el asfalto modificado posee una mejor conducta que las mezclas con asfalto convencional.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Polímero**

“Un polímero es una gran molécula construida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples. En algunos casos la repetición es lineal, de forma semejante a como una cadena la forman sus eslabones” (Fidias G., 2012 pág. 3)

Por lo tanto están formados por alto peso molecular compuesto por varias unidades químicas llamadas monómeros que están unidos una tras otra, tomando diferentes formas al ser calentadas.

##### **1.3.1.1. Tipos de polímeros**

###### **a) Polímeros Naturales**

(López y Veloz, 2013 pág. 20) hace mención que son provenientes de la naturaleza tanto como del reino animal o vegetal tales como las proteínas, el almidón, la celulosa, el caucho natural, etc.

###### **b) Polímeros Artificiales**

Son provenientes de modificaciones químicas adicionando polímeros naturales como la nitrocelulosa.



### c) **Polímeros sintéticos**

Son provenientes de la polimerización de los polímeros artificiales que ocurren cuando el hombre mejora al existente como polietileno, polimetano, nylon, cloruro de polivinilo, etc.

#### 1.3.1.2. **Aplicación del polímero**

La aplicación se da en diferentes campos donde (López y Veloz, 2013) mencionan como:

- **Plásticos:** Son polímeros que al ser sometido a un esfuerzo tienden a deformarse irreversiblemente evitando volver a su forma inicial.
- **Fibras:** Estos polímeros presenta una baja extensibilidad, lo cual permite que su tejido se mantenga estables.
- **Adhesivos:** Son las que combinan una alta adhesividad y cohesión donde permite que los cuerpos se unan superficialmente.

#### 1.3.2. **Asfalto**

“Material cementante, [...] constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013 pág. 735).

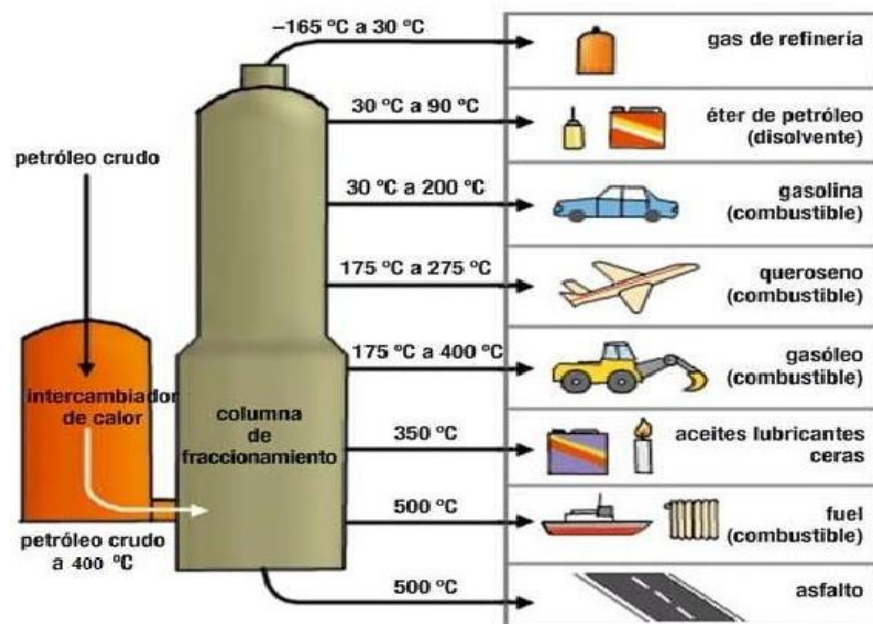
Según la ASTM define al asfalto como “un cementante de color marrón oscuro o negro en el que sus componente predominantes son las asfáltenos que pueden ser naturales u obtenidos como residuo de la refinación del crudo del petróleo”

### 1.3.2.1 Obtención del asfalto

La obtención del asfalto se realiza mediante la refinación del crudo de petróleo lo cual es una mezcla de hidrocarburos.

(Repsol) Menciona un procedimiento por niveles que se lleva a cabo la destilación, donde se calienta en un gran horno a una temperatura de 370°C para luego ser transportado por la torre de destilación que conforman en el primer nivel los gases, según nivel naftas y gasolinas, tercer nivel por querosene, cuarto nivel gasóleos que son utilizados para calefacción, quinto nivel para lubricantes, parafinas, ceras y asfalto y sexto nivel por fuelóleo y coque que son utilizados como combustibles industriales. En la figura 01 muestra a obtención del asfalto a través del crudo de petróleo.

Figura 01: Obtención del asfalto



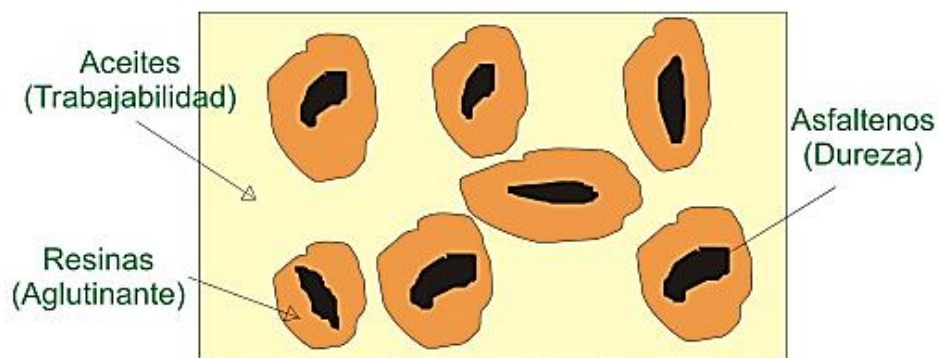
Fuente: emaze

### 1.3.2.2 Composición química

La composición química está dada por asfaltemos, resinas, aromáticos y saturados.

“Los asfaltemos proporcionan la dureza del asfalto, las resinas son los que aglutinan los asfaltemos, brindando la capacidad de liga. Los aromáticos y saturados son aceites, que le dan la consistencia para que sean trabajables” (Asopac, 2004 pág. 10).

Figura 02: Composición química



Fuente: Asopac

### 1.3.2.3 Propiedades

#### a) Durabilidad

“Es la resistencia que ofrece la mezcla a la desintegración por los agentes climáticos o por los esfuerzos abrasivos del tránsito” (Céspedes Abanto, 2002 pág. 77).

Lo cual la durabilidad muestra que tanto soporta al ser expuestos a procesos de envejecimiento y degradación.

#### b) Susceptibilidad a la temperatura

Es una propiedad importante del asfalto porque varía su estado de temperatura en diferentes climas.

Según (Céspedes Abanto, 2002 pág. 54) menciona que es “una de las propiedades reológicas de los asfaltos, que es importante conocer es la del cambio de sus propiedades por efecto de temperatura”.

**c) Susceptibilidad al envejecimiento y endurecimiento**

El endurecimiento del bitumen asfáltico es causado por la alteración con el oxígeno (oxidación) o por sublimación. La oxidación ocurre en el momento del mezclado ya que se encuentran a altas temperaturas. (Asopac, 2004)

**d) Cohesión y Adhesión**

La cohesión hace que el cemento asfáltico tenga la capacidad de conservar firmemente las partículas del agregado en el diseño de la carpeta asfáltica y se adhiera al agregado sin rasgos de desprendimiento del bitumen.

**1.3.2.4 Clasificación del asfalto**

**a) Cemento asfáltico**

El cemento asfáltico es un material denso, realizado para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013 pág. 356).

Estos asfaltos son preparados para la utilización en la construcción de carreteras pavimentadas de alto tránsito, por lo tanto cumplirá ciertas características basados en Manual de Ensayos Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

## **b) Asfaltos líquidos**

Se originan disolviendo cemento asfáltico en algún solvente de petróleo (Asopac, 2004 pág. 11). Lo cual conforman en grupos de curado rápido, medio y lento.

RC: Curado rápido

MC: Curado medio

SC: Curado lento

“Esta denominación se suele acompañar de un número que indica el grado de viscosidad cinemática. Por ejemplo: RC-250, MC-70” (Asopac, 2004 pág. 11).

### **1.3.3. Asfalto modificado**

El asfalto modificado tiene una consistencia sólida, al que se le adiciona polímeros para mejorar sus propiedades visco-elásticas, manipulados para la fabricación de mezclas asfálticas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013 pág. 367).

El asfalto modificado consiste en adicionar polímeros con la objetivo de mejorar las características mecánicas por la cual disminuirá la susceptibilidad a la temperatura, oxidación y la humedad causada por el clima.

Según Salina (2004) quiere decir que los modificadores originan una actividad superficial iónica, donde desarrolla la adherencia entre el material rocoso y el asfáltico. También aumenta la resistencia a la deformación y a los esfuerzos de tensión repetitiva, por lo tanto, a la fatiga.

### 1.3.3.1 Polímeros utilizados para la modificación de asfaltos

Según las características mecánicas de los polímeros se clasifica en:

- **Elastómeros.**- Son aquellos que tienen una respuesta elástica como el SBS, SBR, Látex, Hule Natural.
- **Plastómeros.**- Son aquellos que tienen un comportamiento que no se deforman elásticamente y ofrece una resistencia rígida como el Polietileno, PVC, EVA.

Según (Asociación Mexicana de Asfalto, 2008) estos tipos de polímeros son empleados para zonas de frenado intenso, donde se quiere resistir maniobras a los agentes químicos y requiere mantener una buena rugosidad durante la vida útil.

### 1.3.3.2 Elastómeros

#### a) Polímero SBS

Los polímeros Estireno Butadieno Estireno (SBS) es un tipo de modificador que mejora el comportamiento en altas temperaturas como en bajas, lo cual está hecho a base de bloques de estireno en elastómeros radiales, que tiene su utilización en carpetas asfálticas de diferentes espesores. (Vázquez Ruiz, 2010 pág. 39)

#### b) Polímero SBR

El polímero Estireno Butadieno (SBR) tiene una resistencia a la rotura, tracción, adherencia y tiene una buena funcionalidad en permeabilidad, resistente al calor y desgaste y envejecimiento.

#### c) Látex

Es un modificador que aumenta la funcionalidad de mezclas asfálticas a bajas temperaturas, que es utilizado en mezclas

asfálticas en donde se requiere mejorar el comportamiento antes climas extremos. (López Jácome y Veloz Vázquez, 2013 pág. 28)

#### **d) Hule natural**

Es un modificador que incrementa la flexibilidad y resistente a la tensión, por su parte modifica también sus propiedades físicas y reológicas haciendo que disminuya la susceptibilidad térmica y por lo general este material es adicionado directamente al cemento asfáltico.

### **1.3.3.3 Plastómeros**

#### **a) Polímero EVA**

El polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) un tipo de modificador que mejora la resistencia de mezclas asfálticas, minimiza la susceptibilidad térmica, tiene mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas, lo cual es favorable para la estructura del pavimento ya que alarga la funcionalidad de ellas. (Maila Paucar, 2013 pág. 27)

#### **b) Polímero PVC**

Este polímero presenta una compatibilidad baja con el asfalto, de manera que no tiene una buena resistencia al calor y se descompone al estar expuesto a los rayos solares.

### 1.3.4. Ensayos en laboratorio

#### 1.3.4.1. Asfalto

- **Penetración a 25°C**

La finalidad es determinar la dureza y consistencia del bitumen, por lo tanto el ensayo se ejecuta en una distancia de penetración de forma vertical a una cierta carga, tiempo y temperatura al asfalto. Se realiza a 25°C durante 5 segundos. (Cespedes Abanto, 2002 pág. 51). Según el Instituto de Asfalto adoptado cuatro grados de penetración son 60-70, 85-100, 120-150 y 200-300.

Figura 03: Equipo para el ensayo de penetración



Fuente: Humboldt

- **Punto de ablandamiento**

La finalidad ensayo es medir la consistencia y la equivalencia de la viscosidad a cierta temperatura definida por el método anillo y bola, donde indica el valor del material a fluir a temperaturas elevadas. Según el Manual de Ensayo de Materiales en un intervalo de 30 a 80°C que será sumergido en agua destilada usando un termómetro para ver la temperatura y el baño iniciará de 5°C (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).



- **Viscosidad**

Según (The asphalt institute, 1969) la finalidad es establecer el estado de fluidez a las temperaturas que se utilizan durante la aplicación del bitumen. Asimismo se menciona que el objetivo del ensayo es establecer el procedimiento para comprobar la viscosidad del bitumen.

Figura 04: Viscosímetro de tubo capilar



Fuente: Humboldt

- **Ductilidad**

La finalidad del ensayo consiste en moldear en condiciones de temperatura variado el material asfáltico. Se sumergir en agua durante 30min a una temperatura establecida y se somete a alargamiento.

- **Temperatura a 25°C.-** Según las (EG-2013) la ductilidad a temperatura de 25°C es aceptado mayor o igual a 100cm con velocidad de 5cm/min.
- **Temperatura a 5°C.-** Ensayo realizado con un temperatura a 5°C para zonas de altitud mayor a 3000 m.s.n.m.

Se observa en la siguiente figura la maquina donde se realiza el ensayo de ductilidad a distintas temperaturas según indica el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Figura 05: Equipo para el ensayo de ductilidad



Fuente: Propia

- **Recuperación elástica**

La recuperación elástica se realiza en un cilindro de dimensiones especificadas lo cual es sumergido, mediante un dispositivo que gira a 180° pasado 30min se determina el ángulo recuperado Para este presente estudio se realizó la recuperación lineal (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

- **Punto de inflamación**

La finalidad del ensayo es determinar el punto de inflamación en un vaso abierto de Cleveland para asfaltos sólidos, lo cual nos indicará el punto máximo que se puede calentar el material sin correr el riesgo de prender en llamas. Consiste en colocar el vaso y se calienta mediante un mechero o estufa eléctrica, ver la figura 06, permitiendo que la temperatura suba uniformemente hasta el punto de inflamarse.

Figura 06: Ensayo Punto de Inflamación.



Fuente: Propia

- **Ensayo de película delgada en horno**

La finalidad del ensayo es indicar el cambio aproximado en las propiedades de asfalto durante el proceso de pérdida por calentamiento en un rango de 155 a 170°C, indicando la viscosidad, penetración o ductilidad y pérdida por calentamiento que indica las propiedades luego del envejecimiento por medio de temperaturas, según especifica el manual de ensayo de materiales MTC E 315.

#### 1.3.4.2. Agregados

- **Durabilidad a los sulfatos**

El objetivo del ensayo es determinar la resistencia que presenta los agregados gruesos y finos a la desintegración por medio del sulfato de sodio o magnesio, durante no menos de 16hrs ni más de 18hrs, de tal manera que la solución cubra por completo luego se coloca al horno para secar y se repita el proceso variando de baño y secado hasta obtener el número de ciclos requeridos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 331).

- **Abrasión los Ángeles**

El objetivo principal es determinar el desgaste o abrasi3n sufrido por la máquina de Los Ángeles que rota en una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, para luego ser descargado sobre el tamiz N° 12 donde se verifica el porcentaje de desgaste. Se observa en la tabla 01 la cantidad de billas que será introducido en la máquina y la cantidad de muestra necesaria durante 500 revoluciones.

Tabla 01: Número de esferas según la masa de carga

Gradacion	Numeros de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Fuente: Manual de ensayos de Materiales (MTC)

- **Índice de plasticidad**

Según el Manual de Ensayo de Materiales, el objetivo es obtener el Limite liquido (L.L.), Limite plástico (L.P.) y el cálculo del Índice de plasticidad (I.P.) a través de la Copa de Casagrande

Figura 07: Muestra del ensayo Casagrande



Fuente: Propia

- **Gravedad específica y absorción**

Este ensayo nos permite determinar el peso específico, peso específico saturado, peso aparente y la absorción que se comprueba pasado las 24hrs de estar sumergido en agua, lo cual también es utilizado para el cálculo de vacíos que presente un agregado según el manual de ensayos de materiales MTC E 206.

- **Equivalente de arena**

La finalidad de este ensayo es determinar la proporción relativa del limo o arcillas que son perjudiciales para el diseño de mezcla asfáltica. Lo cual, consiste en pasar el agregado fino por la malla N° 4, luego se coloca el material en cilindros transparentes y se agitado por una agitadora mecánica, se reposa durante 20min y se lee la altura máxima de la suspensión de limos o arcillas, según indica el manual de ensayo de materiales MTC E 114.

### **1.3.5. Diseño de mezcla asfáltica en caliente**

#### **1.3.5.1. Método Marshall**

El método fue desarrollado por Bruce Marshall un ingeniero del Estado de Misisipi, donde la investigación fue iniciada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943. A través de un larga investigación de pruebas realizadas y correlación de estudios en el laboratorio, el cuerpo de Ingenieros mejoro y añadió detalles al procedimiento del ensayo Marshall, y posteriormente los criterios desarrollados para el diseño de mezclas (Asphalt Institute, 1982 pág. 70).

El diseño por este método consiste en el estudio de la selección y dosificación de los agregados, aprobando confinar económicamente y asegurar las características siguientes:

- a) **Cantidad de asfalto:** Sea lo suficiente y necesario para envolver las partículas del agregado.
- b) **Porcentaje de vacíos:** Que presente el vacío suficiente para evitar la posible expansión y exudación del asfalto.
- c) **Estabilidad:** Sea lo necesario para evitar posible deformación y desplazamiento generado por las cargas que del tráfico que están en constante movimiento.
- d) **Trabajabilidad:** Que presente facilidad al ser colocadas y compactadas para evitar posible segregación de los agregados al bitumen.

Para garantizar la calidad de los agregados empleados en el diseño de mezcla asfáltica se especifica en (EG-2013), ver la siguiente tabla.

Tabla 02: Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		<3.000	>3.000
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Absorción*	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

\* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

Los ensayos correspondientes para determinar la calidad de los agregados finos, se observan en la tabla 03.

Tabla 03: Requerimiento para agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		<3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Absorción**	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

\*\* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

Asimismo, en la siguiente tabla 04 se muestra la gradación para la mezcla asfáltica en caliente (MAC) que se emplea de acuerdo a los usos granulométricos.

Tabla 04: Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

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

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

Para realizar la calidad del cemento asfáltico según el grado del PEN (Penetración) se toman las siguientes especificaciones generales. Ver la siguiente tabla.

Tabla 05: Especificaciones del cemento asfáltico por penetración

Tipo		Grado de Penetración									
Grado	Ensayo	PEN		PEN		PEN		PEN		PEN	
		40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
		mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Índice de Penetración (Suceptibilidad Térmica)	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163 °C, 3.2 mm, 5 h</b>											
Pérdida de masa, %	ASTMD 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306			50		57		100		100	

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

En la siguiente tabla 06 se observa los parámetros de diseño por el método Marshall, establecidos por EG-2013.

Tabla 06: Parámetros para el diseño de MAC

Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver tabla 423-10 (EG-2013)		
<b>Inmersión - Comprensión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la cmoprensión Mpa. Mín	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín)	75	75	75
Relación Polvo-Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	80 mín.		

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)



### 1.3.6. Resistencia al daño inducido por efectos de humedad

El ensayo nos permite determinar la resistencia expuesta a cargas bajo tráfico y agentes climáticos de la carpeta asfáltica, donde se evaluará la falla provocada por tensiones de tracción.

Consiste en determinar el número de golpes para un porcentaje de vacío establecido en la norma MTC E 522 en un  $7,0 \pm 0,5\%$  de vacíos, para lo cual se estableció el número de golpes según de 10, 20, 30, 50, 75 con un óptimo de asfalto definitivo mediante el ensayo Marshall.

Una vez determinado el número de golpes se compacta unas seis briquetas para que la mitad sea ensayado en seco y la otra saturada.

Al momento de destituir de los moldes se almacenara por 24 horas a temperatura de ambiente y luego alterar en una saturación de  $60^{\circ}\text{C}$  un parte de ellas. Luego de cumplir con lo establecido en la normativa se procede a la rotura, ver la figura 08.

Figura 08: Ensayo de tracción directa



Fuente: Propia

#### 1.4. Marco conceptual

- a) **Polímeros:** Compuesto químico, natural o sintético, formado por polimerización, que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas (RAE).
- b) **Asfalto:** Sustancia de color negro que procede de la destilación del petróleo crudo, se encuentra en grandes depósitos naturales, y se utiliza para pavimentar carreteras y como revestimiento impermeable de muros y tejados (RAE).
- c) **Pavimento flexible:** Está constituido por capas que permiten transmitir cargas de tránsito hacia el terreno natural sin que ese se deforme.
- d) **Briqueta:** se denomina al espécimen formando un molde de acuerdo al ensayo que se vaya a realizar.
- e) **Compactación:** Acto de comprimir un volumen de material en uno más pequeño.
- f) **Agregado:** Material granular proveniente de roca triturada usado para mezclar en diferentes tamaños.
- g) **Peso Específico:** “Es la proporción del peso de cualquier volumen de material al peso de un volumen igual de agua, ambos a un temperatura determinada” (Instituto de Asfalto).
- h) **Deformación:** Es cualquier cambio que presenta un pavimento respecto a su forma inicial.
- i) **Polimerización:** Reacción en la que dos o más moléculas que se adoptan para formar unidades estructurales (RAE).
- j) **Granulometría:** Indica la distribución de diferentes tamaños de partículas.
- k) **Agregado fino:** Se denomina agregado fino al que pasa de la malla N° 4.
- l) **Agregado grueso:** Se denomina agregado grueso al que retiene de la malla N° 4.
- m) **Mezcla asfáltica en caliente:** Mezcla de agregado más cemento asfáltico que deben ser colocadas y compactadas a altas temperaturas.

## 1.5. Formulación al problema

### 1.5.1. Problema general

¿De qué manera la incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017?

### 1.5.2. Problemas específicos

¿Cómo influye la incorporación de polímeros SBS en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017?

¿Cómo interviene la incorporación de polímeros SBS en la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017?

¿Cómo contribuye la incorporación de polímeros SBS en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57 - Comas, Lima 2017?

## 1.6. Justificación del estudio

La investigación de esta tesis nos permite conocer las propiedades mecánicas a través de la alteración del cemento asfáltico incorporando polímeros.

**Justificación Práctica:** La investigación permite evaluar la incorporación de polímeros para disminuir fallas en la carpeta asfáltica.

**Justificación Económica:** El uso de incorporación de polímeros en la mezcla asfáltica hace que el mantenimiento de las vías sea mínimo.

**Justificación social:** Que permita la buena transitabilidad de los usuarios llegando con menor tiempo a sus destinos y evitando accidentes de tránsito.

## **1.7. Hipótesis**

### **1.7.1. Hipótesis general**

La incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

### **1.7.2. Hipótesis específicos**

La incorporación de polímeros SBS influye en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

La incorporación de polímeros SBS interviene en la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

La incorporación de polímeros SBS contribuye en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

## **1.8. Objetivo**

### **1.8.1. Objetivo general**

Determinar en qué manera la incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

### **1.8.2. Objetivos específicos**

Analizar cómo influye la incorporación de polímeros SBS en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

Evaluar como interviene la incorporación de polímeros SBS en la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

Demostrar como contribuye la incorporación de polímeros SBS en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La investigación es de método científico porque está sujeto a investigaciones anteriores.

Según (Borja S., 2012 pág. 8) manifiesta que la investigación científica es “el procedimiento que se sigue para contestar las preguntas de investigación que surgen de diversos fenómenos que se presenta en la naturaleza y sobre los problemas que afecta la sociedad”.

Es de tipo aplicada por que busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática, los conocimientos que se generan son mediante la investigación ayudan a solucionar problemas. (Fidias G., 2012 pág. 22)

La investigación se considera de nivel correlacional, porque asocian conceptos o variables. (Hernández Sampieri, y otros, 2014)

El diseño es experimental porque se tiende a responder preguntas a base del experimento. (Del Cid Pérez, y otros, 2007 pág. 29)

En el desarrollo de la investigación, se realizará empleando el método de Marshall con cemento asfáltico PEN 60/70 convencional y modificado con polímeros SBS. Una vez cumplido los parámetros de la norma se procederán a realizar los ensayos correspondientes para luego ser comparado con la mezcla asfáltica convencional y modificada con polímeros. En la figura 09 se observa una de las formas de elegir el tipo de PEN según el Instituto de asfalto.

Figura 07: Penetración recomendada para diferentes climas

PAVIMENTACION	CLIMA			
	Cálido árido	Cálido húmedo	Moderado	Frío
<b>Aeropuertos</b>				
Pistas de despegue	60-70	60-70	60-70	85-100
Caminos auxiliares	60-70	60-70	60-70	85-100
Apacarmientos	60-70	60-70	60-30	85-100
<b>Carreteras</b>				
Tráfico pesado y muy pesado	60-70	60-70	60-70	85-100
Tráfico medio a ligero	85-100	85-100	85-100	120-150
<b>Calles</b>				
Tráfico pesado y muy pesado	60-70	60-70	60-70	85-100*
Tráfico medio a ligero	85-100	85-100	85-100	85-100
<b>Caminos particulares</b>				
Industriales	60-70	60-70	60-70	85-100
Estaciones de servicio	60-70	60-70	60-70	85-100
Residenciales	60-70	60-70	85-100	85-100
<b>Aparcamientos</b>				
Industriales	60-70	60-70	60-70	60-70
Comerciales	60-70	60-70	60-70	85-100
<b>Zona de recreo</b>				
Pista de tenis	85-100	85-100	85-100	85-100
Terreno de juego	85-100	85-100	85-100	85-100
<b>Bordillos</b>				
	60-70	60-70	60-70	85-100

Fuente: The Asphalt Institute

## **2.2. Variables, operacionalización**

### **2.2.1. Variables**

**V1:** Incorporación de polímeros SBS.

Esta variable es independiente por motivo de que será manipulado para obtener resultados finales.

**V2:** Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente.

Esta variable depende de la modificación de la asfalto, lo cual se verificará el comportamiento en diferentes ensayos como la estabilidad, flujo y resistencia al daño inducido.

### **2.2.2. Operacionalización**

“Es el proceso mediante el cual se explica cómo se medirán las variables formuladas en la hipótesis, para lo cual en muchos casos habrá que descomponerlas en indicadores susceptibles de poder medirse” (Borja S., 2012 pág. 24).

Es así que la evaluación de los indicadores se realizarán mediante los ensayos establecidos en la norma EM-2016, ver en las tablas 05 y 06. En la siguiente tabla se observa la operacionalización de las variables.

Tabla 08: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	VARIABLES E INDICADORES	
<b>Incorporación de polímeros SBS</b>	Es un asfalto con propiedades físicas y geológicas mejoradas, se consigue con la integración de moléculas de polímeros en la estructura del asfalto. (López Jacome y Veloz Vázquez, 2013, p.34).	Los polímeros al cemento asfáltico hace que se alteren sus propiedades físicas elevando su vida útil del pavimento permitiendo que haya una buena interacción entre los agregados lo cual mejora la susceptibilidad térmica, aumenta la estabilidad y reduce fallas.	<b>Incorporación de Polímeros SBS</b>	
			<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
			Consistencia	Penetración
				Punto de ablandamiento
				Viscosidad
			Elasticidad	Ductilidad a 25°C
				Recuperación elástica 25°C
Recuperación elástica 5°C				
Volatibilidad	Perdida por calentamiento			
	Penetración			
	Ductilidad			
<b>Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica en caliente</b>	El comportamiento de las mezclas asfálticas, se da gracias a la conjunción de todos los materiales y propiedades que cada tipo de mezcla contiene durante el diseño y en el funcionamiento bajo situaciones extremas. (Paredes Matta,2009,p.15	Las mezclas asfálticas en caliente conformada por el asfalto y agregados que son mezclados a una cierta temperatura en proporciones exactas cumplen la función de transmitir cargas hacia la estructura misma del pavimento, mejora la transitabilidad, y reduce costos en la etapa de construcción de carreteras con largo trayecto.	<b>Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente</b>	
			Trabajabilidad	Temperatura de mezcla
				Temperatura de compactación
				Contenido de asfalto
			Resistencia	Estabilidad
				Flujo
				Resistencia al daño inducido
Vacíos	Vacíos de aire			
	Vacíos llenos con cemento asfáltico			
	Vacíos del agregado mineral			

Fuente: Propia



## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La presente investigación es de tipo experimental ya que son desarrollados en laboratorio, por lo tanto no presentan una población en específico.

### 2.3.2. Muestra

La muestra será el número de briquetas realizadas mediante el método de diseño Marshall. Ver la tabla 08 ensayos establecidos por cada variable.

Tabla 09: Muestra de ensayos establecidos

Variable	Nombre del ensayo	N° de muestras	Norma
V1 ( Independiente)	Penetración	2	MTC E 304
	Punto de ablandamiento	2	MTC E 307
	Punto de inflamación	2	MTC E 303
	Ductilidad a 25°C	2	MTC E 06
	Viscosidad	2	MTC E 308
V2 ( Dependiente)	Ensayo Marshall	30	MTC E 504
	Ensayo de tracción	12	MTC E 522

Fuente: Propia

## 2.4. Técnicas de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Según Fideas (2012) menciona que los métodos de recolección de datos son las distintas maneras de conseguir la información.

Es por ello que la técnica empleada en esta investigación será observación. Por lo cual se tomara los datos correspondientes de los ensayos realizados en laboratorio central del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Dirección de Estudios Especiales), la cual garantiza la confiabilidad y validez de los resultados de dichos ensayos empleados en EM-2016, ver la tabla 09.

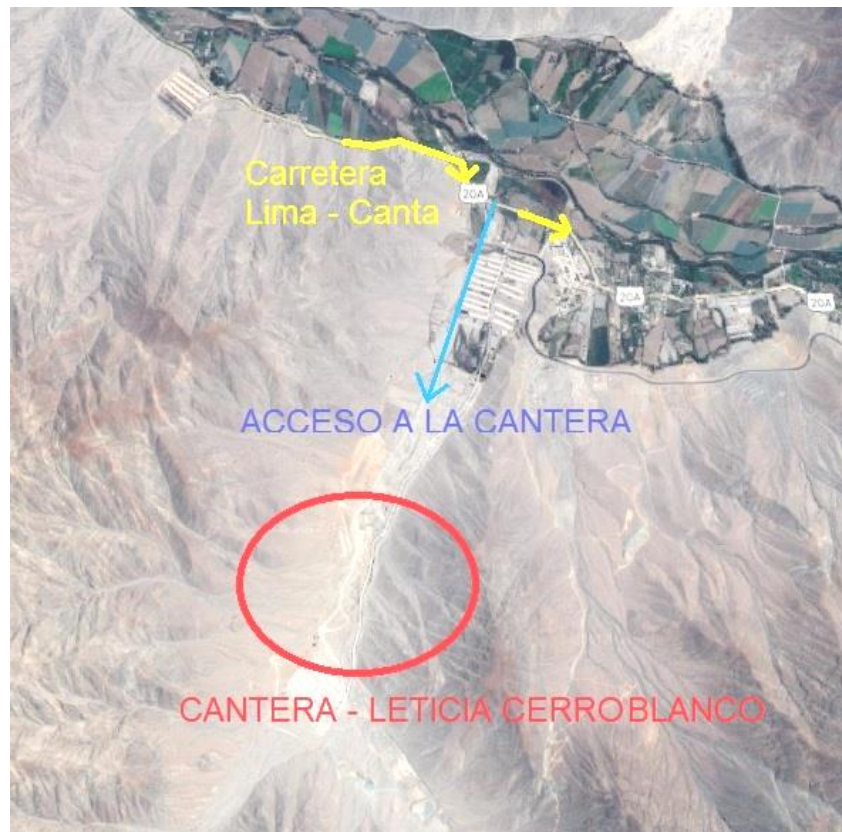
Tabla 10: Ensayos para el desarrollo de la investigación

Nombre del ensayo	Técnica	Instrumento	Objetivo (Indicador)	Validez y confiabilidad
Penetración	Observación	Plantilla de cálculo	Grado de penetración	MTC E 304
Punto de ablandamiento	Observación	Plantilla de cálculo	Consistencia y equivalencia	MTC E 307
Punto de inflamación	Observación	Plantilla de cálculo	Grado de inflamación	MTC E 303
Ductilidad	Observación	Plantilla de cálculo	Tensión máxima del bitumen	MTC E 306
Viscosidad	Observación	Plantilla de cálculo	Estado de fluidez	MTC E 308
Ensayo Marshall	Observación	Plantilla de cálculo	Índice de rigidez	MTC E 504
Ensayo de tracción	Observación	Plantilla de cálculo	Resistencia al daño inducido	MTC E 522

Fuente: Propia

En cuando a los agregados utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación es obtenido de la Cantera Leticia Cerro Blanco, ubicado en el Km 30+710 carretera Lima – Canta. Lo cual, se realizaran la calidad de agregados para el diseño de mezcla en el laboratorio central de la Dirección de Estudios Especiales - MTC.

Figura 09: Ubicación de la Cantera



Fuente: Google maps

Los ensayos a realizar estarán a cargo de cada Ingeniero y Técnico especializado de cada área así para garantizar la validez y la confiabilidad de los resultados empleados en todo el procedimiento, la cual están determinados en el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

## 2.5. Método de análisis de datos

EL presente proyecto de investigación serán analizados mediante tablas y gráficos de barras con el fin de verificar las diferencias que hay entre el diseño convencional y modificado, lo cual se realizara en la Dirección de Estudios Especiales.

Figura 10: Ubicación del laboratorio



Fuente: Google maps

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Calidad de agregados

Para la evaluación correspondiente de la calidad de los agregados gruesos y finos se tomaron en cuenta la normativa EG-2013 vigente, lo cual, se manipularon agregados pasantes del tamiz de una 1" a la malla N° 200 de la cantera Leticia Cerro Blanco. Ver resultados en las tablas 10 y 11, cabe recalcar que cada ensayo realizado se encuentra en los anexos firmado por especialistas.

Tabla 11: Resultados de calidad de agregados gruesos

ENSAYO	NORMA	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	<b>2.03%</b>
Abrasión Los Ángeles (gradación B)*	MTC E 207	40% máx.	<b>13%</b>
Partículas chatas y alargadas	MTC E 223	10% máx.	<b>0.37%</b>
Caras y fracturas	MTC E 210	85/50	<b>85.6/51.1</b>
Peso específico	MTC E 206	.....	<b>2.791</b>
Absorción	MTC E 206	1.0% máx.	<b>0.67%</b>
Análisis granulométrico	MTC E 204	...	<b>Cumple especificaciones</b>
Adherencia de los agregados	MTC E 517	+95	+95

Fuente: Propia

\* Se emplea la gradación B según la granulometría del agregado. Ver la figura 22 y tabla 01.

Tabla 12: Resultados de calidad de agregados finos

ENSAYO	NORMA	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
Equivalente de arena	MTC E 114	60	<b>73%</b>
Índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	<b>NP</b>
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	<b>NP</b>
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	....	<b>5.51%</b>
Gravedad específica	MTC E 205	...	<b>2.852</b>
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.	<b>0.30%</b>
Adhesividad de los ligantes ( Riedel Weber)*	MTC E 220	4 mín.	<b>Cumple con las especificaciones</b>

Fuente: Propia

Cumpliendo con las especificaciones se procedió a determinar a través de la granulometría el tipo de gradación, ver tabla 04. Se determino el MAC-2 para este diseño de mezcla.

Tabla 13: Granulometría determinada

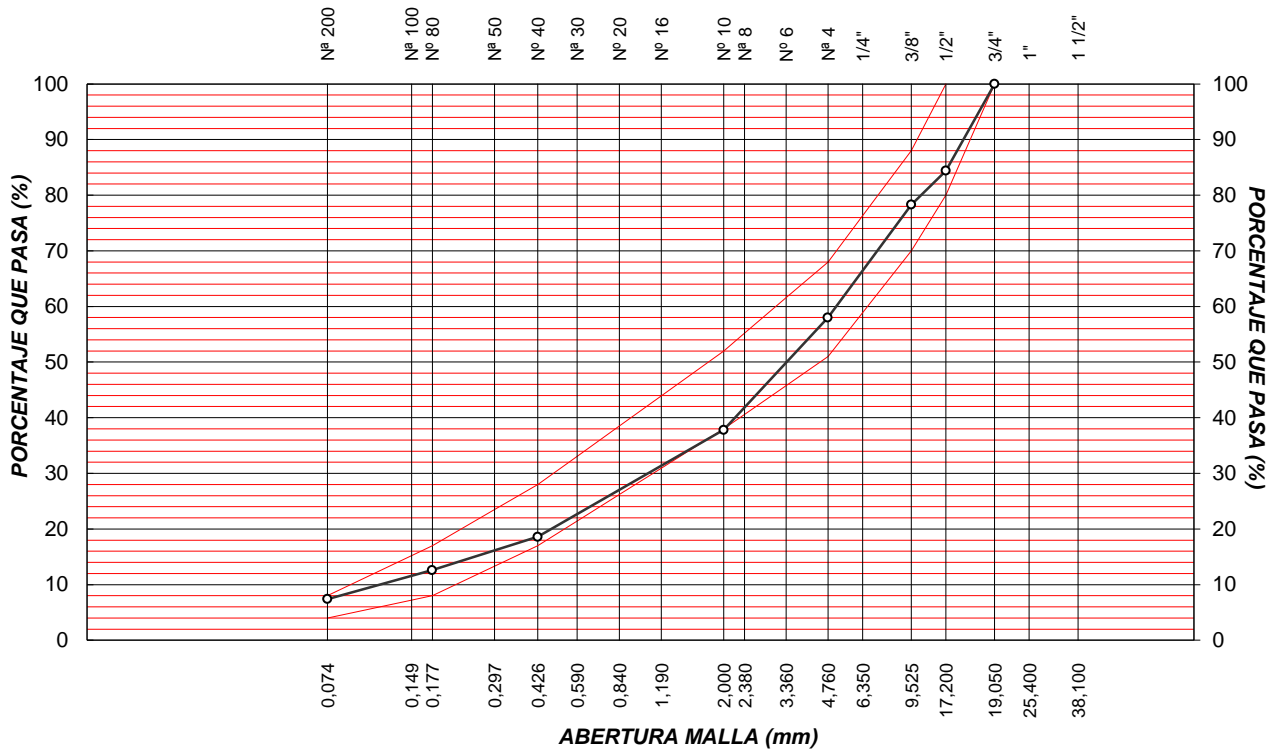
MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE			
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN MAC-2
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050		100	100
1/2"	12.700	15.6	84.4	80 - 100
3/8"	9.525	6.1	78.3	70 - 88
1/4"	6.350	11.5	66.8	
N° 4	4.760	8.8	58.0	51 - 68
N° 6	3.360	9.0	49.0	
N° 8	2.380	7.9	41.1	
N° 10	2.000	3.3	37.8	38 - 52
N°16	1.190	8.8	29.0	
N° 20	0.840	3.9	25.1	
N° 30	0.590	3.6	21.5	
N° 40	0.426	2.9	18.6	17 - 28
N° 50	0.297	2.5	16.1	
N° 80	0.177	3.5	12.6	8 - 17
N° 100	0.149	1.7	10.9	
N° 200	0.074	3.5	7.4	4 - 8
- N° 200		7.4	-	

Fuente: Propia

Se logró determinar los tamaños de los agregados gruesos y finos (ver el gráfico 01) por medio de los tamices y que cumple con la especificación establecida para el diseño de MAC 2 para luego determinar el porcentaje de peso de cada material, donde se resume en la tabla 14.

Gráfico 01: Curva granulométrica

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Tabla 14: Proporciones de mezcla de agregados

<b>RESUMEN DE ENSAYO</b>	
<b>PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS</b>	
(1) Piedra 1/2"	= 20%
(2) Piedra 3/8"	= 15%
(3) Arena Chancada	= 35%
(4) Arena zarandeada	= 30%
<b>PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE</b>	
- AGREGADO GRUESO	= 42%
- AGREGADO FINO	= 58%
OBSERVACIONES :	
Especificaciones EG-2013	
Nota:	
- Eliminar Piedra > 3/4" .	

Fuente: Propia

### 3.2. Porcentaje de adición del polímero

La cantidad de polímero empleado para la modificación se llevó a cabo en el laboratorio de TDM Asfaltos con un porcentaje de adición de 2% a 6% según Infante y Vásquez (2016) presentando un 4% para tráficos pesados, lo cual es denominado BETUTEC IC según el tipo de modificación empleado.

### 3.3. Calidad del cemento asfáltico

La obtención del cemento asfáltico fue proporcionada por TDM Asfaltos ubicado en la zona industrial las praderas de Lurín. Se adjunta ficha de calidad del asfalto (ver anexo, figura 24).

Los ensayos de calidad tanto al convencional y modificado con polímeros SBS están especificados en la norma EG-2013 y EM-2016 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### 3.3.1. Evaluación del asfalto convencional

Se realizó los ensayos correspondientes en el laboratorio de acuerdo a los estatutos establecidos de la norma. En la tabla 15 se muestra el resultado obtenidos del laboratorio.

Tabla 15: Resultados de la calidad de asfalto convencional

ASFALTO CONVENCIONAL PEN 60/70				
ENSAYO	NORMA	UNIDADES	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	dmm	60 - 70	<b>62</b>
Punto de inflamación	MTC E 312	°C	232	<b>232</b>
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	cm	100	<b>100</b>
Viscosidad Cinemática 135°C	ASTM D-2170	cSt	200	<b>345</b>
Viscosidad Cinemática 100°C	ASTM D-2170	cSt	...	<b>3808</b>



<b>Ensayo de la Película Fina a 163°C, 3, 2 mm, 5h (TFOT)</b>				
Perdida por calentamiento	ASTM D-1754	%	0.8 máx.	<b>0.19</b>
Ductilidad 5cm/min, cm	MTC E 306	cm	50	<b>64.6</b>
Penetración retenida	MTC E 304	% original	52	<b>62</b>

Fuente: Propia

### 3.3.2. Evaluación del asfalto modificado

La modificación del cemento asfáltico con polímeros SBS (BETUTEC IC), se llevó a cabo en el laboratorio de TDM Asfalto incorporando porcentajes que varían desde 0.5% - 5% determinando un óptimo de 4% según el grado de penetración, lo cual es adicionado por vía húmeda, para luego ser mezclado a una temperatura de 180°C – 190°C con el cemento asfáltico. Se adjunta la carta de viscosidad de temperaturas de mezcla y compactación (ver anexo, figura 26).

Tabla 16: Resultados de la calidad de asfalto modificado

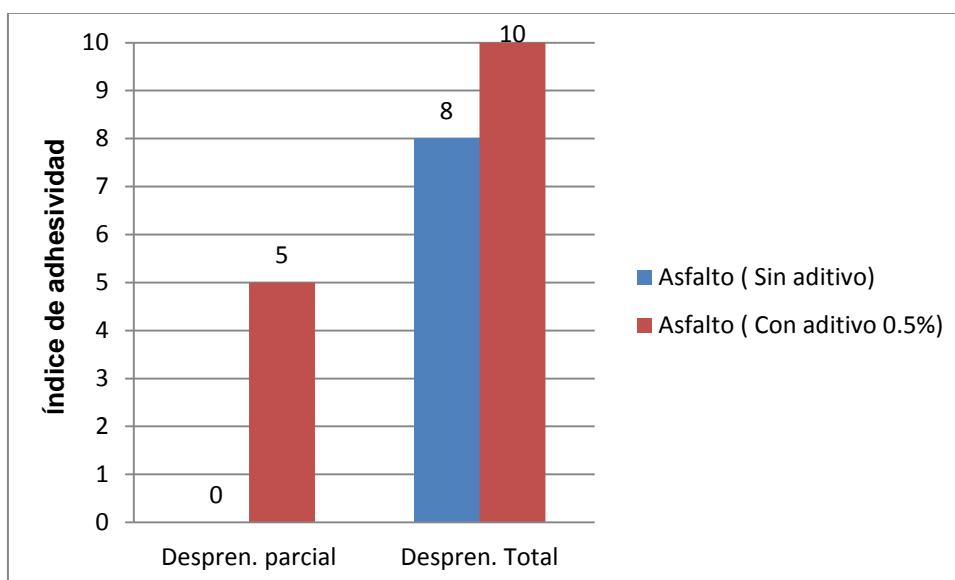
<b>ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO SBS (BITUTEC IC)</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>NORMA</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	dmm	60-70	<b>68</b>
Punto de inflamación	MTC E 312	°C	232	<b>285</b>
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	cm	100	<b>150</b>
Punto de ablandamiento	MTC E 307	°C	60	<b>70</b>
Recuperación elástica a 25°C	ASTM D-6084	%	60	<b>84</b>
Viscosidad Absoluta 60°C	ASTM D-2170	cSt	5000	<b>7750</b>
Viscosidad Cinemática 100°C	ASTM D-2170	Po	3000 máx.	<b>1198</b>

Ensayo de la Película fina a 163°C, 3, 2 mm, 5h (TFOT)				
Recuperación elástica a 25°C	ASTM D-6084	%	60	<b>82</b>
Penetración 4°C, 200 g, 60 s	MTC E 304	dmm	13	<b>20</b>
Separación, diferencia	MTC E 307	°C	10 máx.	<b>2.5</b>

Fuente: Propia

A continuación se presenta gráficos de alguna de las propiedades del cemento asfálticos ensayados en el laboratorio, lo cual se realizó para verificar la calidad del bitumen.

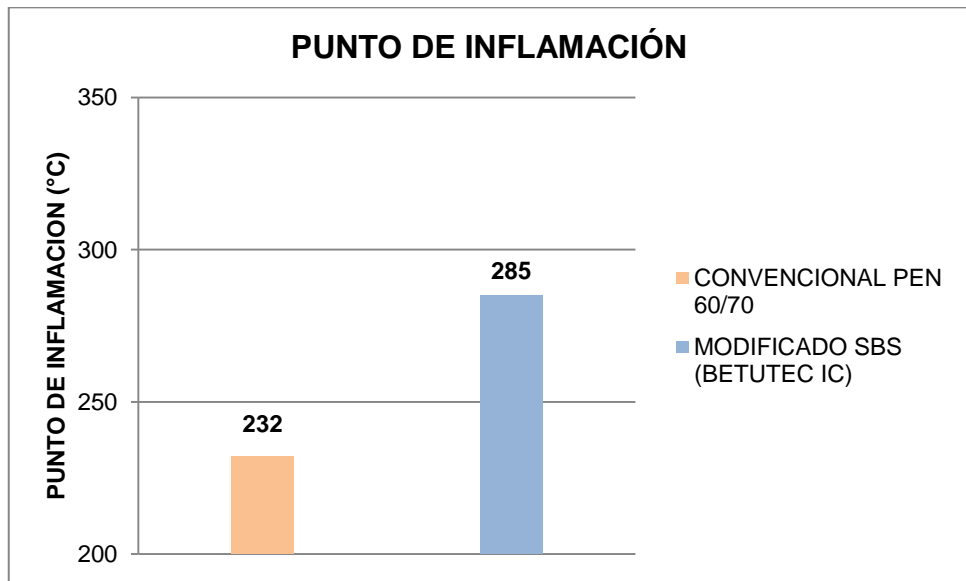
Gráfico 02: Adherencia de los agregados (Riedel Weber)



Fuente: Propia

Se observa el gráfico el asfalto sin aditivo presenta un desprendimiento parcial de 0, las cuales no cumple con la norma especificada MTC E 220, es por ello que se utilizó un aditivo de adherencia de la marca Morlife 2200 con un óptimo de 0.5% obteniendo un desprendimiento parcial de 5 y total de 10.

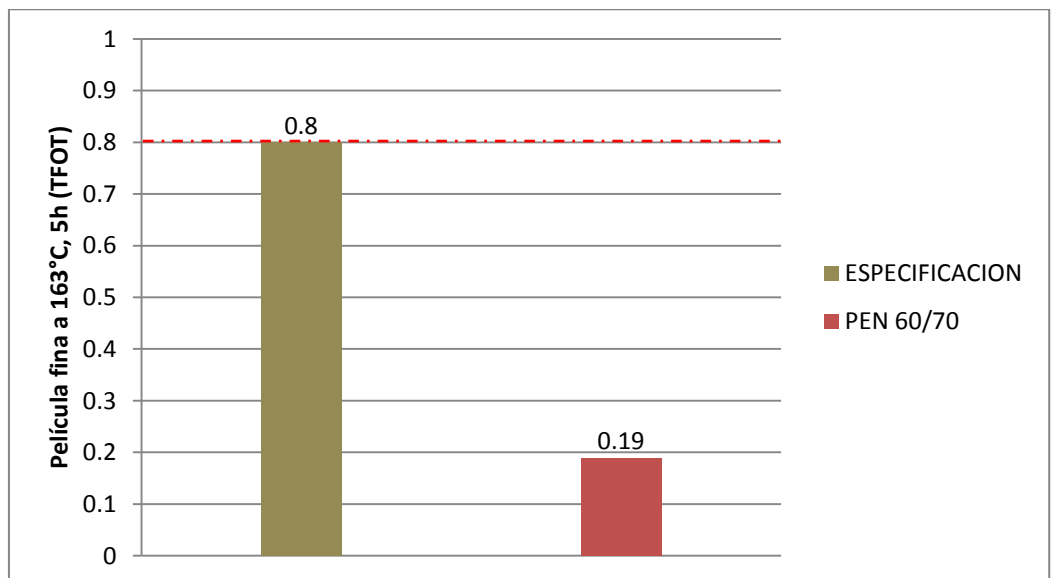
Gráfico 03: Punto de inflamación



Fuente: Propia

Se evidencia en el gráfico el asfalto modificado aumenta en un 22.8% significativamente, esto indica se puede manipular a altas temperaturas sin correr el riesgo de llegar al punto de llama.

Gráfico 04: Perdida por calentamiento a 163°C (TFOT)



Fuente: Propia

Se aprecia en el gráfico que la pérdida por calentamiento del bitumen es de 0.19%. Es decir, que el daño producido por efecto del calor y aire es mínimo.

### 3.4. Evaluación del diseño de mezcla

Para evaluar el diseño mezclas asfálticas en caliente se procedió realizar según lo indicado en el manual de ensayo de materiales MTC E 504, los cuales se obtendrá resultados de estabilidad, flujo, resistencia a la tracción y las mezclas sueltas serán empleados para determinar el peso específico teórico máximo. Los agregados será menores a 1" (25,400 mm) para probetas de 2 1/2" (6.35cm) de espesor y 4" (10cm de diámetro), a continuación se menciona las dosificaciones para el diseño.

Tabla 17: Materiales para el diseño de MAC

MATERIALES	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
AGREGADOS	GRAVA < 1/2"	LETICIA CERRO BLANCO
	GRAVA < 3/8"	LETICIA CERRO BLANCO
	ARENA CHANCADA	LETICIA CERRO BLANCO
	ARENA NATURAL	LETICIA CERRO BLANCO
ADITIVO MEJORADOR DE ADHRENCIA	MORLIFE	DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
ASFALTO CONVENCIONAL	PEN 60/70	TDM ASFALTOS
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO SBS	BITUTEC IC	TDM ASFALTOS

Fuente: Propia

En la siguiente tabla se muestra la proporción de los agregados gruesos y finos determinados en la mezcla de agregados (ver figura 32).

Tabla 18: Dosificación de agregados para el diseño MAC

<b>MATERIALES</b>	<b>PROPORCION DE AGREGADOS (%)</b>	<b>gr</b>
GRAVA < 1/2"	20.00%	232.00
GRAVA < 3/8"	15.00%	174.00
ARENA CHANCADA	35.00%	406.00
ARENA NATURAL	30.00%	348.00
ADITIVO DE ADERENCIA (MORLIFE 2200 )	0.50%	...

Fuente: Propia

Se pesa 1160 g de agregados para luego ser secadas al horno a temperaturas de 105°C - 110°C y los cementos asfálticos según la carta de viscosidad.

Con respecto al diseño se prearon 3 briquetas por cada porcentaje de asfalto que incrementa de 0.5%, del mismo modo la compactación se realizó manualmente con 75 golpes por cada lado, a diferentes porcentajes de cemento asfáltico que comprenden de desde 4.0% hasta 6.5% tanto del asfalto convencional y modificado con polímeros SBS (Betutec IC), luego ser desmolda las briquetas y proceder a realizar los pesos específicos y absorción de las mismas. Por último, después de realizar las roturas se obtendrán la estabilidad y el flujo, consecuentemente los vacíos, vacíos de los agregados minerales y vacíos llenos con cemento asfáltico, así verificar las características de la mezcla en caliente.

### 3.4.1. Diseño mezclas convencional

Tabla 19: Diseño de mezcla asfáltica convencional (4.5 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57.3			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.14	6.15	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1208.2	1206.9	1211.8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1211.2	1210.3	1214.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	713.7	711.5	713.5	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3.0	3.4	2.2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	497.5	498.8	500.5	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.60	0.68	0.44	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.429	2.420	2.421	2.423
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.590			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.2	6.6	6.5	6.4
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	16.8	17.1	17.0	17.0
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	62.9	61.5	61.6	62.0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.38			
25	FLUJO (mm)		2.5	3.0	2.8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)		1249.5	1226.4	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)		1299.0	1275.0	1287.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)		5114.2	4183.1	4649.0

Fuente: Propia

En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto adicionado es de 4.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes.

Tabla 20: Diseño de mezcla asfáltica convencional (5.0 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57.0			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.16	6.19	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1220.4	1222.6	1213.8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1224.3	1225.0	1214.2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	725.0	723.3	714.3	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3.9	2.4	0.4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	499.3	501.7	499.9	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.78	0.48	0.08	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.444	2.437	2.428	2.436
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.569			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.9	5.1	5.5	5.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	16.7	16.9	17.2	16.9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	70.9	69.6	68.1	69.5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.88			
25	FLUJO (mm)	2.8	3.3	3.3	3.1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1272.6	1355.6	1355.6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1324.0	1410.0	1410.0	1381.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4738.7	4270.1	4270.1	4426.0

Fuente: Propia

Se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto adicionado es de 5.0%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes.

Tabla 21: Diseño de mezcla asfáltica convencional (5.5 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.70			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.18	6.13	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1222.8	1218.8	1220.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1223.3	1219.2	1222.6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	722.4	722.1	722.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.5	0.4	1.9	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	500.9	497.1	500.4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.10	0.08	0.38	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.441	2.452	2.439	2.444
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.549			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.2	3.8	4.3	4.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	17.2	16.9	17.3	17.1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	75.5	77.6	75.3	76.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.38			
25	FLUJO (mm)	4.1	3.8	4.1	4.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1364.8	1364.8	1387.8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1419.0	1419.0	1443.0	1427.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3491.6	3724.4	3550.7	3589.0

Fuente: Propia

Se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto adicionado es de 5.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes.



Tabla 22: Diseño de mezcla asfáltica convencional (6.0 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.4			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.16	6.19	6.14	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1226.0	1226.0	1221.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1226.7	1231.4	1222.8	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	727.0	729.2	724.8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.7	5.4	1.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	499.7	502.2	498.0	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.14	1.08	0.22	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.453	2.441	2.453	2.449
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.528			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3.0	3.4	3.0	3.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	17.2	17.7	17.3	17.4
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	82.8	80.6	82.9	82.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.88			
25	FLUJO (mm)	3.6	4.6	4.8	4.3
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1180.1	1180.1	1161.6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1227.0	1227.0	1208.0	1221.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3450.5	2683.7	2503.1	2879.0

Fuente: Propia

En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto adicionado es de 6.0%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes.

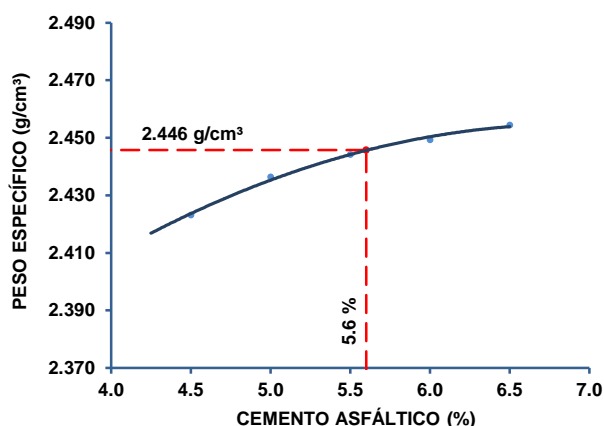
Tabla 23: Diseño de mezcla asfáltica convencional (6.5 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.1			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.19	6.17	6.15	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1229.2	1228.2	1226.2	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1230.5	1229.6	1228.6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	728.9	729.1	729.9	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.3	1.4	2.4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	501.6	500.5	498.7	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.26	0.28	0.48	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.451	2.454	2.459	2.454
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.508			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.3	2.2	2.0	2.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	17.8	17.7	17.5	17.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	87.1	87.8	88.8	87.9
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.38			
25	FLUJO (mm)	5.1	4.8	5.1	5.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1082.6	1040.8	1040.8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1126.0	1082.0	1082.0	1097.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2216.5	2242.0	2129.9	2196.0

Fuente: Propia

En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto adicionado es de 6.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes. Se muestran gráficos de cada resultado obtenido con el porcentaje de asfalto óptimo.

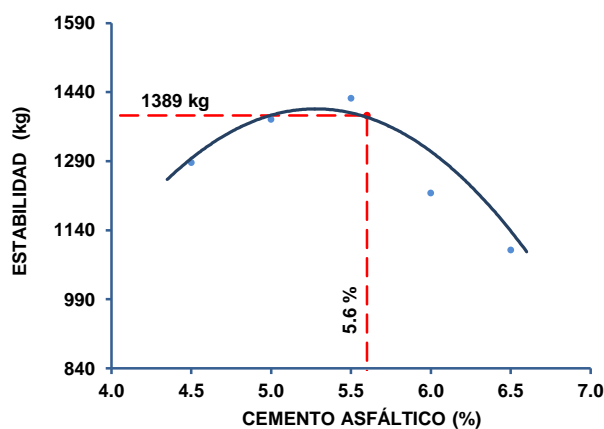
Gráfico 05: Porcentaje cemento asfáltico vs Peso específico



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Se observa que el peso específico de la mezcla convencional con 2.446 g/cm<sup>2</sup> con un porcentaje óptimo de 5.6% de asfalto según el ensayo realizado.

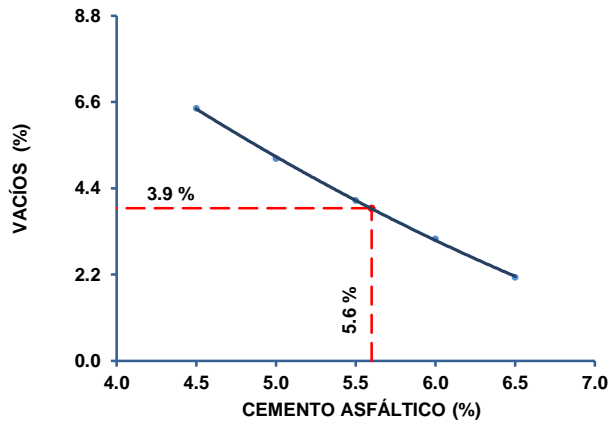
Gráfico 06: Porcentaje cemento asfáltico vs Estabilidad



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

La estabilidad obtenida de la mezcla convencional con 1389 kg con un óptimo de 5.6% de asfalto.

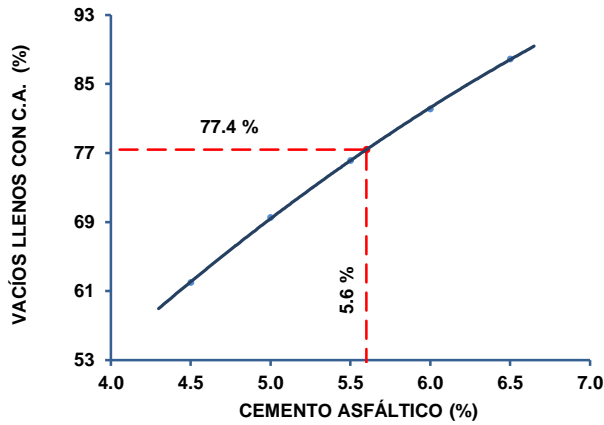
Gráfico 07: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

El porcentaje de vacíos obtenida de la mezcla convencional es con 3.9% con un óptimo de 5.6% de asfalto.

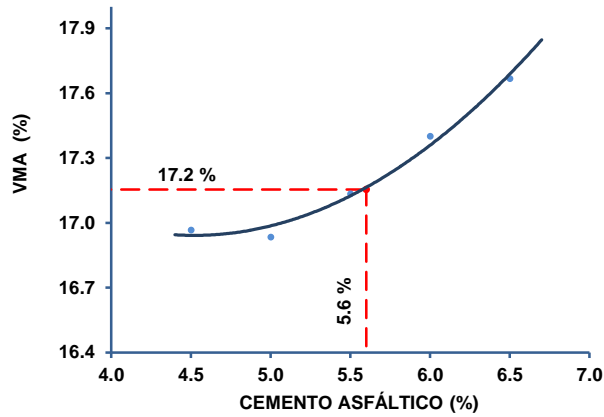
Gráfico 08: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos llenos con C.A.



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Se observa que los vacíos llenos de cemento asfáltico es de 77.4% con un óptimo me 5.6% de asfalto.

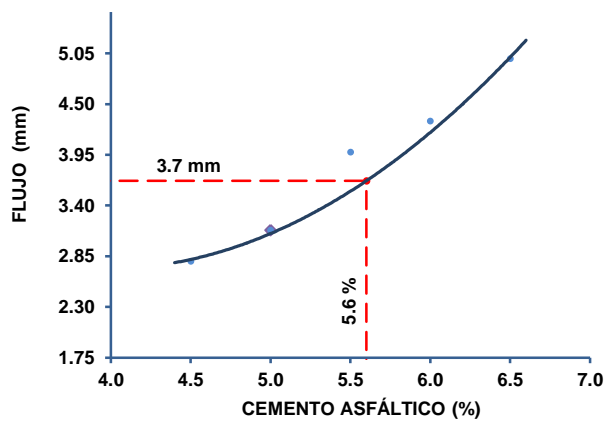
Gráfico 09: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Se observa en el gráfico que los vacíos del agregado mineral se obtuvo un 17.2% con un óptimo de 5.6% de asfalto.

Gráfico 10: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

En el flujo de la mezcla convencional se obtuvo 3.7mm con un óptimo de 5.6% de asfalto.

### 3.4.2. Diseño mezclas modificado con polímeros SBS

En la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS (Betutec IC) se realizó con porcentajes de asfalto de 4.0% - 6.0%, lo cual se observa en las siguientes tablas.

Tabla 24: Diseño de mezcla asfáltica modificado (4.0 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	33.6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	62.4			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.24	6.22	6.29	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1207.3	1202.7	1205.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1210.8	1205.1	1207.2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	705.2	700.6	697.4	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3.5	2.4	2.2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	505.6	504.5	509.8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.69	0.48	0.43	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.388	2.384	2.364	2.378
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.609			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8.5	8.6	9.4	8.8
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.791			
20	V.M.A. (%)	17.9	18.0	18.7	18.2
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	52.6	52.1	49.7	51.5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.791			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-.-			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.00			
25	FLUJO (mm)	2.8	3.0	2.5	2.8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1410.8	1410.8	1410.8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1467.0	1467.0	1411.0	1448.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	5250.5	4813.0	5555.1	5206.0

Fuente: Propia

Tabla 25: Diseño de mezcla asfáltica modificado (4.5 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	33.4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	62.1			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.15	6.15	6.20	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1206.4	1215.9	1222.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1207.7	1218.4	1204.2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	708.9	720.1	701.4	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.3	2.5	-18.5	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	498.8	498.3	502.8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.26	0.50	-3.68	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.419	2.440	2.432	2.430
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.588			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.5	5.7	6.0	6.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.791			
20	V.M.A. (%)	17.2	16.5	16.8	16.8
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	62.0	65.5	64.2	63.9
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.791			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.01			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.51			
25	FLUJO (mm)	3.3	2.8	3.0	3.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1598.4	1616.6	1598.4	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1662.0	1681.0	1662.0	1668.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	5033.3	6016.5	5452.8	5501.0

Fuente: Propia

Se observa los resultados del ensayo Marshall de la mezcla modificada, el porcentaje de asfalto adicionado es de 4.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes.

Tabla 26: Diseño de mezcla asfáltica modificado (5.0 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	33.30			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	61.80			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.13	6.07	6.04	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1219.2	1221.0	1221.3	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1224.7	1222.4	1221.7	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	727.6	730.0	731.7	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	5.5	1.4	0.4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	497.1	492.4	490.0	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	1.11	0.28	0.08	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.453	2.480	2.492	2.475
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.567			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.4	3.4	2.9	3.6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.791			
20	V.M.A. (%)	16.5	15.6	15.2	15.8
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	73.1	78.3	81.0	77.5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.790			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.01			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.01			
25	FLUJO (mm)	3.3	3.8	3.8	3.6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1866.0	1866.0	1866.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.09	1.09	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1941.0	2034.0	2034.0	2003.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	5878.3	5338.6	5338.6	5518.0

Fuente: Propia

Se observa los resultados del ensayo Marshall de la mezcla modificada, el porcentaje de asfalto adicionado es de 5.0%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes.



Tabla 27: Diseño de mezcla asfáltica modificado (5.5 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	33.1			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	61.4			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.04	6.16	6.04	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1225.4	1232.4	1224.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1225.8	1232.9	1225.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	736.3	733.1	735.3	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.4	0.5	0.3	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	489.5	499.8	489.7	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.08	0.10	0.06	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.503	2.466	2.501	2.490
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.546			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	1.7	3.2	1.8	2.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.791			
20	V.M.A. (%)	15.2	16.5	15.3	15.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	89.0	80.9	88.4	86.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.790			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.01			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.51			
25	FLUJO (mm)	4.6	4.6	4.6	4.6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1707.6	1753.0	1730.3	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.09	1.04	1.09	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1861.0	1823.0	1886.0	1857.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4070.4	3987.3	4125.1	4061.0

Fuente: Propia

Se observa los resultados del ensayo Marshall de la mezcla modificada, el porcentaje de asfalto adicionado es de 5.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes.

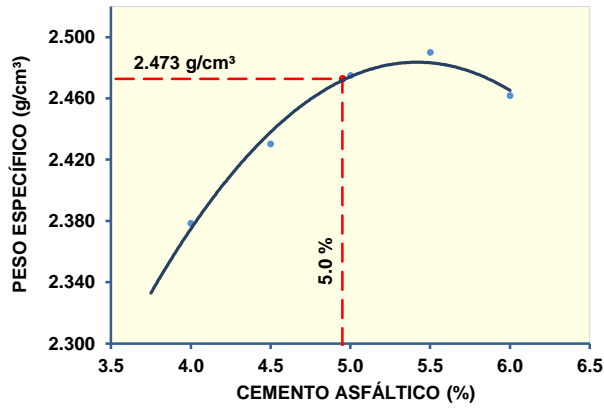
Tabla 28: Diseño de mezcla asfáltica modificado (6.0 % Asfalto)

ENSAYO MARSHALL ( ASTM D 1559 – MTC E 504)					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	32.9			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	61.1			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.18	6.14	6.13	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1230.3	1227.2	1224.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1230.5	1227.5	1227.8	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	729.2	729.6	731.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.2	0.3	3.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	501.3	497.9	496.6	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.04	0.06	0.62	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.454	2.465	2.466	2.462
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.518			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.5	2.1	2.1	2.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.791			
20	V.M.A. (%)	17.3	17.0	16.9	17.1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	85.4	87.6	87.8	86.9
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.780			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.15			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.15			
25	FLUJO (mm)	5.3	5.6	5.1	5.3
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1479.6	1493.3	1493.3	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1539.0	1553.0	1553.0	1548.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2885.3	2779.2	3057.1	2907.0

Fuente: Propia

Se observa los resultados del ensayo Marshall de la mezcla modificada, el porcentaje de asfalto adicionado es de 6.0%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo y el índice de rigidez para los 75 golpes. Se muestran gráficos de cada resultado obtenido con el porcentaje de asfalto óptimo.

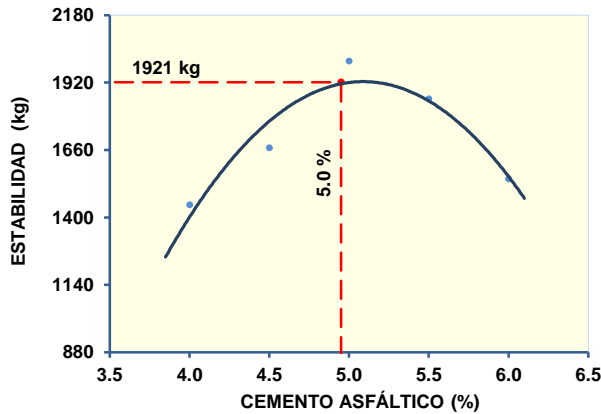
Gráfico 11: Porcentaje de cemento asfáltico modificado vs Peso específico



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Se observa que el peso específico de la mezcla modificada con polímero se obtuvo un 2.473 g/cm<sup>2</sup> con un porcentaje óptimo de 5.0% de asfalto.

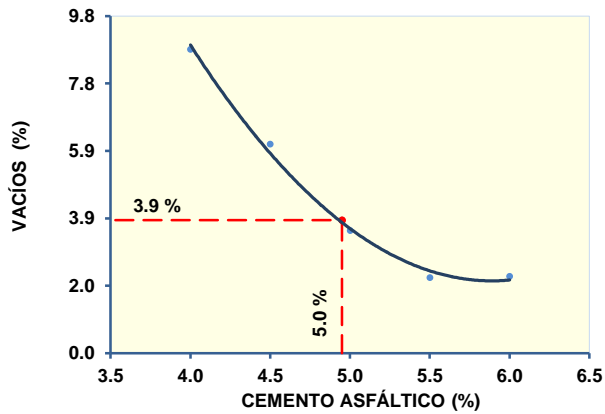
Gráfico 12: Porcentaje de cemento asfáltico modificado vs Estabilidad



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

La estabilidad obtenida de la mezcla modificada con polímero con 1921 kg con un óptimo de 5.0% de asfalto.

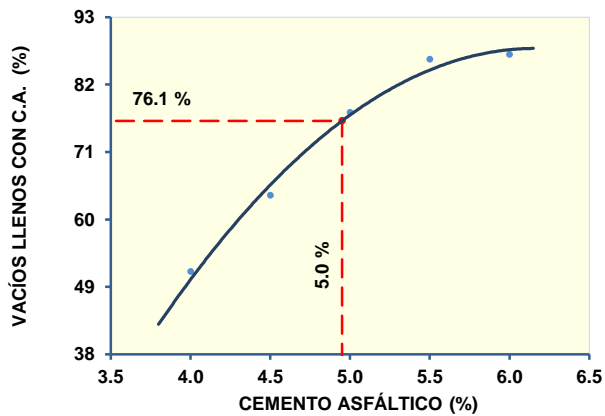
Gráfico 13: Porcentaje de cemento asfáltico modificado vs Vacíos



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

El porcentaje de vacíos obtenida de la mezcla modificada con polímero SBS es de 3.9% con un óptimo de 5.0% de asfalto.

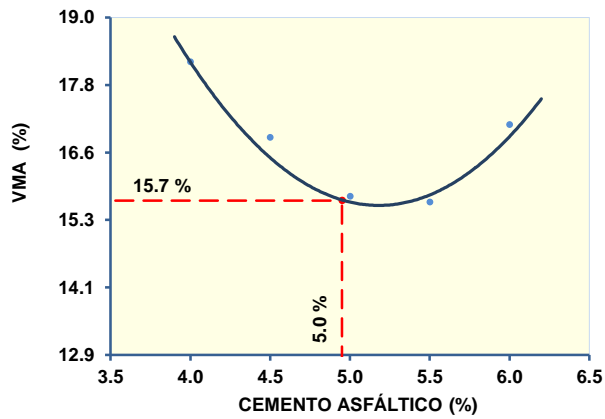
Gráfico 14: Porcentaje de cemento asfáltico modificado vs Vacíos llenos con C.A.



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Se observa que los vacíos llenos de cemento asfáltico con la mezcla asfáltica modificada es de 76.1% con un óptimo me 5.0% de asfalto.

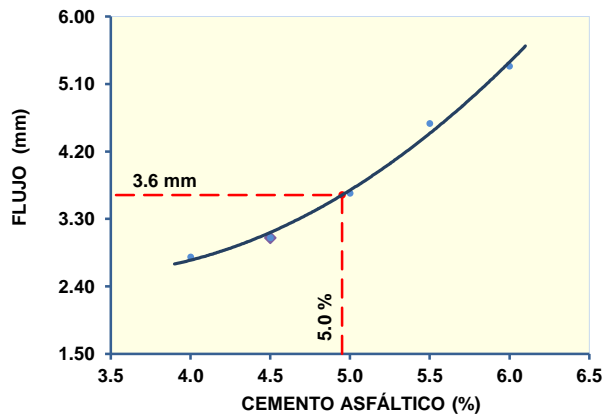
Gráfico 15: Porcentaje de cemento asfáltico modificado vs V.M.A.



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Se observa en el gráfico que los vacíos del agregado mineral con la mezcla asfáltica modificada se obtuvo un 15.7% con un óptimo de 5.0% de asfalto.

Gráfico 16: Porcentaje de cemento asfáltico modificado vs Flujo

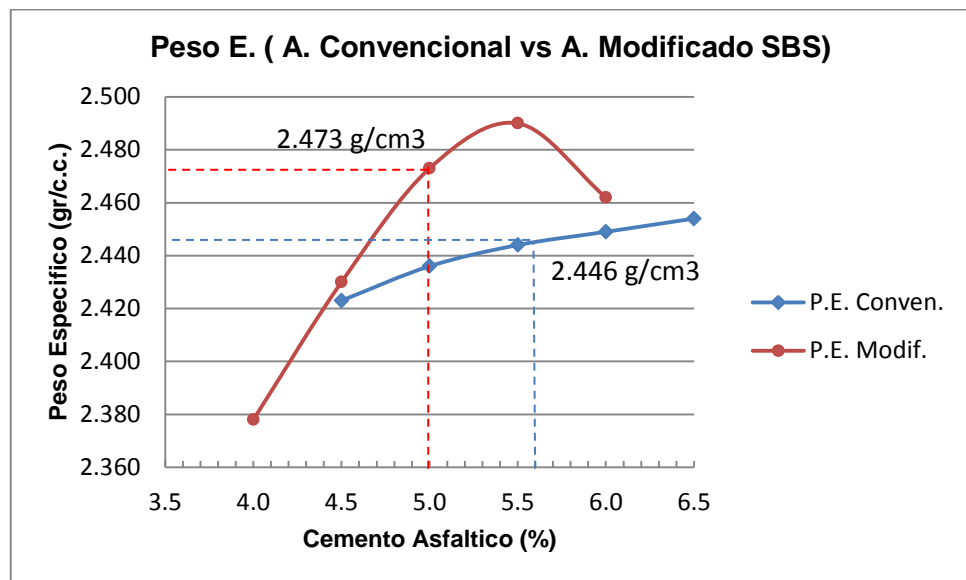


Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

En el flujo de la mezcla modificada con polímero se obtuvo un 3.6mm con un óptimo de 5.0% de asfalto.

En una mezcla asfáltica en caliente, el asfalto y el agregado son combinaciones de proporciones exactas, lo cual determinan la influencia que tienen en su comportamiento mecánico.

Gráfico 17: Cemento asfáltico vs Peso específico

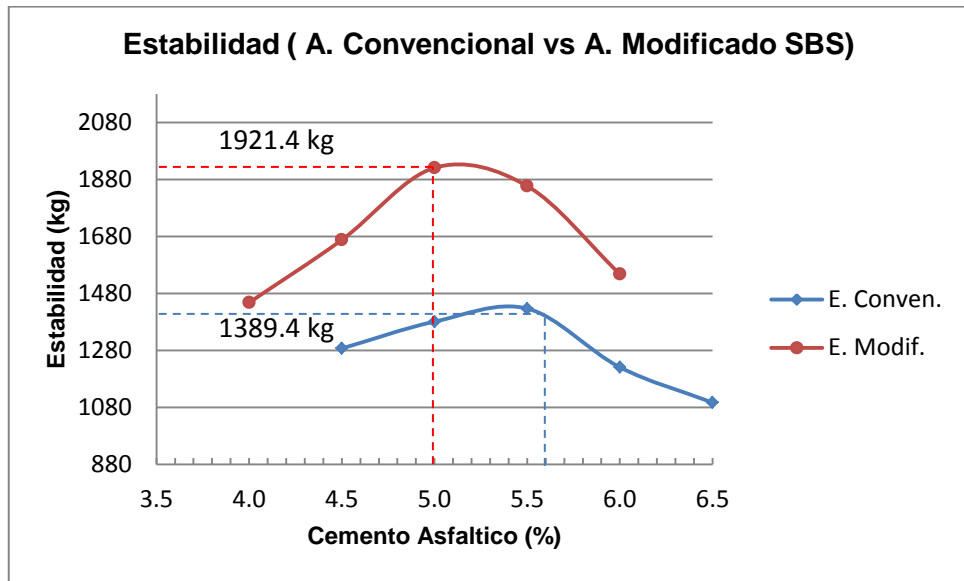


Fuente: Propia

### Interpretación

Según el gráfico mostrado, el peso específico de la mezcla asfáltica convencional es de 2.466 gr/c.c. en tanto la mezcla modificada con polímeros SBS 2.473 gr/c.c. con un 5.0% de óptimo de asfalto, al tener un alto peso específico nos indica que se tendrá una densidad mayor, por lo tanto el pavimento logrará un rendimiento perdurable.

Gráfico 18: Cemento asfáltico vs Estabilidad

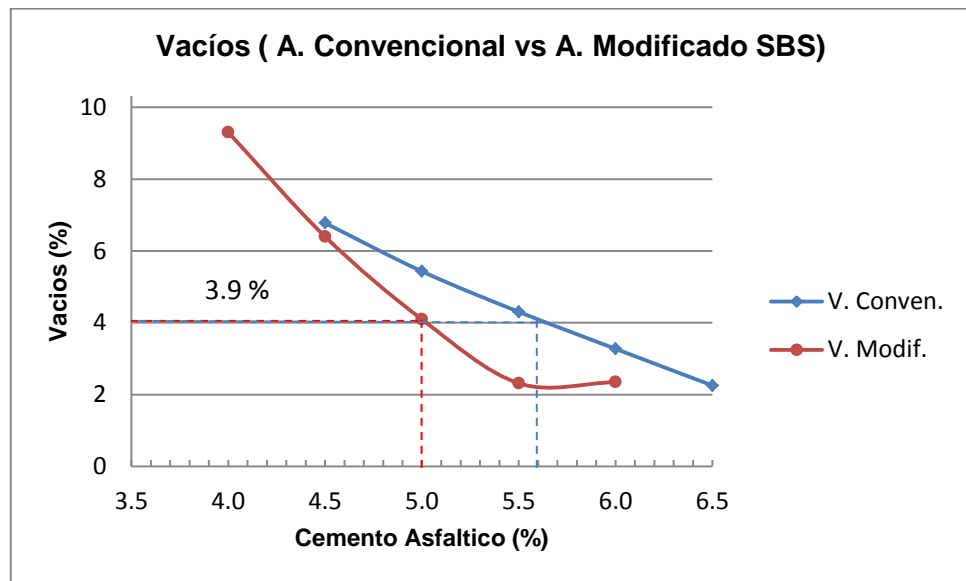


Fuente: Propia

### Interpretación

Se observa que la estabilidad de la mezclas asfáltica convencional es de 1389.4 kg, menor a la de la mezcla modificado con polímeros SBS de 1921.4 kg. Esto quiere decir que tiene la capacidad de resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas de tránsito pesado y repetitivo, evitando fallas de ahuellamientos y ondulaciones.

Gráfico 19: Cemento asfáltico vs Vacíos



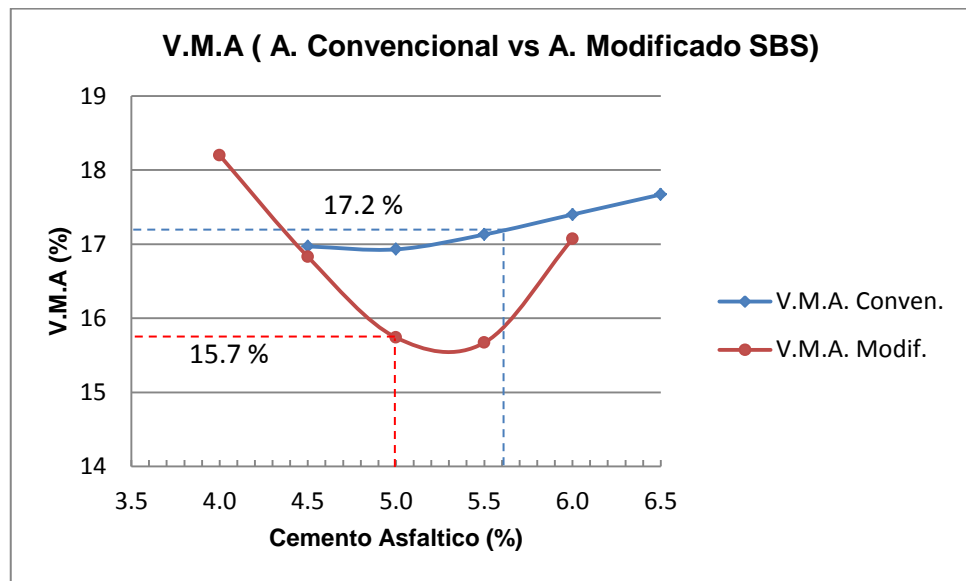
Fuente: Propia

### Interpretación

Según el porcentaje de vacíos que especifica la norma en un rango de 3% - 5%, lo cual se obtuvo un 3.9% cumple con lo especificado, por lo tanto nos permite tener compactación adicional bajo el tráfico y proporcionar la fluidez del asfalto durante esa compactación.



Gráfico 20: Cemento asfáltico vs V.M.A.

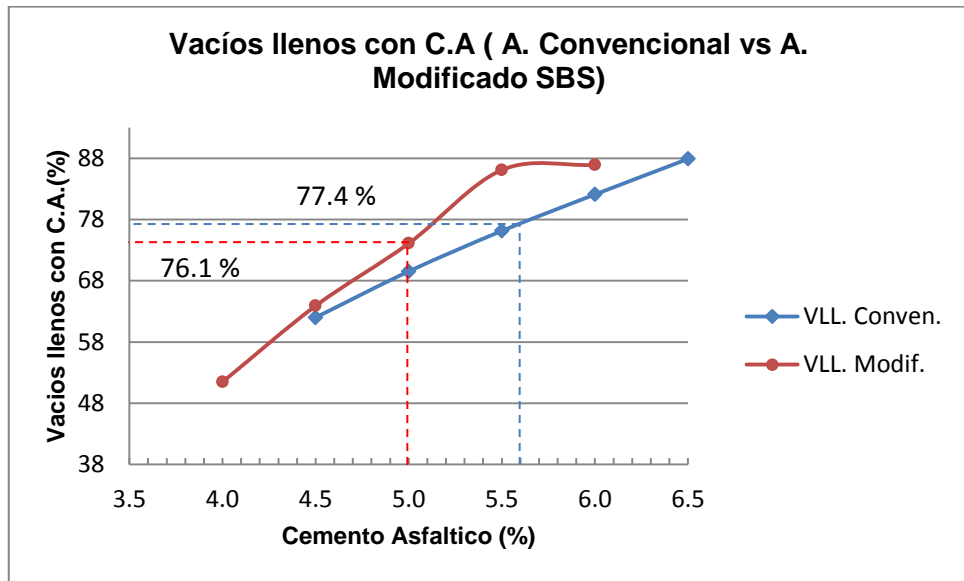


Fuente: Propia

### Interpretación

En el gráfico se observa que la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS presenta un menor porcentaje de V.M.A (vacíos del agregado mineral) con un 15.7% frente a 17.2% de la mezcla convencional, es decir, que el asfalto se adhiere más al agregado por ende se tiene menor porcentaje de V.M.A. donde logra formar un espesor durable a la película de asfalto así evitar desprendimientos y/o pulimientos de agregados.

Gráfico 21: Cemento asfáltico vs Vacíos Lleno con C.A.

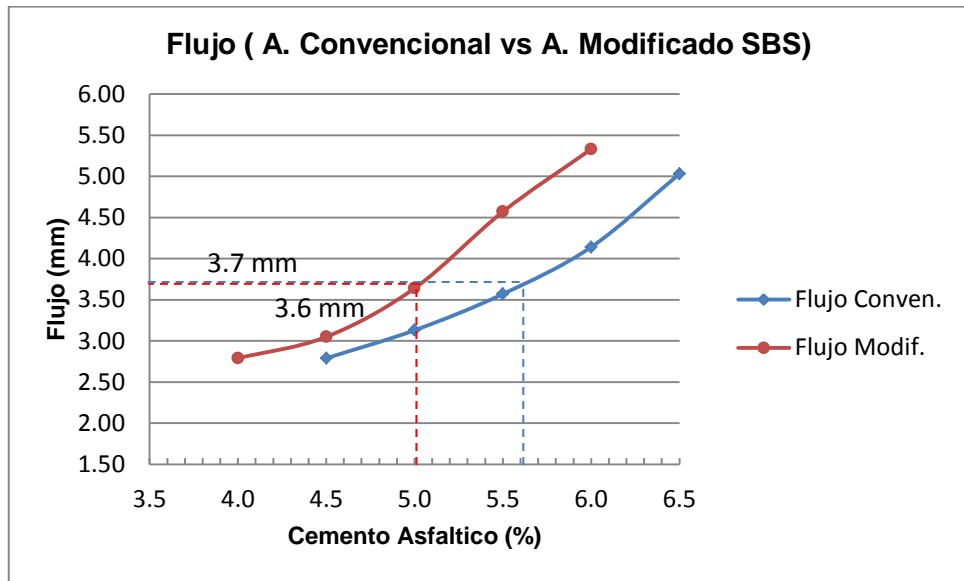


Fuente: Propia

### Interpretación

Los vacíos llenos de cemento asfáltico (V.LL.C.A.) representa el porcentaje de los vacíos del agregado mineral (VMA), donde la mezcla convencional presenta un 77.4% frente a 76.1% del mezcla modificada disminuyendo 1.3%, es decir, que la mezcla modificada produce buena adhesión con los áridos a la hora de mezclar.

Gráfico 22: Cemento asfáltico vs Flujo

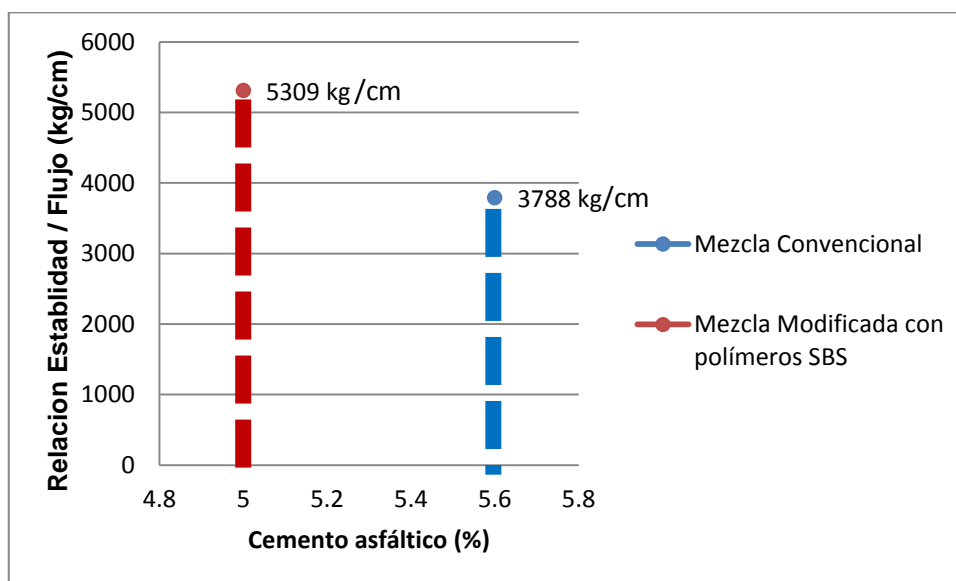


Fuente: Propia

### Interpretación

El flujo es la medida por deformación durante el ensayo de estabilidad donde la mezcla convencional presenta un 3.7mm con un 3.6mm de mezcla modificada con polímeros SBS, los valores obtenidos para los dos tipos de mezcla, esencialmente representan el comportamiento a la hora de deformarse frente a la acción de cargas, donde una fluencia alta causa demasiado plasticidad, es decir, tienden a deformarse bajo cargas de tránsito y cuando se incrementa la temperatura.

Gráfico 23: Índice de rigidez

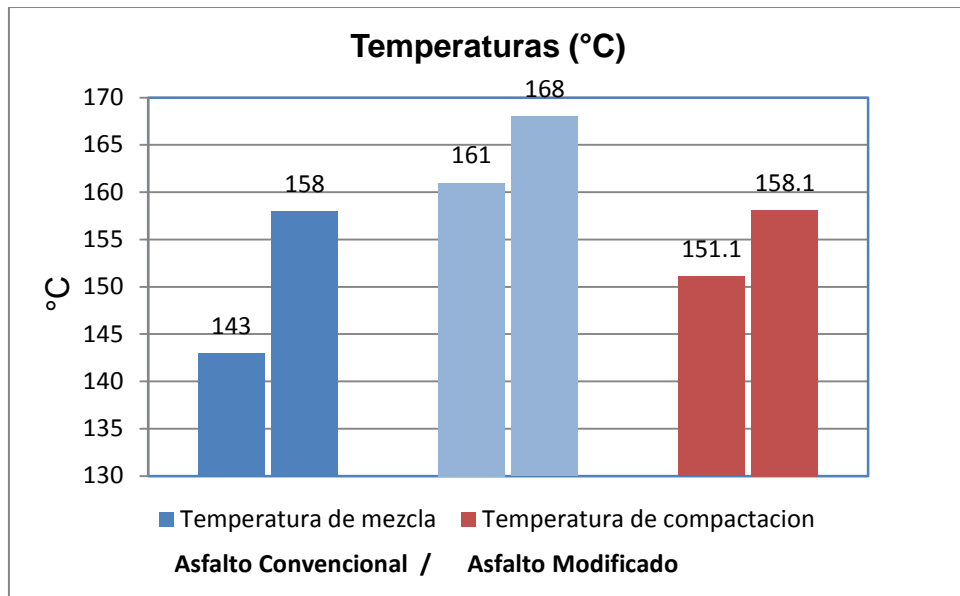


Fuente: Propia

### Interpretación

Se observa el gráfico que el índice de rigidez de la mezcla convencional es de 3788 kg/cm y la mezcla modificada con un 5309 kg/cm, representando un incremento de 40%. Por lo tanto, se logra comprobar que la incorporación de polímeros SBS a la mezcla asfáltica en caliente mejora la resistencia a la compresión, asimismo aporta una mayor rigidez a posibles deformaciones que tenga la carpeta de rodadura a futuro.

Gráfico 24: Temperaturas según la carta de viscosidad



Fuente: Propia

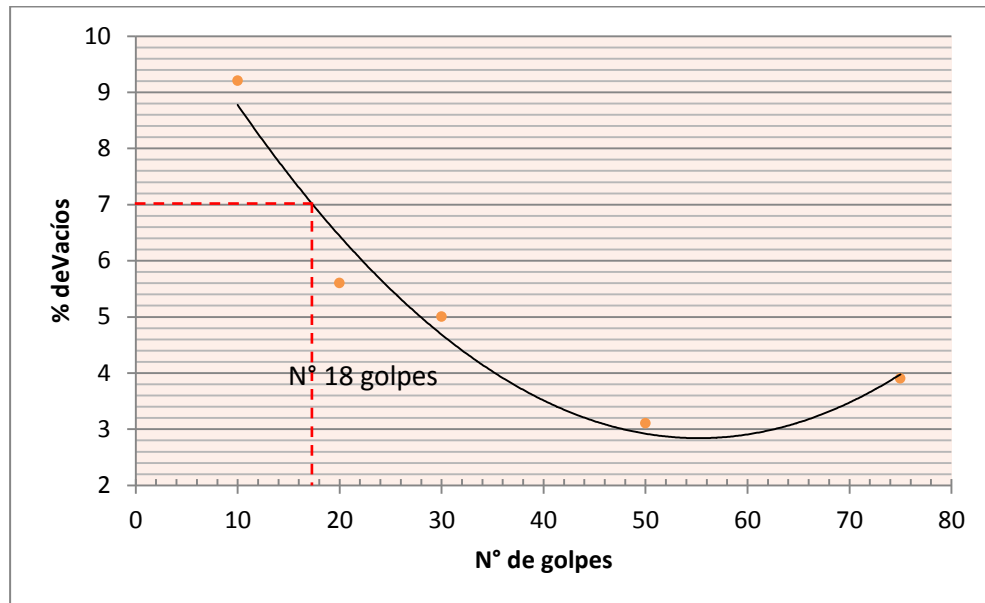
### Interpretación

Según la carta de viscosidad observamos que en el asfalto convencional, la temperatura de mezcla es de 143°C–158°C, mientras que el asfalto modificado con polímeros SBS, la temperatura de mezcla es de 161°C–168°C y de compactación 151.1°C–158.1°C. Es decir, que exhibe una buena trabajabilidad al ser mezclada y compactada a temperaturas altas.

### 3.4.3. Evaluación de la resistencia al daño inducido

En el gráfico 25 observamos el número de golpes que se realizó las cuales fueron de 10, 20, 30, 40, 50, 75 por cada lado, así poder obtener el número de golpes óptimos para un porcentaje de vacíos de  $7\pm 0.5\%$  según MTC E 522.

Gráfico 25: Determinación del número de golpes



Fuente: Propia

Se obtuvo con el porcentaje de vacío del 7%, un óptimo de 18 golpes por cada lado en las 12 briquetas 6 de la mezcla convencional y la otra con asfalto modificado con polímeros SBS, que serán saturados para alterar las condiciones de temperatura y determinar la resistencia al daño inducido.

Tabla 29: Determinación del % de vacíos para el ensayo TSR

IDENTIFICACION	1	2	3	4	5	6	I	II	III	IV	V	VI
Óptimo de C.A.	5.6 %de asfalto convencional						5.0%de asfalto modificado con polímero					
Hpromedio	6.60	6.52	6.48	6.49	6.58	6.41	6.85	6.45	6.65	6.59	6.72	6.62
A	1231.5	1228.8	1229.9	1230.3	1231.4	1227.0	1217.4	1216.6	1217.7	1212.2	1217.3	1212.0
B	1234.9	1231.8	1232.1	1233.1	1234.2	1230.6	1223.3	1223.1	1225.2	1217.8	1225.3	1218.6
C	719.4	716.5	717.7	717.9	718.2	715.9	699.2	699.9	705.3	701.7	703.5	702.8
(B-C)	515.5	515.3	514.4	515.2	516.0	514.7	524.1	523.2	519.9	516.1	521.8	515.8
Gravedad A/(B-C)	2.389	2.385	2.391	2.388	2.386	2.384	2.323	2.325	2.342	2.349	2.333	2.350
Absorción (B-A)/(B-C)*100	0.66	0.58	0.43	0.54	0.54	0.70	1.13	1.24	1.44	1.09	1.53	1.28
Rice	2.531						2.557					
% Vacíos	5.6	5.8	5.5	5.6	5.7	5.8	9.2	9.1	8.4	8.1	8.8	8.1

Fuente: Propia

Se procedió a escoger de la mezcla convencional las briquetas 1, 2, 6 y del modificado con polímeros I, III, VI, las cuales se saturaran según lo establecido en la norma MTC E 522 donde los vacíos presenten 6% - 8%.

Se procedió a determinar el porcentaje de TSR (Tensile Strength Ratio), quiere decir la relación de resistencia a la tracción, donde se muestras en las tablas 30 y 31 los cálculos realizados para la obtención del % TSR, tanto de la muestra seca y saturada a temperatura de 60°C, empleado con la norma ASTM D-4867.

Tabla 30: Evaluación del ensayo TSR de la mezcla convencional

		MEZCLA CONVENCIONAL					
		SECAS			SATURADAS		
Muestra	Dato Ensayos	3	4	5	1	2	6
Diámetro, m m	D	102.4	103.1	102.0	102.5	102.4	103.5
Espesor (altura), m m	t	64.8	64.9	65.8	66.0	65.2	64.1
Masa Seca en Aire, g	A	1229.9	1230.3	1231.4	1231.5	1228.8	1227.0
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1232.1	1233.1	1234.2	1234.9	1231.8	1230.6
Masa en Agua, g	C	718.7	717.9	719.2	719.4	716.5	725.4
Volumen, cc, (B-C)	E	513.4	515.2	515.0	515.5	515.3	505.2
Bulk Gr. Epecific(A/E)	F	2.396	2.388	2.391	2.389	2.385	2.429
Máx. Sp. Gr. Rpecific.	G	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531
% Vacío (100(G-F)/G)	H	5.3	5.6	5.5	5.6	5.8	4.0
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	27.5	29.1	28.5	28.9	29.8	20.4
Lectura del dial de carga	p	<b>115.0</b>	<b>120.0</b>	<b>118.0</b>			
Carga (lbf)	P	1,362.4	1,414.0	1,393.4			
Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.							
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1249.8	1249	1241.9
Masa en Agua, g	C'				727.4	723	718.4
Volumen (B'-C')	E'				522.4	526.0	523.5
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				18.3	20.2	14.9
% Saturación (100J'/I)					63.2	67.8	73.0
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					1.34	2.08	3.62
<b>Condicionado 24 h a 60°C agua</b>							
Espesor m m (pulg)	T''				66.1	65.3	64.0
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1243.7	1243.5	1232.6
Masa en Agua	C''				530.2	533.7	531.9
Volumen (B''-C''), cc	E''				713.5	709.8	700.7
Vol. de Agua Abs. (B''-A), cc	J''				12.2	14.7	5.6
% Saturación (100J''/I)					42.2	49.3	27.4
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					38.41	37.75	38.70
Lectura del dial de carga	Carga				<b>105.0</b>	<b>110.0</b>	<b>105.0</b>
Carga (lbf)	P'				1,259.1	1,310.7	1,259.1
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	<b>84.3</b>	<b>86.8</b>	<b>85.3</b>			
Fuerza húmeda, 2P'/pi*T'D (psi)	Stm				<b>76.3</b>	<b>80.5</b>	<b>78.1</b>
TSR, Stm/Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del especimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)**

**85.46**

**Promedio (Stm)**

**78.30**

**91.62**

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)



Tabla 31: Evaluación del ensayo TSR de la mezcla modificada

MEZCLA MODIFICADA CON POLIMEROS SBS							
Muestra	Dato Ensayos	SECAS			SATURADAS		
		I	II	V	III	IV	VI
Diámetro, m m	D	101.8	103.2	102.6	101.7	101.8	101.7
Espesor (altura), m m	t	68.5	64.5	67.2	66.5	65.9	66.2
Masa Seca en Aire, g	A	1191.5	1216.6	1217.3	1217.7	1212.2	1212.0
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1202.8	1223.1	1225.3	1225.2	1217.8	1218.6
Masa en Agua, g	C	678.2	698.8	700.5	705.3	701.7	702.8
Volumen, cc, (B-C)	E	524.6	524.3	524.8	519.9	516.1	515.8
Bulk Gr. Epecific (A/E)	F	2.271	2.320	2.320	2.342	2.349	2.350
Máx. Sp. Gr. Rpecific.	G	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557
% Vacío (100(G-F)/G)	H	11.2	9.3	9.3	8.4	8.1	8.1
Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	58.6	48.5	48.7	43.7	42.0	41.8
Lectura del dial de carga	p	<b>112.0</b>	<b>117.0</b>	<b>117.0</b>			
Carga (lbf)	P	1,331.4	1,383.0	1,383.0			
Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.							
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1247.6	1240.4	1240.3
Masa en Agua, g	C'				725.6	721	721.6
Volumen (B'-C')	E'				522.0	519.4	518.7
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				29.9	28.2	28.3
% Saturación (100J'/I)					68.5	67.1	67.7
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.40	0.64	0.56
<b>Condicionado 24 h a 60°C agua</b>							
Espesor m m (pulg)	T''				66.4	66.1	66.1
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1237.9	1228.8	1230.3
Masa en Agua	C''				541.4	527.9	528.5
Volumen (B''-C''), cc	E''				696.5	700.9	701.8
Vol. de Agua Abs. (B''-A), cc	J''				20.2	16.6	18.3
% Saturación (100J''/I)					46.2	39.5	43.8
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					33.97	35.81	36.06
Lectura del dial de carga	Carga				<b>114.0</b>	<b>110.0</b>	<b>115.0</b>
Carga (lbf)	P'				1,352.0	1,310.7	1,362.4
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	<b>78.4</b>	<b>85.3</b>	<b>82.4</b>			
Fuerza húmeda, 2P'/pi*T'D (psi)	Stm				<b>82.2</b>	<b>80.0</b>	<b>83.2</b>
TSR, Stm/Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del especimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)**

**82.05**

**Promedio (Stm)**

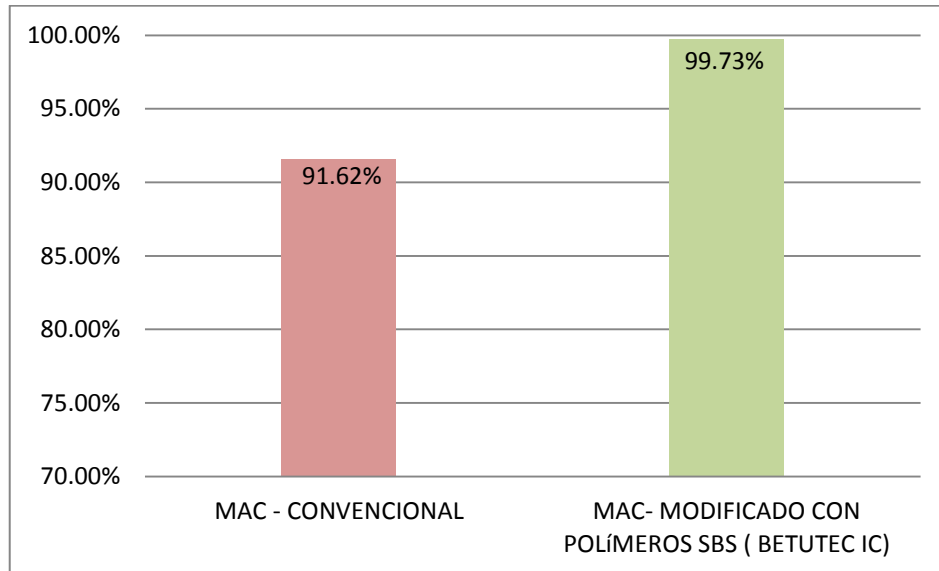
**81.82**

**99.73**

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Se obtuvo un porcentaje de TSR de la mezcla convencional un 91.62% y de la mezcla modificada con polímeros SBS un 99.73%, se verifica en el siguiente gráfico.

Gráfico 26: MAC vs %TSR



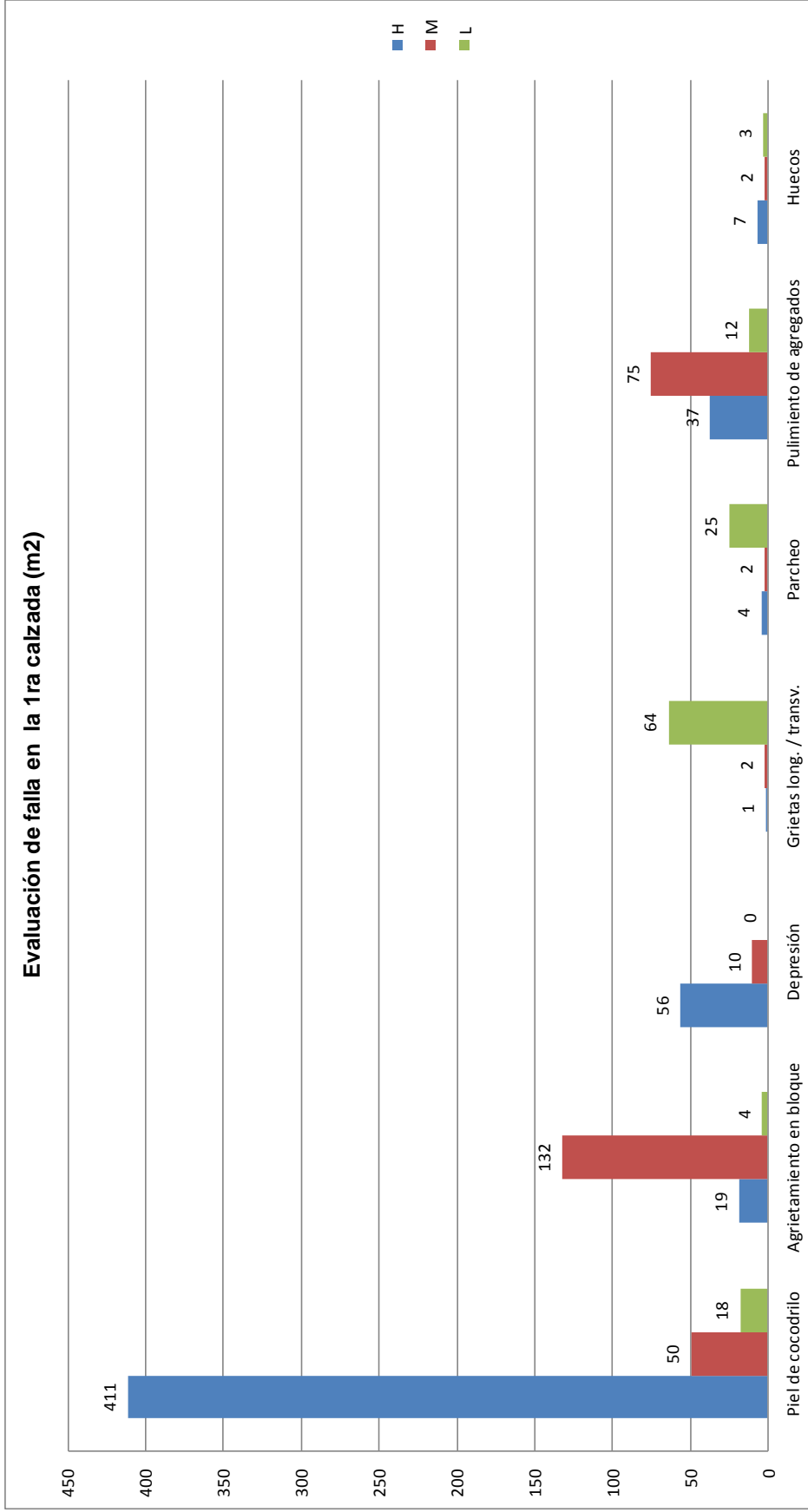
Fuente: Propia

### Interpretación

Se puede apreciar que la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS se incrementa en un 8.85% de la mezcla asfáltica convencional, cumpliendo con la norma establecida en el EG-2013, especificada anteriormente en la tabla 06. Es evidente que presenta buena resistencia a la humedad (susceptibilidad mínima).



Gráfico 27: Evaluación de falla en la 1ra calzada

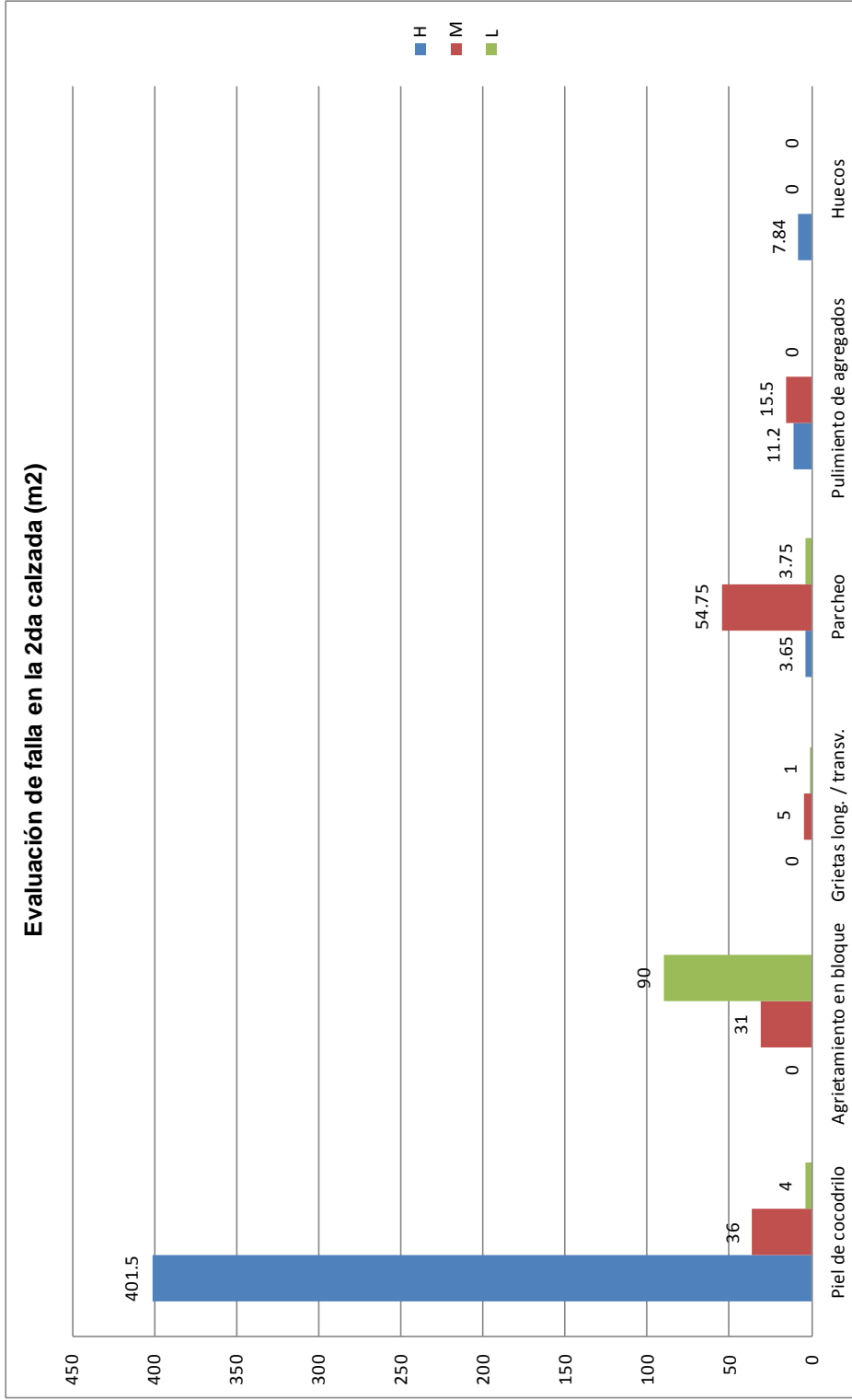


Fuente: Propia

En el gráfico se observa que la mayor área de falla es representado por piel de cocodrilo con severidad alta de 411 m2, cual se deduce que la vía presenta un alto nivel de deterioro.



Gráfico 28: Evaluación de falla en la 2da calzada



Fuente: Propia

En el gráfico se observa que la mayor área de falla es representado por piel de cocodrilo con severidad alta de 401.5 m2 y con 7.84 m2 de hueco, cual se deduce que la vía presenta un alto nivel de deterioro en la carpeta de rodadura.

### 3.6. Análisis económico

En los siguientes cuadros se muestran los costos de producción de la mezcla asfáltica convencional y modificada con polímeros SBS, expresados en el costo unitario directo por m3 (Ver tabla 34 – 35).

Tabla 34: Análisis de precios unitarios de la mezcla convencional PEN 60/70

APU DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL						
Partida	PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO	500	Costo unitario directo por: m3		380.74
	DENOMINACIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Pracio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
	OPERARIO	hh	2.7500	0.0440	20.10	0.88
	OFICIAL	hh	2.0000	0.0320	16.51	0.53
	PEON	hh	3.0000	0.0480	14.85	0.71
						<b>2.13</b>
<b>Materiales</b>						
	PETROLEO DIESEL	gal		4.5000	11.30	50.85
	PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"	m3	35.00%	0.5286	51.30	27.12
	ARENA NATURAL	m3	30.00%	0.4531	34.98	15.85
	ARENA CHANCADA	m3	35.00%	0.5286	61.97	32.76
	ADITIVO DE ADHERENCIA MORLIFE 2200	kg	0.50%	0.4480	10.00	4.48
	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	kg	5.60%	89.600	2.61	233.86
						<b>364.91</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.13	0.11
	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW	hm	1.0000	0.0160	146.24	2.34
	CARGADOR FRONTAL 220HP	hm	1.0000	0.0160	253.78	4.06
	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 60-115ton/h	hm	1.0000	0.0160	450.15	7.20
						<b>13.71</b>

Fuente: Propia

Se observa que la producción de mezcla asfáltica convencional tiene un costo unitario directo por m3 de S/. 380.74 con un óptimo de 5.6% de asfalto.

Tabla 35: Análisis de precios unitarios de la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS (Betutec IC)

APU DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS SBS						
Partida	PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO	500	Costo unitario directo por: m3		418.89
DENOMINACIÓN		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Pracio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
OPERARIO		hh	2.7500	0.0440	20.10	0.88
OFICIAL		hh	2.0000	0.0320	16.51	0.53
PEON		hh	3.0000	0.0480	14.85	0.71
						<b>2.13</b>
<b>Materiales</b>						
PETROLEO DIESEL		gl		4.5000	11.30	50.85
PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"		m3	35.00%	0.5286	51.30	27.12
ARENA NATURAL		m3	30.00%	0.4531	34.98	15.85
ARENA CHANCADA		m3	35.00%	0.5286	61.97	32.76
ADITIVO DE ADHERENCIA MORLIFE 2200		kg	0.50%	0.4480	10.00	4.48
CEMENTO MODIFICADO CON SBS ( BETUTEC IC)		kg	5.00%	80.0000	3.40	272.00
						<b>403.05</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	2.13	0.11
GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW		hm	1.0000	0.0160	146.24	2.34
CARGADOR FRONTAL 220HP		hm	1.0000	0.0160	253.78	4.06
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 60-115ton/h		hm	1.0000	0.0160	450.15	7.20
						<b>13.71</b>

Fuente: Propia

Se observa que la producción de mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS, tiene un costo unitario directo por m3 de S/. 418.89 con un óptimo de 5.0% de asfalto, representando un 10% más con respecto a la mezcla convencional.



Tabla 36: Análisis de costo unitario directo de la producción de la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS

APU DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS SBS						
Partida	PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m2/DIA	MO	10000	Costo unitario directo por: m2		22.80
	DENOMINACIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Pracio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
	OPERARIO	hh	2.7500	0.0022	20.10	0.04
	OFICIAL	hh	2.0000	0.0016	16.51	0.03
	PEON	hh	3.0000	0.0024	14.85	0.04
						<b>0.11</b>
<b>Materiales</b>						
	PETROLEO DIESEL	gl		0.8000	11.30	9.04
	PIEDRA CHANCADA 1/2" - 3/4"	m3	35.00%	0.0070	51.30	0.36
	ARENA NATURAL	m3	30.00%	0.0036	34.98	0.13
	ARENA CHANCADA	m3	35.00%	0.0042	61.97	0.26
	ADITIVO DE ADHERENCIA MORLIFE 2200	kg	0.50%	0.2780	10.00	2.78
	CEMENTO MODIFICADO CON SBS ( BETUTEC IC)	kg	5.00%	2.7780	3.40	9.45
						<b>22.01</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.11	0.01
	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW	hm	1.0000	0.0008	146.24	0.12
	CARGADOR FRONTAL 220HP	hm	1.0000	0.0008	253.78	0.20
	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 60-115ton/h	hm	1.0000	0.0008	450.15	0.36
						<b>0.69</b>

Fuente: Propia

Tabla 36(a): Análisis de costo unitario directo de la colocación en obra

APU DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS SBS						
Partida	PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m2/DIA	MO	10000	Costo unitario directo por: m3		41.97
	DENOMINACIÓN	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Pracio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0008	22.11	0.018
	OPERARIO	hh	1.0000	0.0008	20.10	0.016
	PEON	hh	6.0000	0.0048	14.85	0.071
						<b>0.11</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.005	0.026
	CAMION VOLQUETE 15M3	hh	5	0.0040	120.00	0.480
	RODILLO NEUMATICO 135HP 9-26 Ton	hh	1	0.0008	120.00	0.096
	RODILLO TANDEM VIBRATORIO 130HP 10-11 Ton	hh	1	0.0008	120.00	0.096
	PAVIMENTADORA SOBRE LLANTAAS 105HP 10-16'	hh	1	0.0008	150.00	0.120
						<b>0.82</b>
<b>Sub Partida</b>						
	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADO CON POLIMEROS SBS	m3		1.8	22.80	41.0
						<b>41.0</b>

Fuente: Propia

En la tabla 37 se muestra un presupuesto aplicativo el costo unitario directo total.

### 3.6.1. Presupuesto aplicativo en obra

Tabla 37: Cuadro de resumen del presupuesto aplicativo

<b>CUADRO DE RESUMEN DEL PRESUPUESTO APLICATIVO</b>		
Nombre de la vía	Av. Universitaria	
Cuadra	53 al 57	
Longitud	700 m	
Ancho	7.30 m	
<b>ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (m2)</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PARCIAL</b>
Costo de produccion de la mezcla asfáltica en caliente modificado con poimeros SBS (S/)	22.80	
Costo de colocacion de la mezcla asfáltica en caliente modificado con poimeros SBS (S/)	41.97	<b>64.77</b>
Area total de la vía estudiada (2 calzadas) (m2)	10220	
<b>COSTO TOTAL UNITARIO DIRECTO (S/)</b>		661,949.40
<b>COSTO INDIRECTO</b>		
GASTOS GENERALES 25%		165,487.35
UTILIDAD 10%		66,194.94
		893631.69
	IGV 18%	160,853.70
<b>PRESUPUESTO FINAL ( S/.)</b>		<b>1,054,485.39</b>

Fuente: Propia

Se observa el cuadro de resumen el presupuesto aplicativo para la Av. Universitaria cuadra 53 al 57, cual comprende 700 m con dos calzadas principales, obtenido un costo total para mejorar dicha carpeta asfáltica adicionando polímeros SBS con un monto de S/ 1,054,485.39, así evitar futuras fallas minimizando mantenimientos consecutivos.

#### **IV. DISCUSION**

Según los resultados obtenidos de los vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica modificada, presenta una disminución de 1.5% con respecto al convencional. Rodríguez (2008) en su resultado muestra que el asfalto modificado disminuye en 1.15% respecto a la mezcla tradicional, este valor es muy aproximado a lo determinado en laboratorio, por ello la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS tiene una mayor trabajabilidad a la hora de realizar la mezcla.

López y Veloz (2013) en su tesis determina que el incremento de la estabilidad de asfaltos modificados con polímeros SBS con respecto a SBR es del 88.10%, según se ha determinado en este proyecto de investigación, se llegó a obtener un incremento de 38.28% de estabilidad de asfalto modificado con respecto al convencional, por lo tanto incrementa su resistencia para soportar esfuerzos aplicados sobre la carpeta asfáltica.

Por otro lado, según el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) en la sección 423 especifica que los porcentaje de vacíos deben estar entre 3% a 5% para un pavimento de cemento asfáltico en caliente, con respecto al resultado del presente proyecto se obtuvo un 3.9% dentro del margen normativo, cual es necesario contener un cierto porcentaje de vacío adecuado para permitir alguna compactación adicional bajo la carga del tráfico así evitar fallas de exudación.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los ensayos realizado en el laboratorio se comprobó que la incorporación de polímeros SBS mejora la trabajabilidad de la mezclas asfálticas en caliente, ya que facilita la compactación y el mezclado debido a su temperatura de mezclas de 161°C–168°C y de compactación de 151.1°C–158.1°C, según las cartas de viscosidad, siendo mayor al convencional.

La incorporación de polímeros SBS al cemento asfáltico mejora el comportamiento al desplazamiento, esto se debe al incremento de estabilidad de 1389.4 kg de mezcla convencional a un modificado con 1921.4 kg en un incremento de 38.28% de estabilidad, asimismo nos indica que la mezcla asfáltica modificada incrementa su capacidad de resistir a una posible deformación y desplazamiento bajo cargas de tráficos repetitivos.

Se evidencia que el índice de rigidez de la mezcla asfáltica convencional es de 3788 kg/cm y de la mezcla asfáltica modificada con un 5309 kg/cm, representado un incremento de 40%. Es decir, que la incorporación de polímeros SBS mejora la resistencia de las mezclas asfálticas, brindando una mejor funcionalidad a deformaciones permanentes.

Se obtuvo resultados de la resistencia al daño inducido por efectos de humedad de la mezcla asfáltica convencional con TSR 91.62% y de la mezcla modificada con polímeros SBS TSR 99.73%, con un incremento de 8.85% resultando una susceptibilidad mínima a la temperatura.

El porcentaje de vacíos en ambos diseños de mezcla, se obtuvo un óptimo de 3.9% dentro del rango establecido en la tabla 06, que al presentar vacíos menores a 3% es propenso a ser permeable y al contener mayor al 5% proporciona aberturas, las cuales logran entrar agua y aire causando deterioro a la estructura del pavimento.

La incorporación de polímeros SBS hace que disminuya el porcentaje de asfalto en la mezcla, presentando un óptimo de asfalto modificado con 5.0% mientras que la mezcla convencional con un óptimo de 5.6%. Por lo tanto la mezcla asfáltica modificada requiere menor cantidad de bitumen.

En cuanto a la economía, la producción de la mezcla asfáltica convencional presenta un costo unitario directo por m<sup>3</sup> de S/ 380.74, mientras que la mezcla modificada con polímeros SBS con S/ 418.89 con un incremento de 10%, cual se deduce que la mezcla modificada tiene un mayor costo. Sin embargo al incorporar polímeros SBS disminuye el porcentaje de adición del cemento asfáltico, es decir que existe un ahorro en cuanto a la utilización del bitumen, asimismo alargan la vida del pavimento disminuyendo mantenimientos prematuros.

## **VI. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS**

Es recomendable aplicar el uso del asfalto modificado con polímeros SBS, para vías con tránsito denso, ya que notablemente mejorar las propiedades mecánicas.

Se recomienda que se utilicen agregados que proviene de la trituración, así tener mayor adherencia entre el asfalto y los áridos. Asimismo presentar un alto índice de rugosidad.

Se sugiere realizar ensayos que determine la deformación permanente ante condiciones climatológicas y acciones de carga dinámica para zonas de alto tránsito.

Se recomienda ampliar el presente proyecto de investigación realizando ensayos como HSV (Heavy Simulator Vehicles). Es decir, simulador de vehículos pesados, lo cual permite simular de manera acelerada el efecto de los vehículos pesados sobre la carpeta de rodadura, asimismo se podrá conocer el desempeño de la estructura del pavimento a una escala real, cabe agregar que este ensayo se desarrolla en Lanamme-UCR.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVELLÁN Cruz, Martha. Asfaltos modificados con polímeros. Tesis (Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 129 pp.

ASOCIACIÓN de productores y Pavimentación Asfáltico de Colombia. Cartilla del Pavimento asfáltico. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A., 2004. 51 pp.

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012. 38 pp.

DEL CID ALMA, Rosemary y FRANCO, Recinos. Investigación fundamentos y metodología. 1ra. ed. México: Pearson, 2007. 187 pp.

ISBN: 970-26-1075-3

CESPEDES, José. Los pavimentos en las vías terrestres. 1ra. ed. Cajamarca: Universitaria de la UNC, 2002. 320 pp.

FIDIAS, Arias. El Proyecto de investigación. 6ta. Ed. Caracas – República Bolivariana de Venezuela: Episteme, 2012. 143 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Roberto y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 600 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

INFANTE Aaturima, Carlos y VÁSQUEZ Alarcón, Deynis. Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros eva y sbs en la aplicación de mezclas asfálticas. Tesis (Ingeniero civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2016. 260 pp.

LÓPEZ Jácome, Stalin y VELOZ Vásquez, Yadira. Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros sbr y sbs, con agregados provenientes de la cantera Guayllabamba. Tesis (Ingeniero Civil). Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército, 2013. 161 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2013. 1274 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayos. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016. 1269 pp.

MAILA Paucar, Manuel. Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA). Tesis (Ingeniero Civil). Quito, Ecuador: Universidad central del Ecuador. 2013. 166 pp.

The Asphalt Institute. Manual del asfalto. España: Urmo, 1969. 477 pp.

PAREDES Matta, Elizabeth. Comportamiento mecánico de las mezclas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt). Tesis (Ingeniero Civil). Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma. 2009. 265 pp.

SALCEDO de la Vega, Carlos. Experiencia de modificación de cemento asfáltico con polímeros sbs en obra. Tesis (Master en Ingeniería Civil). Lima: Universidad de Piura. 2008. 62 pp.

SANILAS Reto, Patricia. Aplicación de micropavimento usando asfalto modificado con polímeros en la vía Sullana-aguas verdes. Tesis (Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura. 2009. 78 pp.

VÁZQUEZ Ruiz, Idalit. Ventajas y desventajas del uso de polímeros en los asfaltos. Tesis (Ingeniero Civil). Coatzacoalcos, Veracruz: Universidad Veracruzana. 2010. 73 pp.

VÁSQUEZ Varela, Luis. Pavement Condition Index (PCI). Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 2002. 90 pp.

Real Academia Española. [En línea]: Diccionario de la lengua española. 2017- [Citado el 10 de agosto de 2016].


Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>



## VIII. ANEXOS

### Anexo 01: Instrumento y validación de los ensayos de laboratorio

Figura 11: Reporte del ensayo Marshall

	<b>PERÚ</b>	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
<b>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES MEZCLAS ASFÁLTICAS</b>		
SOLICITANTE :		MUESTRA :
DOMICILIO LEGAL :		IDENTIFICACIÓN :
PROYECTO :		CANTIDAD :
REFERENCIA :		PRESENTACIÓN :
FECHA DE RECEPCIÓN :		FECHA DE ENSAYO :
<hr/>		
<b>ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL</b>		
<b>Características de la Mezcla :</b>		
- Nº de golpes por cara :		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % * :		
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup> :		
- Vacíos, % :		
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, % :		
- V.M.A., % :		
- Estabilidad, kg (kN) :		
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg) :		
- Absorción de Asfalto, % :		
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg) :		
- Temperatura de la Mezcla, °C :		
<b>Proporciones de mezcla :</b>		
(1) Agregado grueso, % ** :		
(2) Agregado fino, % ** :		
(3) Filler mineral, % ** :		
(4) Aditivo, % *** :		
<b>Materiales :</b>		
Tipo de Asfalto :		
Agregado grueso :		
Agregado fino :		
Aditivo :		
<b>Nota :</b>		
(*)	Porcentaje en peso de la mezcla total	
(**)	Porcentaje en peso de los agregados	
(***)	Porcentaje en peso del cemento asfáltico	

**Observaciones :**

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2016), 2da edición, aprobado con R.D. Nº 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001

\_\_\_\_\_  
Ing. Ali E. Díaz Cam a



**LABORATORIO**



**DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Telf. : 481-3707

Fax : 481-0677

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 12: Reporte del ensayo TSR



**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 000 - 2017 - MTC/14.01**

SOLICITANTE	MUESTRA
PROYECTO	IDENTIFICACIÓN
FECHA DE RECEPCIÓN	FECHA DE ENSAYO

ASTM D-4867 -04\*      METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL EFECTO DE LA HUMEDAD EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO.

MEZCLA ASFÁLTICA :

TIPO DE ASFALTO :

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
N° Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)						
Grado de Saturación promedio - después de saturación parcial (%)						
Grado de Saturación promedio - después del acondicionamiento Húmedo (%)						
Hinchamiento Promedio después de la saturación parcial (%)						
Hinchamiento Promedio después del acondicionamiento Húmedo (%)						
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi						
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> , St <sub>1</sub> )						
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>						
Agregados fracturados (visual)						

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>d</sub>) =**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1,0°C por 24 horas.
- (2) Daño por humedad (visualmente), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Anual Book of ASTM Standard 2008.
- El ensayo fue efectuado con la formulación del diseño Marshall, proporcionada por el solicitante.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOP-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

UMA (1/1)



**LABORATORIO**




**DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf. : 481-3707 Fax: 481-0677


Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 13: Plantilla del ensayo de durabilidad

		<b>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</b>																																																																			
<b>LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS</b>																																																																					
<b>ORDEN DE SERVICIO</b> <b>PRODUCTO</b> <b>ENSAYO(S)</b> <b>CÓDIGO(S)</b>		<b>FECHA DE INICIO :</b> <b>FECHA TERMINO :</b> <b>ANALISTA :</b>																																																																			
<b>NTP 400.016(1 999)</b>		<b>INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS GRUESO Y/O FINO POR MEDIO DEL SULFATO DE MAGNESIO (DURABILIDAD)</b>																																																																			
IDENTIFICACIÓN:																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamaño de Tamices</th> <th rowspan="2">Nº RECIPIENTE</th> <th rowspan="2">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">PESO DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">ESCALONADA ORIGINAL</th> <th rowspan="2">Porcentaje de Pérdidas Corregidas</th> </tr> <tr> <th>Pasa</th> <th>Retiene</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50 mm (2")</td> <td>37,5 mm (1½")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>37,5 mm (1½")</td> <td>25,0 mm (1")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25,0 mm (1")</td> <td>19,0 mm(¾")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19,0 mm(¾")</td> <td>12,5 mm (½")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12,5 mm (½")</td> <td>9,5 mm (¾")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9,5 mm (¾")</td> <td>4,75 mm (Nº4)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas	Pasa	Retiene	50 mm (2")	37,5 mm (1½")							37,5 mm (1½")	25,0 mm (1")							25,0 mm (1")	19,0 mm(¾")							19,0 mm(¾")	12,5 mm (½")							12,5 mm (½")	9,5 mm (¾")							9,5 mm (¾")	4,75 mm (Nº4)							TOTALES									
Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO							PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas																																																								
Pasa	Retiene																																																																				
50 mm (2")	37,5 mm (1½")																																																																				
37,5 mm (1½")	25,0 mm (1")																																																																				
25,0 mm (1")	19,0 mm(¾")																																																																				
19,0 mm(¾")	12,5 mm (½")																																																																				
12,5 mm (½")	9,5 mm (¾")																																																																				
9,5 mm (¾")	4,75 mm (Nº4)																																																																				
TOTALES																																																																					
IDENTIFICACIÓN:																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamaño de Tamices</th> <th rowspan="2">Nº RECIPIENTE</th> <th rowspan="2">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">PESO DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">ESCALONADA ORIGINAL</th> <th rowspan="2">Porcentaje de Pérdidas Corregidas</th> </tr> <tr> <th>Pasa</th> <th>Retiene</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9,50 mm (3/8)</td> <td>4,75 mm (Nº4)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4,75 mm (Nº4)</td> <td>2,36 mm (Nº8)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2,36 mm (Nº8)</td> <td>1,18 mm(Nº16)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1,18 mm(Nº16)</td> <td>600 µm (Nº30)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>600 µm (Nº30)</td> <td>300 µm (Nº50)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas	Pasa	Retiene	9,50 mm (3/8)	4,75 mm (Nº4)							4,75 mm (Nº4)	2,36 mm (Nº8)							2,36 mm (Nº8)	1,18 mm(Nº16)							1,18 mm(Nº16)	600 µm (Nº30)							600 µm (Nº30)	300 µm (Nº50)							TOTALES																	
Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO							PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas																																																								
Pasa	Retiene																																																																				
9,50 mm (3/8)	4,75 mm (Nº4)																																																																				
4,75 mm (Nº4)	2,36 mm (Nº8)																																																																				
2,36 mm (Nº8)	1,18 mm(Nº16)																																																																				
1,18 mm(Nº16)	600 µm (Nº30)																																																																				
600 µm (Nº30)	300 µm (Nº50)																																																																				
TOTALES																																																																					
IDENTIFICACIÓN:																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamaño de Tamices</th> <th rowspan="2">Nº RECIPIENTE</th> <th rowspan="2">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">PESO DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">ESCALONADA ORIGINAL</th> <th rowspan="2">Porcentaje de Pérdidas Corregidas</th> </tr> <tr> <th>Pasa</th> <th>Retiene</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50 mm (2")</td> <td>37,5 mm (1½")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>37,5 mm (1½")</td> <td>25,0 mm (1")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25,0 mm (1")</td> <td>19,0 mm(¾")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19,0 mm(¾")</td> <td>12,5 mm (½")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12,5 mm (½")</td> <td>9,5 mm (¾")</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9,5 mm (¾")</td> <td>4,75 mm (Nº4)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas	Pasa	Retiene	50 mm (2")	37,5 mm (1½")							37,5 mm (1½")	25,0 mm (1")							25,0 mm (1")	19,0 mm(¾")							19,0 mm(¾")	12,5 mm (½")							12,5 mm (½")	9,5 mm (¾")							9,5 mm (¾")	4,75 mm (Nº4)							TOTALES									
Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO							PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas																																																								
Pasa	Retiene																																																																				
50 mm (2")	37,5 mm (1½")																																																																				
37,5 mm (1½")	25,0 mm (1")																																																																				
25,0 mm (1")	19,0 mm(¾")																																																																				
19,0 mm(¾")	12,5 mm (½")																																																																				
12,5 mm (½")	9,5 mm (¾")																																																																				
9,5 mm (¾")	4,75 mm (Nº4)																																																																				
TOTALES																																																																					
IDENTIFICACIÓN:																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamaño de Tamices</th> <th rowspan="2">Nº RECIPIENTE</th> <th rowspan="2">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">PESO DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">ESCALONADA ORIGINAL</th> <th rowspan="2">Porcentaje de Pérdidas Corregidas</th> </tr> <tr> <th>Pasa</th> <th>Retiene</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9,50 mm (3/8)</td> <td>4,75 mm (Nº4)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4,75 mm (Nº4)</td> <td>2,36 mm (Nº8)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2,36 mm (Nº8)</td> <td>1,18 mm(Nº16)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1,18 mm(Nº16)</td> <td>600 µm (Nº30)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>600 µm (Nº30)</td> <td>300 µm (Nº50)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas	Pasa	Retiene	9,50 mm (3/8)	4,75 mm (Nº4)							4,75 mm (Nº4)	2,36 mm (Nº8)							2,36 mm (Nº8)	1,18 mm(Nº16)							1,18 mm(Nº16)	600 µm (Nº30)							600 µm (Nº30)	300 µm (Nº50)							TOTALES																	
Tamaño de Tamices		Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO							PESO DESPUES DEL ENSAYO	%PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas																																																								
Pasa	Retiene																																																																				
9,50 mm (3/8)	4,75 mm (Nº4)																																																																				
4,75 mm (Nº4)	2,36 mm (Nº8)																																																																				
2,36 mm (Nº8)	1,18 mm(Nº16)																																																																				
1,18 mm(Nº16)	600 µm (Nº30)																																																																				
600 µm (Nº30)	300 µm (Nº50)																																																																				
TOTALES																																																																					
----- ING. ....		----- ANALISTA																																																																			




Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 14: Plantilla del ensayo de Abrasión (los Ángeles)

 <b>PERÚ</b>		Ministerio de Transportes y Comunicaciones						
<b>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS</b>								
ORDEN DE SERVICIO : PRODUCTO : ENSAYO(S) : CODIGO(S) :				FECHA DE INICIO : FECHA TERMINO : ANALISTA :				
NTP 400.019 (2 002) Método de ensayo normalizado para la determinar la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasion e impacto en la maquina de los angeles								
PASA	RET.	GRADO "A"(12)	GRADO "B"(11)	GRADO "C"(08)	GRADO "D"(06)	GRADO "1"(12)	GRADO "2"(12)	GRADO "3"(12)
3"	2 1/2"					2500g		
2 1/2"	2"					2500g		
2"	1 1/2"					5000g	5000g	
1 1/2"	1"	1250g					5000g	5000g
1"	3/4"	1250g						5000g
3/4"	1/2"	1250g	2500g					
1/2"	3/8"	1250g	2500g					
3/8"	Nº 3			2500g				
Nº 3	Nº 4			2500g				
Nº 4	Nº 8				5000g			
NOTA : LOS NÚMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN LA CANTIDAD DE ESFERAS								
CÓDIGO DE MUESTRA								
PESO INICIAL								
GRADACIÓN								
PESO MATERIAL RET. EN LA MALLA Nº12								
PESO MATERIAL PASA EN LA MALLA Nº12								
PORCENTAJE DE DESGASTE								
_____ ING. ....				_____ ANALISTA				
NTP 400.015(2 002)								

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

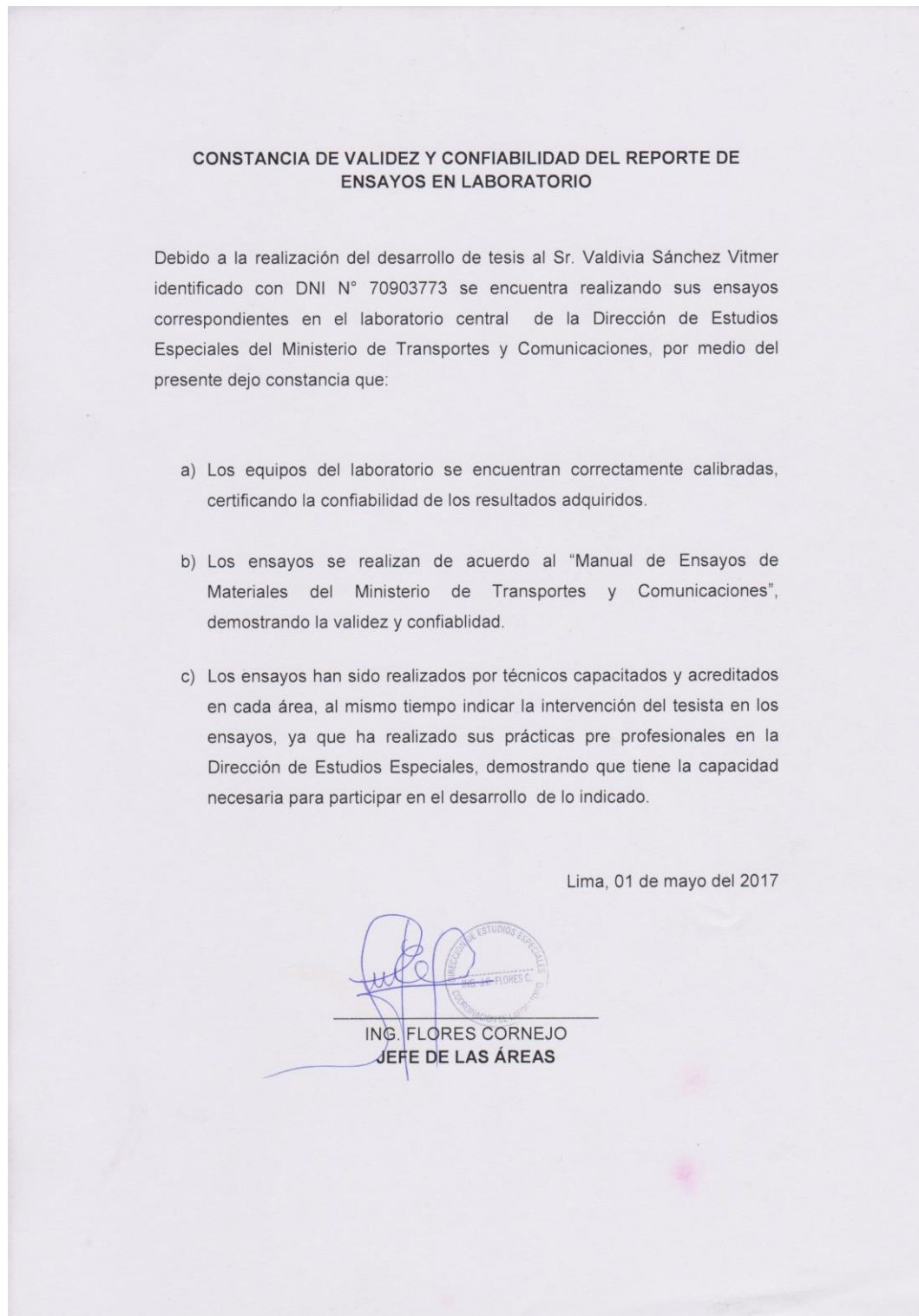
Figura 15: Granulometría de agregados

		<b>PERÚ</b>		Ministerio de Transportes y Comunicaciones					
<b>LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS</b>									
PROYECTO:					FECHA DE INICIO :				
SOLICITADO:					FECHA TERMINO :				
PROCEDENCIA					ANALISTA :				
<b>ANALISIS DE SUELOS</b>									
MALLAS SERIA AMERICANA	% EN PESO	M 1- PIEDRA <3/4"		M 2-PIEDRA <3/8"		A. ZARANDEADA		A. CHANCADA	
		RET. (gr)	%RET.	RET. (gr)	%RET.	RET. (gr)	%RET.	RET. (gr)	%RET.
<b>PROFUNDIDAD</b>									
3"	76,200								
2"	50,800								
1 1/2"	38,100								
1"	25,400								
3/4"	19,050								
1/2"	12,700								
3/8"	9,525								
1/4"	6,350								
N°4	4,760								
N°6	3,360								
N°8	2,380								
N°10	2,000								
N°16	1,190								
N°20	0,840								
N°30	0,590								
N°40	0,426								
N°50	0,297								
N°80	0,177								
N°100	0,149								
N°200	0,074								
-200									
PESOS		w (gr)=		w (gr)=		w (gr)=		w (gr)=	
						w (gr)=		w (gr)=	
<p>NOTA: LA INTERPRECION AJENA DE LOS RESULTADOS EN ESANYOS ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO, SALVO LAS RECOMENDACIONES EXPRESAS ADJUNTAS</p>									
----- ING. ....					----- ANALISTA				
				LABORATORIO DEE Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac Telf :481-3707 Fax:481-0677					

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

➤ Validación

Figura 16: Constancia de validez y confiabilidad del reporte de ensayos




Fuente: Propia





Figura 18: Ensayo de Peso específico y absorción de agregados



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
SUELOS Y AGREGADOS**

PROYECTO : TESIS VALDIVIA SANCHEZ VITMER      FECHA DE INICIO :  
 PRODUCTO :      FECHA TERMINO :  
 ENSAYO(S) : **USA (10,26,27)**      ANALISTA : PABLO SAGASTEGUI  
 CODIGO(S) :


NTP 400.021      AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso	M-1	M-2
Código de la muestra		
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (EN AIRE) <b>A</b>	<b>1162.1</b>	<b>579.7</b>
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO (SUMERGIDO) <b>B</b>	<b>748.0</b>	<b>366.6</b>
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS <b>C=(A-B)</b>	<b>414.1</b>	<b>213.1</b>
PESO DE MATERIAL SECO <b>D</b>	<b>1154.4</b>	<b>571.2</b>
VOLUMEN DE LA MASA <b>E=C-(A-D)</b>	<b>406.4</b>	<b>204.6</b>
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) <b>D/C</b>	<b>2.788</b>	<b>2.680</b>
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) <b>A/C</b>	<b>2.806</b>	<b>2.720</b>
PESO APARENTE (BASE SECA) <b>D/E</b>	<b>2.839</b>	<b>2.920</b>
ABSORCIÓN	<b>0.67</b>	<b>1.49</b>


NTP 400.022      AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino	A. CHANCADO	A. ZARADEAD.
Código de la muestra		
PESO FIOLA (CALIBRADA CON AGUA) <b>A</b>	<b>669.2</b>	<b>670.3</b>
PESO FIOLA (CALIBRADA CON AGUA) + PESO MATERIAL <b>B</b>	<b>696.2</b>	<b>970.3</b>
PESO FIOLA + AGUA + MATERIAL S.S.S. (EXTRAIDO EL AIRE) <b>C</b>	<b>864.0</b>	<b>864.0</b>
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS <b>D=(B-C)</b>	<b>105.2</b>	<b>106.3</b>
PESO DE MATERIAL SECO <b>E</b>	<b>299.1</b>	<b>297.8</b>
VOLUMEN DE LA MASA <b>F=D-(PESO MATERIAL S.S.S-E)</b>	<b>104.3</b>	<b>104.1</b>
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) <b>E/D</b>	<b>2.843</b>	<b>2.802</b>
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) <b>MAT.S.S.S./D</b>	<b>2.852</b>	<b>2.822</b>
PESO APARENTE (BASE SECA) <b>E/F</b>	<b>2.868</b>	<b>2.861</b>
ABSORCIÓN	<b>0.30</b>	<b>0.74</b>

NTP 339.131      PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS DE SUELO



ING. ....



ANALISTA


PAGINA 1 DE 1

NTP 400.021-022

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)



Figura 19: Ensayo de índice de plasticidad



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
SUELOS Y AGREGADOS**

PROYECTO : TESIS VALDIVIA SANCHEZ VITMER      FECHA DE INICIO :  
 PRODUCTO :      FECHA TERMINO :  
 ENSAYO(S) : INDICE DE PLASTICIDAD      ANALISTA : PABLO SAGASTEGUI  
 CODIGO(S) :

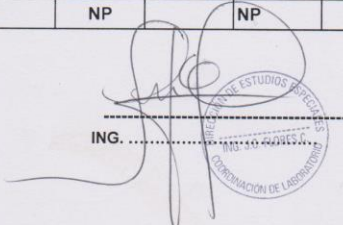
---

**NTP 339,129 (1999)      LIMITE LIQUIDO**

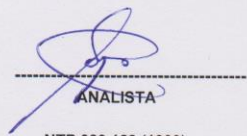
CÓDIGO DE MUESTRA	A. CHANCADO				A. ZARANDEADA			
	N°40		N°200		N°40		N°200	
N° de Tarro			C-4				C-9	
P. Tarro+S. Humedo			27.22				27.34	
P. Tarro+S. Seco			23.97				24.18	
Agua	NP		3.25		NP		3.16	
Peso de Tarro			11.95				11.75	
Suelo Seco			12.02				12.43	
% de Humedad			27.04				25.42	
N° de Golpes			24				13	

**LIMITE PLASTICO**

CÓDIGO DE MUESTRA	N°40		N°200		N°40		N°200
N° de Tarro							
P. Tarro+S. Humedo							
P. Tarro+S. Seco							
Agua							
Peso de Tarro	NP		NP		NP		NP
Suelo Seco							
% de Humedad							
LIMITE LIQUIDO							
LIMITE PLASTICO							
INDICE PLASTICO	NP		NP		NP		NP




ING. ....



ANALISTA  
NTP 339,129 (1999)

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 20: Ensayo de partículas con caras de fracturas, chatas y alargadas



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS**

PROYECTO TESIS VALDIVIA SANCHEZ      FECHA DE INICIO  
 PRODUCTO      FECHA DE TERMINO  
 ENSAYOS      ANALISTA      PABLO SAGASTEGUI  
 CODIGO

---

**ENSAYO DE PARTICULAS CON CARAS DE FRACTURA  
ASTM D - 5821**


DESCRIPCION MALLAS SERIE AMERICANA	Peso Total Retenido en Mallas ( A )	Peso Muestra ( B )		% Caras de Fracturas ( C )		Escala Original ( D )	% Caras de Fracturas ( E )	
		1 a más	2 a más	1 a más	2 a más		1 a más	2 a más
2" - 1 1/2"								
1 1/2" - 1"								
1" - 3/4"	570.6	488.9	187.5	85.7	32.9	18.0	1542.2	591.5
3/4" - 1/2"	518.5	460.6	286.2	88.8	55.2	64.0	5685.1	3532.8
1/2" - 3/8"	296.7	232.5	162.4	78.4	54.7	17.0	1332.1	930.6
							8559.5	5054.9

% CARAS DE FRACTURAS 1 A MAS : 85.6 %  
 % CARAS DE FRACTURAS 2 A MAS : 50.5 %


**ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS  
NTP 400.040 (1999)**

DESCRIPCION MALLAS SERIE AMERICANA	Peso Total Retenido en Mallas ( A )	PESO MUESTRA CHATAS Y ALARGADAS ( B )	PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS ( C )	Escala Original ( D )	PORCENTAJE PARCIALES DE CHATAS Y ALARGADAS ( E )
2" - 1 1/2"					
1 1/2" - 1"					
1" - 3/4"	570.6			18.0	
3/4" - 1/2"	518.5			64.0	
1/2" - 3/8"	296.7	6.4	2.2	17.0	37.4
					37.4

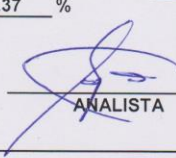
% DE CHATAS Y ALARGADAS E/D : 0.37 %



REVISIÓN



PÁGINA 1 DE 1



ANALISTA


ASTM D5821/NTP 400.040

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)





Figura 22: Ensayo de Abrasión



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS**

PROYECTO : TESIS VALDIVIA SANCHEZ VITMER      FECHA DE INICIO :  
 PRODUCTO :      FECHA TERMINO :  
 ENSAYO(S) : ANALISTA : CESPEDES C.  
 CODIGO(S)


---

NTP 400.019 (2 002) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los angeles

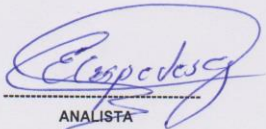
PASA	RET.	GRADO "A"(12)	GRADO "B"(11)	GRADO "C"(08)	GRADO "D"(06)	GRADO "1"(12)	GRADO "2"(12)	GRADO "3"(12)
3"	2 1/2"					2500g		
2 1/2"	2"					2500g		
2"	1 1/2"					5000g	5000g	
1 1/2"	1"	1250g					5000g	5000g
1"	3/4"	1250g						5000g
3/4"	1/2"	1250g	2500g					
1/2"	3/8"	1250g	2500g					
3/8"	Nº 3			2500g				
Nº 3	Nº 4			2500g				
Nº 4	Nº 8				5000g			

NOTA : LOS NÚMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN LA CANTIDAD DE ESFERAS

CÓDIGO DE MUESTRA	M-1-2			
PESO INICIAL	5000			
GRADACIÓN	B			
PESO MATERIAL RET. EN LA MALLA Nº12	4345.9			
PESO MATERIAL PASA EN LA MALLA Nº12	654.1			
PORCENTAJE DE DESGASTE (%)	13.1			



ING. J.C. FLORES C.




ANALISTA

NTP 400.015(2 002)

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 23: Ensayo de durabilidad por medio del sulfato de magnesio



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES SUELOS Y AGREGADOS**

PROYECTO: TESIS VALDIVIA SANCHEZ VITMER      FECHA DE INICIO :  
 PRODUCTO:      FECHA TERMINO :  
 ENSAYO(S):      ANALISTA : PABLO SAGASTEGUI  
 CÓDIGO(S):

---

**NTP 400.016(1 999)      INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS GRUESO Y/O FINO POR MEDIO DEL SULFATO DE MAGNESIO (DURABILIDAD)**

IDENTIFICACIÓN: AGREGADO GRUESO 1/2" - 3/4"

Tamaño de Tamices		N° RECIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas
Pasa	Retiene						
50 mm (2")	37,5 mm (1½")						
37,5 mm (1½")	25,0 mm (1")						
25,0 mm (1")	19,0 mm(¾")	<b>USA-019</b>	<b>160.6</b>	<b>160.2</b>	...	...	
19,0 mm(¾")	12,5 mm (½")	<b>PCH-02</b>	<b>622.5</b>	<b>620</b>	...	<b>39</b>	
12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")	<b>USA-070</b>	<b>343.1</b>	<b>326.6</b>	<b>1.97</b>	<b>16.9</b>	<b>1.10</b>
9,5 mm (⅜")	4,75 mm (N°4)	<b>K-8</b>	<b>330.3</b>	<b>323.2</b>	<b>2.15</b>	<b>44.6</b>	<b>0.96</b>
<b>TOTALES</b>							<b>2.06</b>

IDENTIFICACIÓN: AGREGADO FINO A. CHANADA / A. ZARANDEADA

Tamaño de Tamices		N° RECIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas
Pasa	Retiene						
9,50 mm (3/8)	4,75 mm (N°4)	<b>JZ</b>	<b>100</b>	<b>93.5</b>	<b>6.5</b>	<b>11.0</b>	<b>0.72</b>
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	<b>USA-331</b>	<b>100</b>	<b>91.3</b>	<b>8.7</b>	<b>25.5</b>	<b>2.22</b>
2,36 mm (N°8)	1,18 mm(N°16)	<b>USA-55</b>	<b>100</b>	<b>96.4</b>	<b>3.6</b>	<b>18.5</b>	<b>0.67</b>
1,18 mm(N°16)	600 µm (N°30)	<b>UCC-067</b>	<b>100</b>	<b>93.1</b>	<b>6.9</b>	<b>11.5</b>	<b>0.79</b>
600 µm (N°30)	300 µm (N°50)	<b>25</b>	<b>100</b>	<b>89.8</b>	<b>10.2</b>	<b>8.5</b>	<b>0.87</b>
<b>TOTALES</b>							<b>5.27</b>

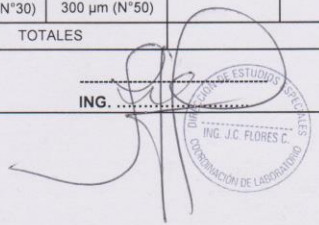
IDENTIFICACIÓN:

Tamaño de Tamices		N° RECIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas
Pasa	Retiene						
50 mm (2")	37,5 mm (1½")						
37,5 mm (1½")	25,0 mm (1")						
25,0 mm (1")	19,0 mm(¾")						
19,0 mm(¾")	12,5 mm (½")						
12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")						
9,5 mm (⅜")	4,75 mm (N°4)						
<b>TOTALES</b>							

IDENTIFICACIÓN:


Tamaño de Tamices		N° RECIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	Porcentaje de Pérdidas Corregidas
Pasa	Retiene						
9,50 mm (3/8)	4,75 mm (N°4)						
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)						
2,36 mm (N°8)	1,18 mm(N°16)						
1,18 mm(N°16)	600 µm (N°30)						
600 µm (N°30)	300 µm (N°50)						
<b>TOTALES</b>							

ING. \_\_\_\_\_




ING. J.C. FLORES C.  
COORDINADOR DE LABORATORIO

ANALISTA



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 24: Certificado de calidad del cemento asfaltico PEN 60/70



**TDM ASFALTOS**

**ASFALTO SOLIDO PEN 60/70**  
**INFORME DE ENSAYO N° 055-2017 ASFALTO PEN 60/70**

GUIA TDM ASFALTOS : \_\_\_\_\_  
 CLIENTE: OSCAR SEDANO

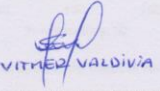
REFERENCIAS  
 TANQUE: \_\_\_\_\_ CINTILLO DE SEGURIDAD N°: \_\_\_\_\_  
 LOTE DE PRODUCCIÓN: \_\_\_\_\_  
 CANTIDAD: 4 GALONES  
 FECHA DE PRODUCCIÓN: 03.06.2017

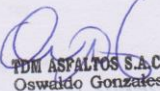
ENSAYOS	METODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO	
			MINIMO	MAXIMO		
PENETRACION	5 s, 25 °C	D-5	drmm	60	70	62
PUNTO DE INFLAMACION		D-92	°C	232	--	232
GRAVEDAD ESPECIFICA	15.6/15.6°C	D-70		Reportar		1.023
DUCTILIDAD	5 cm/min, 25°C	D-113	cm	100	--	150
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO		D-2042	%	99	--	99.70
EFFECTO DE CALOR Y AIRE (PELICULA FINA)	163 °C, 5 h	D-1754		MINIMO	MAXIMO	
PERDIDA POR CALENTAMIENTO		D-1754	%	--	0.8	0.200
PENETRACION RETENIDA	% original	D-5		52	--	62
DUCTILIDAD	5 cm/min, 25°C	D-113	cm	50	--	105
INDICE DE PENETRACION		(*) Francés RLB		-1	1	-0.7
FLUIDEZ				MINIMO	MAXIMO	
VISCOSIDAD CINEMATICA	100°C	D-2170	cSt	Reportar		3808.0
VISCOSIDAD CINEMATICA	135°C	D-2170	cSt	200	--	345

OBSERVACIONES: La muestra de asfalto cumple especificaciones de calidad  
La temperatura optima de mezcla se encuentra entre 143 °C y 158 °C  
Se adjunta Hoja de Seguridad del Producto y Hoja Resumen Art. 54 D.S. N°021-2008-MTC  
(\*) OTRO METODO

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: S/C

Original: Cliente  
 Copia 1: Area Técnica

  
**VITER VALDIVIA**

  
**TDM ASFALTOS S.A.C.**  
**Oswaldo Gonzales**

Fecha de Emisión : Lima, 04 de junio del 2017

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

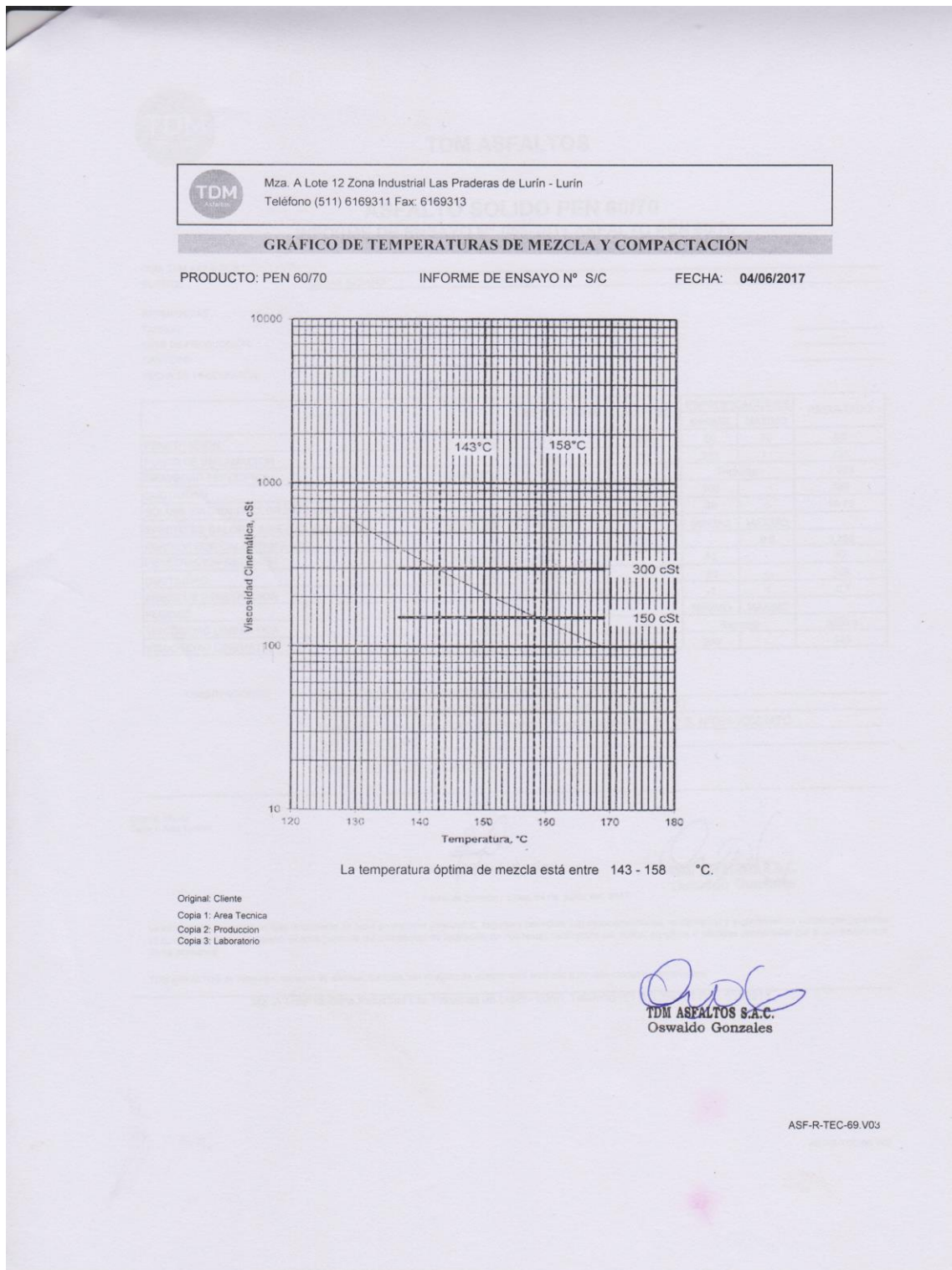
Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

ASF-R-TEC-69.V03

Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)




Figura 25: Carta de viscosidad PEN 60/70



Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)

Figura 26: Certificado de calidad del cemento asfáltico modificado con polímeros SBS (Betutec IC)



**TDM ASFALTOS**

**BETUTEC IC**

**INFORME DE ENSAYOS N° 056-2017 BETUTEC IC**

GUIA TDM ASFALTOS : \_\_\_\_\_

CLIENTE: OSCAR SEDANO

REFERENCIAS

TANQUE: BITUROX CINTILLO DE SEGURIDAD N°: \_\_\_\_\_

LOTE DE PRODUCCIÓN: LAB

CANTIDAD: 5 GALONES

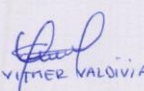
FECHA DE PRODUCCIÓN: 03/06/2017


ENSAYOS	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
PENETRACIÓN 5 s, 25°C	D-5	dmm	50	75	68
VISCOSIDAD ABSOLUTA 60°C	D-2171	Po	5000	--	7750
VISCOSIDAD CINEMATICA 135°C	D-2170	cSt	--	3000	1198
PUNTO DE INFLAMACIÓN	D-92	°C	232	--	285
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	D-2042	%	99	--	99.58
VISCOSIDAD BROOKFIELD 135 °C	D-4402	cP	--	--	1220.0
VISCOSIDAD BROOKFIELD 145 °C	D-4402	cP	--	--	720.0
VISCOSIDAD BROOKFIELD 175 °C	D-4402	cP	--	--	229.0
RECUPERACION ELASTICA LINEAL Método A, 10 cm, 25°C	D-6084	%	60	--	84
RECUPERACION ELASTICA LINEAL Método A, 10 cm, 5°C	D-6084	%	--	--	55.6
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D-36	°C	60	--	70
<b>ESTABILIDAD A ALMACENAMIENTO</b> 163 °C, 48 horas					
SEPARACION, DIFERENCIA	D-36	°C	--	2.2	0.0
<b>RESIDUO DESPUÉS DE PELÍCULA FINA ROTATORIA</b>					
RECUPERACION ELASTICA LINEAL Método A, 10 cm, 25°C	D-6084	%	60	--	82
PENETRACIÓN 4°C, 200 g, 60 s	D-5	dmm	13	--	20
SEPARACION, diferencia	D-36	°C	--	10	2.5

OBSERVACIONES: La muestra de asfalto cumple especificaciones de MTC - EG 2013  
No presenta espuma a 163 °C  
Se adjunta Hoja de Seguridad del Producto y Hoja Resumen Art. 54 D.S. N°021-2008-MTC

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: S/C

Original: Cliente  
 Copia 1: Área Técnica  
 Copia 2: Producción  
 Copia 3: Laboratorio

  
 YIMMER VALDIVIA

  
 TDM ASFALTOS S.A.C.  
 Oswaldo Gonzales

Fecha de Emisión : Lima, 04 de junio del 2017

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

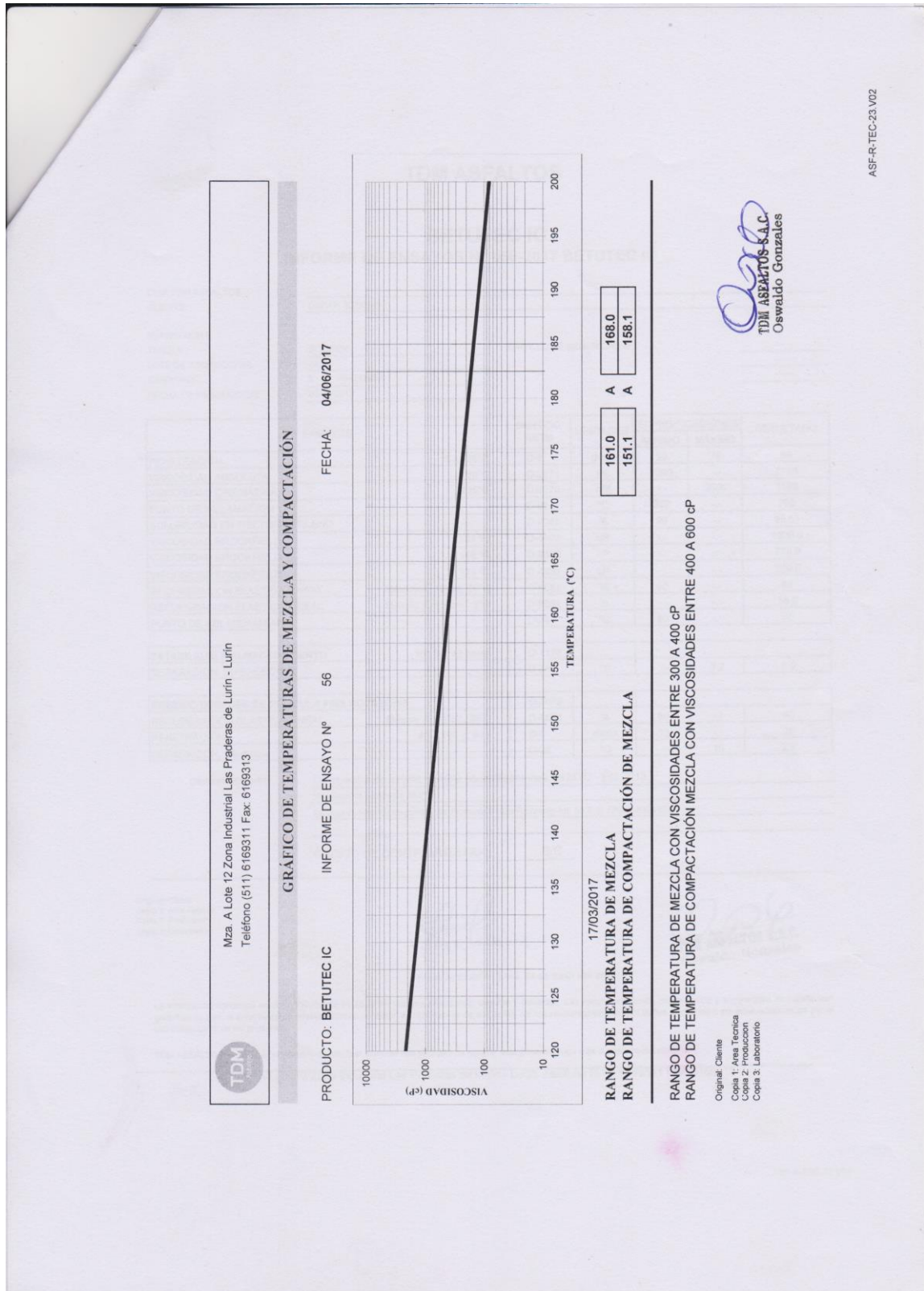
Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

ASF-R-TEC-23 V02

Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)



Figura 27: Carta de viscosidad del cemento asfáltico modificado



Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)

Figura 28: Ficha técnica de mejorador de adherencia (Morlife 2200)

### MORLIFE 2200®

ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA ASFALTO

**DESCRIPCIÓN**  
MORLIFE 2200 es un aditivo líquido, base aniónica que mejora la adherencia entre el par agregado-asfalto evitando la formación de bolsas de agua que impiden la adhesión del cemento asfáltico al agregado. Es un gran "anti-stripping" entre el asfalto y los agregados. Los ingredientes de MORLIFE 2200 permiten una excelente cohesión del pavimento durante largo tiempo.  
Es un color café oscuro que permanece líquido incluso en ambientes agresivos. No se cristaliza a temperaturas bajas, por lo que puede ser almacenado en silos.  
Es un aditivo que es fácil de dosificar al no tener que calentarse y evitar los gases tóxicos.

**PROPIEDADES**  
Color : Marrón  
Apariencia : Líquido  
Densidad : 1.10 Kg/Lt  
Dosificación : 0.5% -- 0.8% del peso del cemento asfáltico.

**PROPIEDADES FÍSICAS:**

Determinación	Contenido
Peso Combinado	327
Propiedades Físicas a 25 °C	Líquido
Punto de Inflamación (°C)	186
Viscosidad a 25 °C	2000 - 4500 cS
Gravedad Específica	1.12 promedio
Solubilidades:	Gasolina insoluble Agua insoluble Alcohol Isopropílico insoluble

**DOSIFICACIÓN**  
Tiene un rango de dosificación de 0.25% al 1% del peso del cemento asfáltico.  
Recomendamos entre el 0.5 al 0.8% del peso del cemento asfáltico.  
Se recomienda la dosificación del 0.8% cuando los agregados poseen excesiva carga de silicios, piedra caliza o humedad.

**DIRECCIONES PARA SU USO**  
La dosificación del MORLIFE 2200 es muy sencilla al no necesitarse calentarse o agitarse. Una vez determinada la dosificación que van a requerir a los agregados entre el 0.5 al 0.8% del peso del cemento asfáltico. La dosificación se agrega directamente a los agregados en el tanque de almacenaje o por inyección a la carga del asfalto.  
**CALCULO DE ADICION DEL ADITIVO:**  
Composición del ASFALTO tipo: C  
Agregado 84%  
Cemento Asfáltico 6%

Cálculos para 01 Tonelada Métrica (1,000 Kg)  
Agregado = 0.94 x 1,000 = 940 Kg  
Cemento Asfáltico = 0.06 x 1,000 = 60 kg  
Dosificación: 0.5%  
MORLIFE 2200 = 0.005 x 60 = 0.3 Kg

**PRESENTACIÓN**  
Cilindro x 400 Lt (181.4 kg o 43.6 galones)

**VENTAJAS:**

- Fácil de dosificar al ser un aditivo líquido.
- Sin olor corrosivo que puedan afectar a los operarios.
- No requiere equipo de protección personal.
- Uso con PAVE-CRACK que es un micro-reparador de asfalto que determina la cantidad de aditivo dosificado a la mezcla.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO**  
MORLIFE 2200 debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.  
Vida útil en almacenamiento: 1 año.


VITER VALDIVIA

Las fichas que contiene este documento son el resultado de los ensayos y de la experiencia en buenas prácticas industriales. Debido a la diversidad de materiales y substratos así como al gran número de posibles aplicaciones que existen, no podemos aceptar responsabilidad por los resultados que el cliente, contratista, aplicador o usuario obtenga. Recomendamos realizar los ensayos preliminares o contactarse con el departamento técnico de QUÍMICA SUIZA EURO.

Edición N°1, Junio 2010


La mejor solución para Concretar sus Obras

288


**QUÍMICA SUIZA**  
271-005 071-006

La mejor solución para Concretar sus Obras

289


**QUÍMICA SUIZA**  
271-005 071-006

Fuente: Química Suiza





Figura 30: Ensayo Peso específico teórico máximo (Convencional)



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES  
MEZCLAS ASFALTICAS**

PROYECTO: TESIS VALDIVIA SANCHEZ VITMER  
SOLICITADO:  
PROCEDENCIA

FECHA DE INICIO :  
FECHA TERMINO :  
ANALISTA : DALL'ORTO E.

**MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL**

DESCRIPCION	CODIGO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1 PESO MUESTRA SUELTA ( EN AIRE)		870.2	854.9	818.3	877.0
2 PESO FRASCO + AGUA (25°C) gr.		1683.2	1677.1	1683.2	1677.1
3 PESO FRASCO + AGUA (25°C) + MUESTRA SUELTA gr.		2553.4	2532.0	2501.5	2554.1
4 PESO FRASCO + AGUA (25°C) + MUESTRA SUELTA DESPUES DE ENSAYO gr.		2216.7	2202.8	2178.3	2203.8
5 VOLUMEN (3-4) c.c.		336.7	329.2	323.2	350.3
6 GRAVEDAD ESPECIFICA (RICE) (1/5) gr/c.c.		<b>2.855</b>	<b>2.597</b>	<b>2.533</b>	<b>2.505</b>



ING. ....



ANALISTA



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac Tel : 481-3707 Fax:481-0677

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 31: Ensayo Peso específico teórico máximo (Modificado)



**Ministerio de Transportes y Comunicaciones**

**LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES  
MEZCLAS ASFALTICAS**

PROYECTO: TESIS VALDIVIA SANCHEZ VITMER      FECHA DE INICIO :  
 SOLICITADO:      FECHA TERMINO :  
 PROCEDENCIA      ANALISTA : DALL'ORTO E.

**MEZCLA ASFALTICA MODIFICADO SBS**

DESCRIPCION	CODIGO	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%
1 PESO MUESTRA SUELTA ( EN AIRE)		831.8	871.5	846.1	847.7
2 PESO FRASCO + AGUA (25°C) gr.		1677.1	1677.1	1677.1	1677.1
3 PESO FRASCO + AGUA (25°C) + MUESTRA SUELTA gr.		2508.9	2548.6	2523.2	2524.8
4 PESO FRASCO + AGUA (25°C) + MUESTRA SUELTA DESPUES DE ENSAYO gr.		2189.5	2211.1	2192.3	2189.9
5 VOLUMEN (3-4) c.c.		319.4	337.5	330.9	334.9
6 GRAVEDAD ESPECIFICA (RICE) (1/5) gr/c.c.		<b>2.604</b>	<b>2.582</b>	<b>2.557</b>	<b>2.531</b>



ING. ....



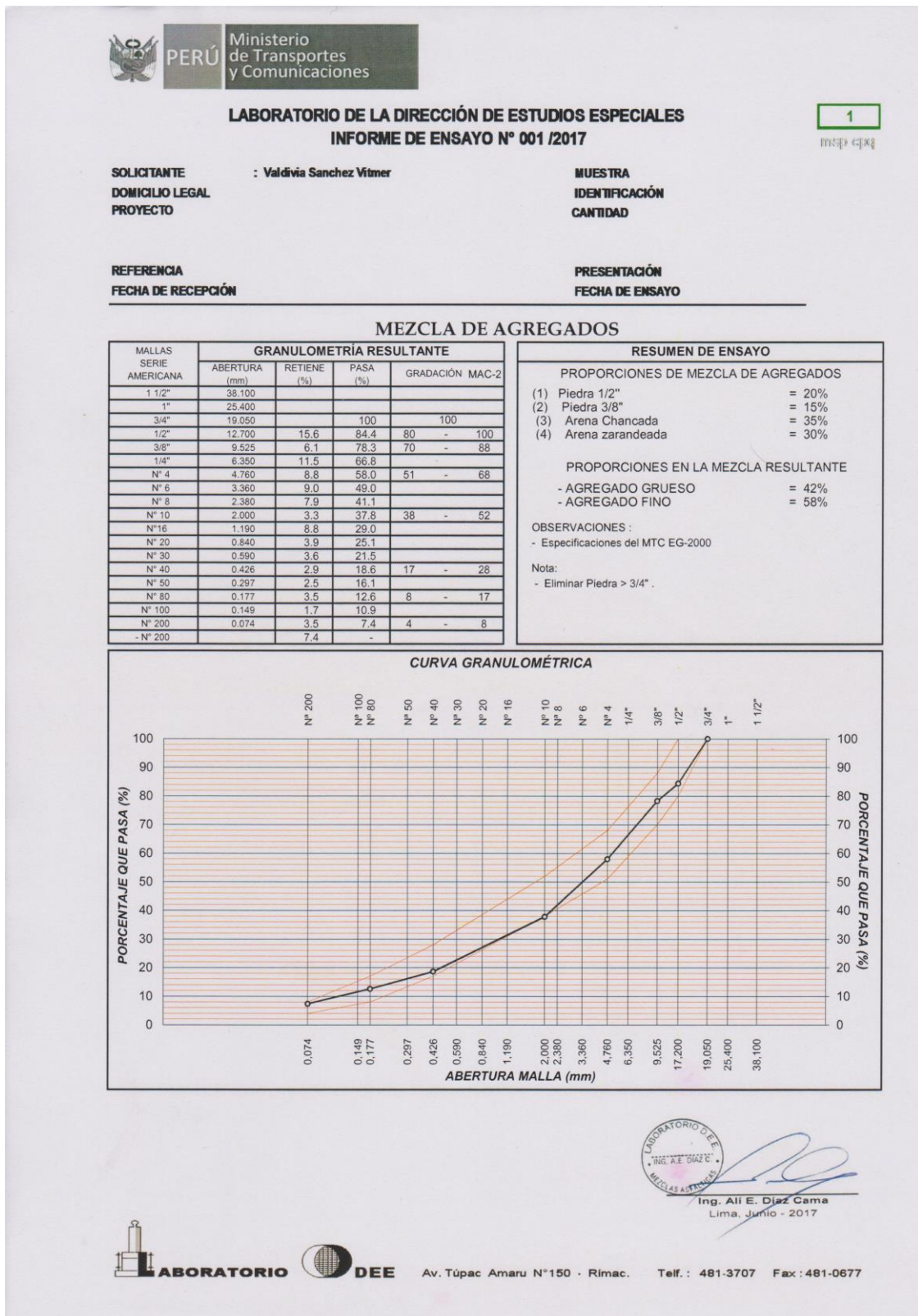
ANALISTA



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac Tel: 481-3707 Fax: 481-0677

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)


Figura 32: Mezcla de agregados y curva granulométrica



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)



Figura 33: Reporte de resultados del ensayo Marshall (Convencional)



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**  
**MEZCLAS ASFÁLTICAS**

SOLICITANTE	: Bach. Vitmer Valdivia Sánchez	MUESTRA	: Agregados y Asfalto.
DOMICILIO LEGAL	:	IDENTIFICACIÓN	: Mezcla asfáltica Convencional
PROYECTO	: Tesis: "Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53-57, Lima 2017"	CANTIDAD	: La que se indica

REFERENCIA	PRESENTACIÓN
FECHA DE RECEPCIÓN	FECHA DE ENSAYO
Mayo - 2017	: Sacos y envase metálico. Mayo - 2017

---

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

Características de la Mezcla :						
- Nº de golpes por cara	:		75			
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.4		5.6		5.8
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.443		2.446		2.448
- Vacíos, %	:	4.3		3.9		3.5
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	74.8		77.4		79.9
- V.M.A., %	:	17.1		17.2		17.3
- Estabilidad, kg (kN)	:	1401.1	(13.740)	1389.4	(13.625)	1355.4 (13.292)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	3.4	(13.6)	3.7	(14.4)	3.9 (15.4)
- Absorción de Asfalto, %	:			0.12		
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	4063.0	(10.0)	3788.0	(9.0)	3461.0 (9.0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			143 - 158		

Proporciones de mezcla :		
(1) Agregado grueso, % **	:	40.0
(2) Agregado fino, % **	:	60.0
(3) Filler mineral, % **	:	--
(4) Aditivo, % ***	:	0.5


**Materiales :**

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "Leticia Cerro Blanco"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "Leticia Cerro Blanco"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Morlife 2200"


**Nota :**

- (\*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados
- (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

**Observaciones :**  
Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2016), 2da edición, aprobado con R.D. Nº 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001



**Ing. Ali E. Díaz Cama**  
Lima, Junio - 2017

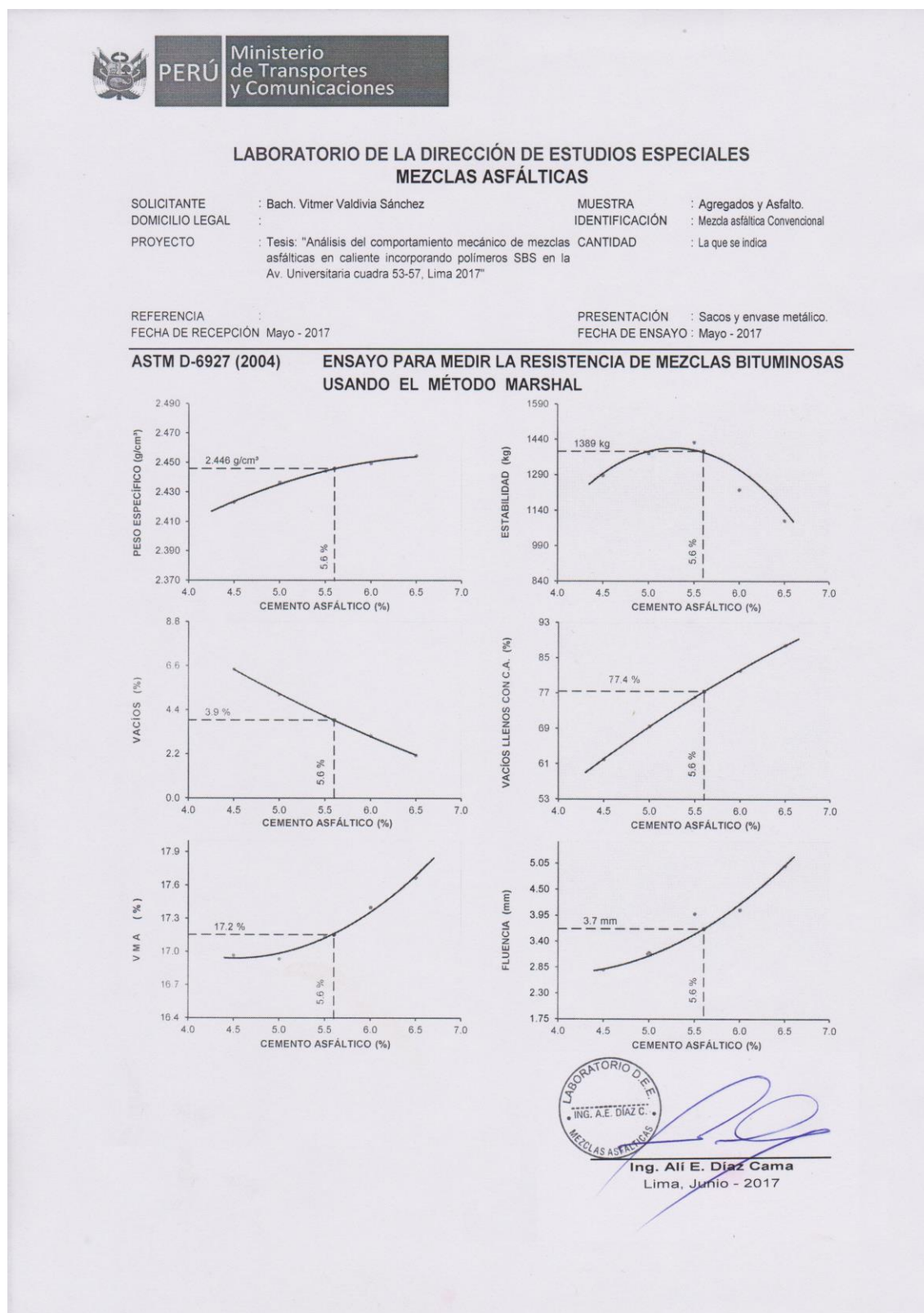


**LABORATORIO DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)


Figura 34: Gráficos de resultados de la mezcla asfáltica convencional



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)



Figura 35: Reporte de resultados del ensayo Marshall (modificado)



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**  
**MEZCLAS ASFÁLTICAS**

SOLICITANTE	: Bach. Vitmer Valdivia Sánchez	MUESTRA	: Agregados y Asf. Modificado.
DOMICILIO LEGAL	:	IDENTIFICACIÓN	: Modificado con polímeros SBS
PROYECTO	: Tesis: "Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53-57, Lima 2017"	CANTIDAD	: La que se indica

REFERENCIA	PRESENTACIÓN
FECHA DE RECEPCIÓN	FECHA DE ENSAYO
Mayo -2017	: Sacos y envase metálico. : Mayo -2017

---

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

<b>Características de la Mezcla :</b>						
- Nº de golpes por cara	:			75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	4.8		5.0	5.2	
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.459	2.473		2.480	
- Vacíos, %	:	4.6	3.9		3.2	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	71.8	76.1		79.7	
- V.M.A., %	:	15.9	15.7		15.6	
- Estabilidad, kg (kN)	:	1873.2	(18.369) 1921.4	(18.842)	1922.1	(18.850)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	3.4	(13.3) 3.6	(14.2)	3.9	(15.3)
- Absorción de Asfalto, %	:					
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	5545.0	(14.0) 5309.0	(13.0)	4940.0	(12.0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		161 - 168			

<b>Proporciones de mezcla :</b>	
(1) Agregado grueso, % **	: 35.0
(2) Agregado fino, % **	: 65.0
(3) Filler mineral, % **	: --
(4) Aditivo, % ***	: 0.5


**Materiales :**

Tipo de Asfalto	:	PEN Asfalto Modificado con polímero SBS - Betutec IC
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "Leticia Cerro Blanco"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "Leticia Cerro Blanco"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Morlife 2200"


**Nota :**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total  
 (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados  
 (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

**Observaciones :**  
 Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2016), 2da edición, aprobado con R.D. Nº 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001



**Ing. Ali E. Díaz Cama**  
Lima, Junio - 2017

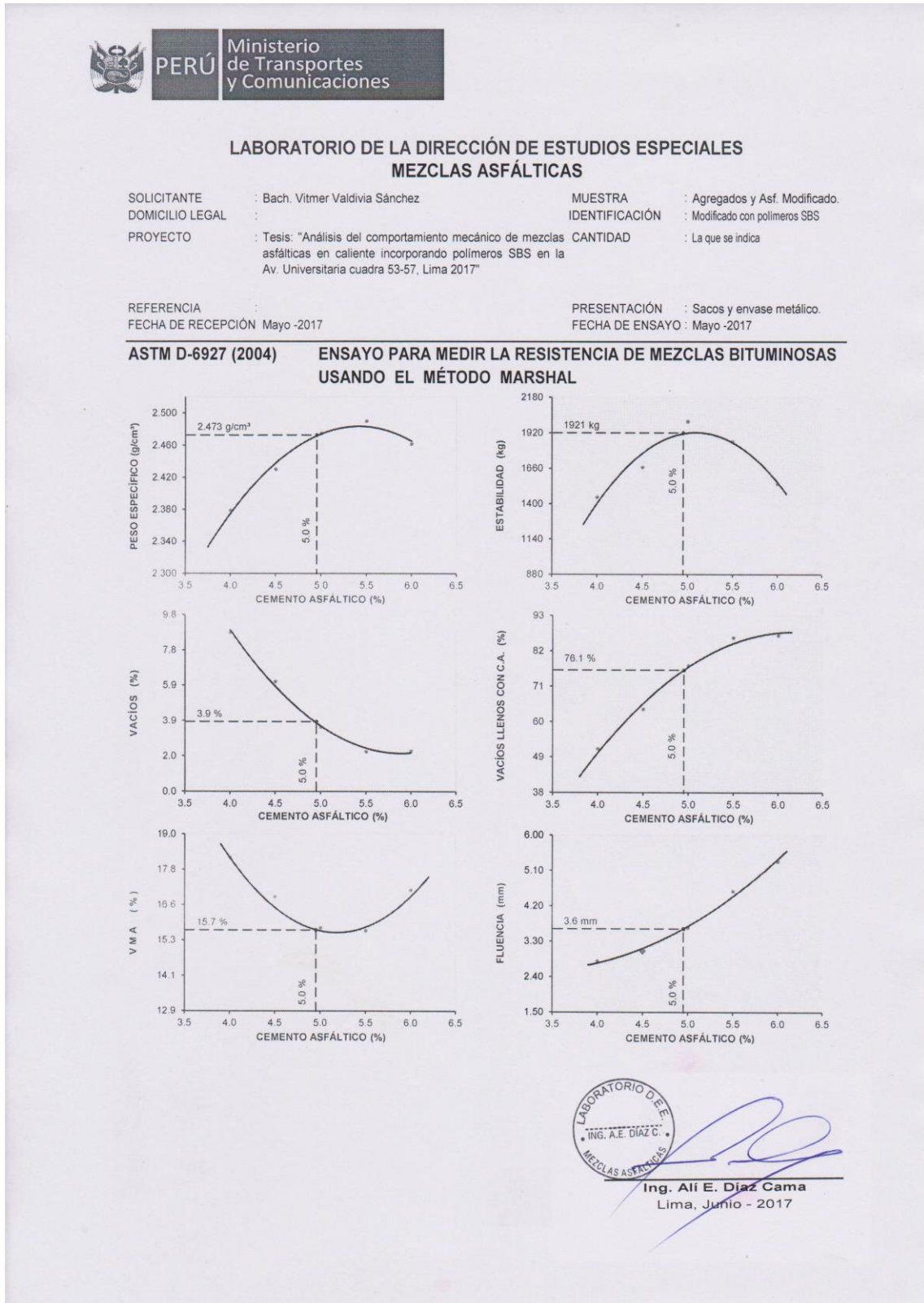


**LABORATORIO DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677


Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 36: Gráficos de resultado de la mezcla asfáltica modificada



Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

Figura 37: Reporte de resultado del ensayo a la tracción (convencional)



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 000 - 2017 - MTC/14.01**

SOLICITANTE	: Vítmer Valdivia Sanchez	MUESTRA	: Agregados y PEN 60/70
PROYECTO	: Tesis	IDENTIFICACIÓN	: Mezcla convencional
FECHA DE RECEPCIÓN		FECHA DE ENSAYO	

---

ASTM D-4867 -04\*      **METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL EFECTO DE LA HUMEDAD EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO.**

MEZCLA ASFÁLTICA :	Piedra 1/2"	20%
	Piedra 3/8"	15%
	Arena chancada	35%
	Arena zarandeada	30%
	Óptimo contenido de cemento asfáltico	5,6%

TIPO DE ASFALTO :      Cemento Asfáltico PEN 60/70 + 0,5 % aditivo, proporcionado por el solicitante.

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	3	4	5	1	2	6
N° Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	5.5			5.1		
Grado de Saturación promedio - después de saturación parcial (%)	-			68.0		
Grado de Saturación promedio - después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			39.6		
Hinchamiento Promedio después de la saturación parcial (%)	-			2.35		
Hinchamiento Promedio después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			38.28		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	84.33	86.80	85.27	76.33	80.51	78.07
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>3</sub> , St <sub>1</sub> )	85.46			78.30		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	No presenta			No presenta		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>3</sub>) = 91.62%**

**Nota:**


(1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1.0°C por 24 horas.

(2) Daño por humedad (visualmente), según método de ensayo.


**Observaciones:**

(\*) Anual Book of ASTM Standard 2008.

- El ensayo fue efectuado con la formulación del diseño Marshall, proporcionada por el solicitante.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



**LABORATORIO DEE**




**Ing. Ali E. Diaz Cama**  
Lima, Junio - 2017

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.      Telf.: 481-3707      Fax: 481-0677

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)



Figura 38: Reporte de resultado del ensayo a la tracción (modificado)



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 000 - 2017 - MTC/14.01**

SOLICITANTE	: Vitmer Valdivia Sánchez	MUESTRA	: Agregados y PEN 60/70
PROYECTO	: Tesis	IDENTIFICACIÓN	: Mezcla modificada
FECHA DE RECEPCIÓN		FECHA DE ENSAYO	

---

ASTM D-4867 -04\*      METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL EFECTO DE LA HUMEDAD EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO.

MEZCLA ASFÁLTICA :	Piedra 1/2"	20%
	Piedra 3/8"	15%
	Arena chancada	35%
	Arena zarandeada	30%
	Óptimo contenido de cemento asfáltico	5.0%


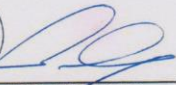
TIPO DE ASFALTO :      Cemento asfáltico modificado con polímeros SBS BETUTEC IC, proporcionado por el solicitante.

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	I	II	V	III	IV	VI
N° Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	9.9			8.2		
Grado de Saturación promedio - después de saturación parcial (%)	-			67.7		
Grado de Saturación promedio - después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			43.2		
Hinchamiento Promedio después de la saturación parcial (%)	-			0.54		
Hinchamiento Promedio después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			35.28		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	78.42	85.34	82.39	82.23	80.00	83.24
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>0</sub> , St <sub>1</sub> )	82.05			81.82		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	No presenta			No presenta		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		


**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>0</sub>) = 99.73%**

**Nota:**  
 (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1.0°C por 24 horas.  
 (2) Daño por humedad (visualmente), según método de ensayo.

**Observaciones:**  
 (\*) Anual Book of ASTM Standard 2008.  
 - El ensayo fue efectuado con la formulación del diseño Marshall, proporcionada por el solicitante.  
 - Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).  
 - Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

**Ing. Ali E. Diaz Cama**  
Lima, Junio - 2017




**LABORATORIO DEE**

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac. Telf. : 481-3707 Fax : 481-0677

Fuente: Laboratorio (Dirección de Estudios Especiales)

➤ Recibo digital (Turnitin)



The image shows a digital receipt from Turnitin. At the top left is the Turnitin logo. Below it is the title "Digital Receipt" in red. A paragraph explains that the receipt acknowledges the submission of a paper. Below this, it states that the first page of the submission is displayed. A list of submission details follows, including author, assignment title, submission title, file name, file size, page count, word count, character count, submission date, and submission ID. In the center, there is a preview of the first page of the document, which is a title page from Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. The title of the document is "Diploma del curso de desarrollo de estudio aplicativo en calidad asegurada primer semestre 2017 en la U. César Vallejo (U. CV) - Curso Civil 2017". The author is Vitmer Sanchez Vitmer Lopez. At the bottom of the receipt, there is a blue bar with the text "Copyright 2017 Turnitin. All rights reserved."

**turnitin**

## Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Vitmer Valdivia Sanchez  
Assignment title: Prueba DPI 2017 I  
Submission title: DPI 2017 Vitmer Valdivia  
File name: DPI\_2017\_I\_-\_Vitmer\_Valdivia\_Cor...  
File size: 11.84M  
Page count: 162  
Word count: 23,816  
Character count: 122,390  
Submission date: 31-Jul-2017 04:42PM  
Submission ID: 834357554

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Diploma del curso de desarrollo de estudio aplicativo en calidad asegurada primer semestre 2017 en la U. César Vallejo (U. CV) - Curso Civil 2017"

TÍTULO PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

AUTOR:  
Vitmer Sanchez Vitmer Lopez

ASIGNATURA:  
Fís. Fund. Mecánica Básica

UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

UNIVERSIDAD  
2017

Copyright 2017 Turnitin. All rights reserved.

➤ Reporte de similitud (Turnitin)

## DPI 2017 | Valdivia

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.cip-civil.com">www.cip-civil.com</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://cybertesis.urp.edu.pe">cybertesis.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://myslide.es">myslide.es</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://intranet.cip.org.pe">intranet.cip.org.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repository.ucatolica.edu.co">repository.ucatolica.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%

➤ Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA																															
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿De qué manera la incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Cómo influye la incorporación de polímeros SBS en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017?</p> <p>¿Cómo interviene la incorporación de polímeros SBS en la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017?</p> <p>¿Cómo contribuye la incorporación de polímeros SBS en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar en qué manera la incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Analizar cómo influye la incorporación de polímeros SBS en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p> <p>Evaluar como interviene la incorporación de polímeros SBS en la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p> <p>Mostrar como contribuye la incorporación de polímeros SBS en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p> <p><b>Hipótesis específicos</b></p> <p>La incorporación de polímeros SBS influye en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p> <p>La incorporación de polímeros SBS interviene en la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p> <p>La incorporación de polímeros SBS contribuye en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017.</p>	<p><b>Incorporación de Polímeros SBS</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Consistencia</td> <td>Penetración</td> </tr> <tr> <td>Punto de ablandamiento</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Elasticidad</td> <td>Ductilidad a 25°C</td> </tr> <tr> <td>Recuperación elástica 25°C</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Volatilidad</td> <td>Recuperación elástica 5°C</td> </tr> <tr> <td>Perdida por calentamiento</td> </tr> <tr> <td>Penetración</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente</td> <td>Ductilidad</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de mezcla</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Trabajabilidad</td> <td>Temperatura de compactación</td> </tr> <tr> <td>Contenido de asfalto</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Resistencia</td> <td>Estabilidad</td> </tr> <tr> <td>Índice de rigidez</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Vacíos</td> <td>Resistencia al daño inducido</td> </tr> <tr> <td>Vacíos de aire</td> </tr> <tr> <td>Vacíos llenos con cemento asfáltico</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Vacíos del agregado mineral</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Consistencia	Penetración	Punto de ablandamiento	Viscosidad	Elasticidad	Ductilidad a 25°C	Recuperación elástica 25°C	Volatilidad	Recuperación elástica 5°C	Perdida por calentamiento	Penetración	Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente	Ductilidad	Temperatura de mezcla	Trabajabilidad	Temperatura de compactación	Contenido de asfalto	Resistencia	Estabilidad	Índice de rigidez	Vacíos	Resistencia al daño inducido	Vacíos de aire	Vacíos llenos con cemento asfáltico				Vacíos del agregado mineral		<p><b>DISEÑO</b></p> <p>Tipo aplicada</p> <p>Diseño experimental</p> <p>Nivel Correlacional</p> <p>Método científico</p> <p><b>METODO</b></p> <p>Población:</p> <p>Sin población.</p> <p>Muestra:</p> <p>42 muestras de la mezcla asfáltica.</p> <p>La técnica de procesamiento de datos será:</p> <p>Cuadros comparativos.</p> <p>Gráficos estadísticos.</p> <p>Instrumento:</p> <p>Ensayo de laboratorio</p> <p>Hojas de calculo</p>
			Dimensiones	Indicadores																															
Consistencia	Penetración																																		
	Punto de ablandamiento																																		
	Viscosidad																																		
Elasticidad	Ductilidad a 25°C																																		
	Recuperación elástica 25°C																																		
Volatilidad	Recuperación elástica 5°C																																		
	Perdida por calentamiento																																		
	Penetración																																		
Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente	Ductilidad																																		
	Temperatura de mezcla																																		
Trabajabilidad	Temperatura de compactación																																		
	Contenido de asfalto																																		
Resistencia	Estabilidad																																		
	Índice de rigidez																																		
Vacíos	Resistencia al daño inducido																																		
	Vacíos de aire																																		
	Vacíos llenos con cemento asfáltico																																		
			Vacíos del agregado mineral																																

Fuente: Propia



➤ Sección de fotos

Figura 39: Cantera - Leticia cerro blanco



Figura 40: Granulometría de agregado grueso



Figura 41: Ensayo de chatas y alargadas



Figura 42: Ensayo de durabilidad



Figura 43: Ensayo Los Ángeles

Figura 44: Malla N° 12





Figura 45: Determinando la humedad



Figura 46: Muestras saturadas en la Fiola



Figura 47: Determinando limite liquido (Copa Casagrande)



Figura 48: Medición de altura de finos



Figura 49: Ensayo de Riedel Weber



Figura 50: Visualizando el desprendimiento



Figura 51: Ensayo de penetración 25°C



Figura 52: Ensayo de viscosidad



Figura 53: Dosificación de agregados



Figura 54: Verificando la temperatura de agregados



Figura 55: Adición del aditivo de adherencia



Figura 56: Peso del agregado más bitumen





Figura 57: Mezclado de agregados más bitumen



Figura 58: Adicionando mezcla al molde de compactación



Figura 59: Compactación de mezclas asfálticas



Figura 60: Extracción de las briquetas



Figura 61: Briquetas de la mezcla convencional



Figura 62: Briquetas de mezcla modificada



Figura 63: Saturación de briquetas a 25°C



Figura 64: Determinando gravedad específica de las briquetas



Figura 65: Determinando peso

Figura 66: Inmersión de briquetas al



específico teórico máximo



Figura 67: Rotura de las briquetas

baño María a 30°C



Figura 68: Briquetas ensayadas



Ensayo de resistencia al daño inducido por humedad (TSR)

Figura 69: Briquetas para el ensayo TSR



Figura 70: Medición de altura de las briquetas



Figura 71: Saturación de broquitas para el ensayo TSR



Figura 72: Determinación del volumen de las briquetas



Figura 73: Absorción de las briquetas a 25°C



Figura 74: Adición de 3ml de agua a las briquetas para la saturación



Figura 75: Disposición de briquetas para la alteración de temperaturas



Figura 76: Rotura de briquetas por tracción





Figura 77: Briqueta ensayada de la mezcla convencional



Figura 78: Briquetas ensayadas de la mezcla modificada con polímeros SBS (Betutec IC)











































Panel fotográfico de las fallas en la cuadra 53 al 57

Parqueo



Piel de cocodrilo



Hueco



: Piel de cocodrilo



Hueco en el borde



Agrietamiento en bloques



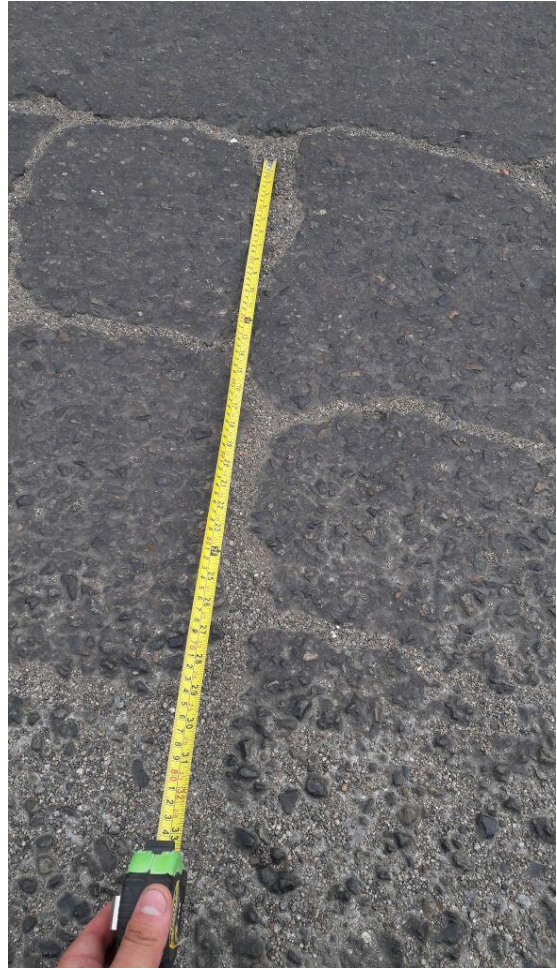


Panel fotográfico de las fallas en la cuadra 53 al 57

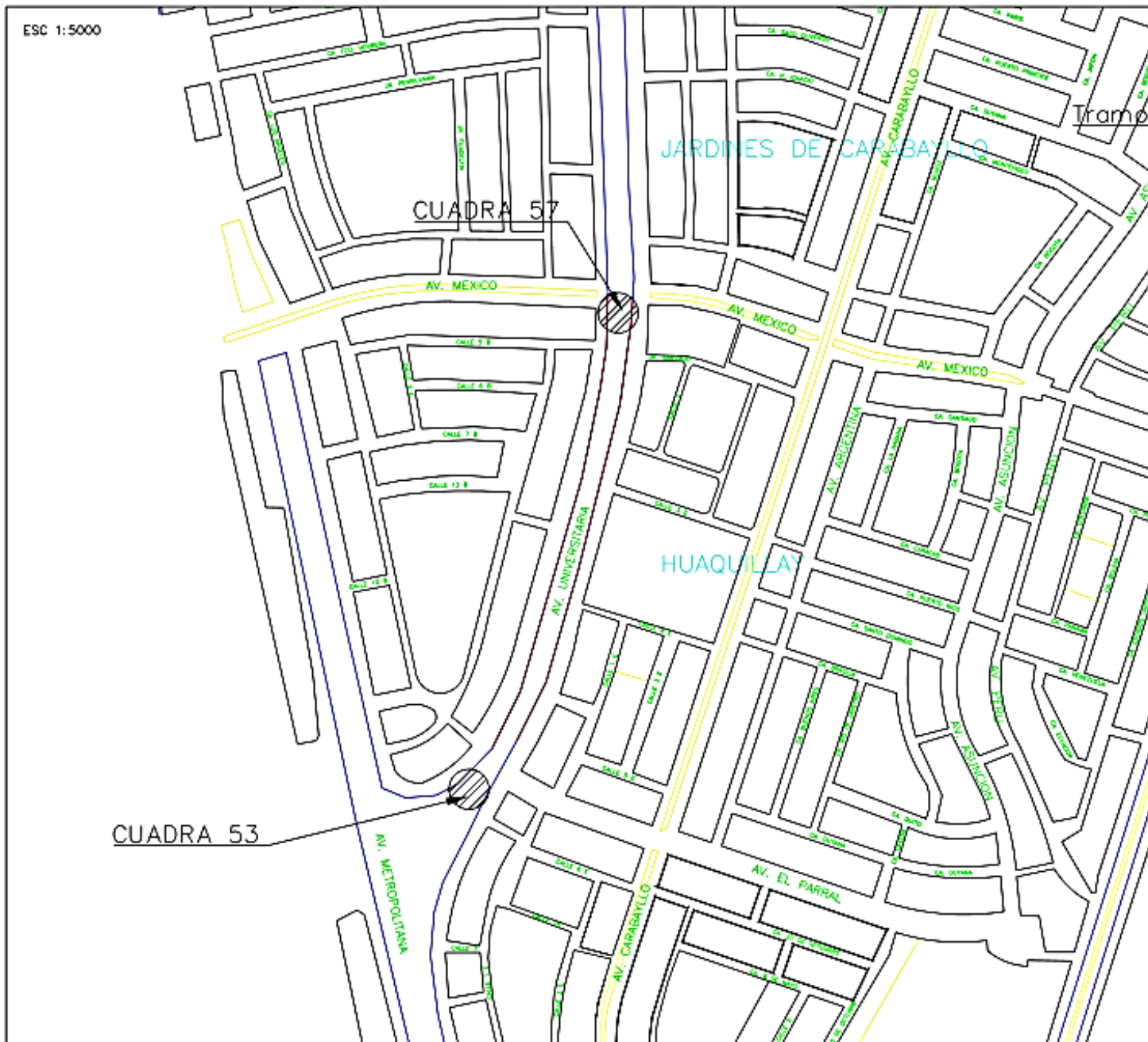
Medición de la severidad de falla



Medición de agrietamiento en bloque



# Anexo 03: Planos



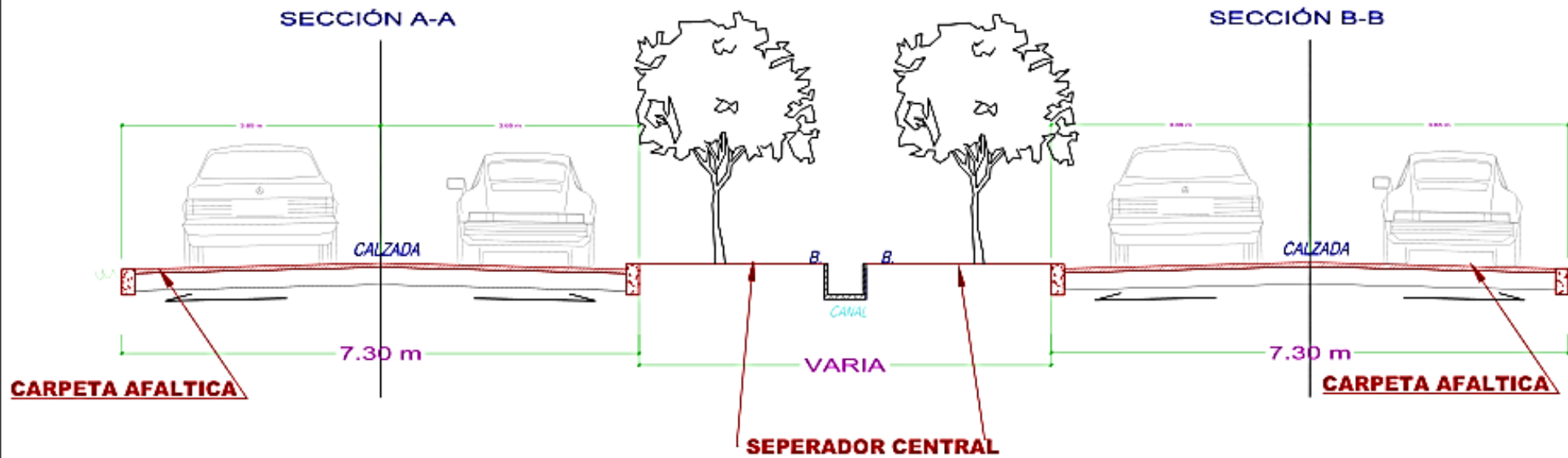
ESQUEMA DE LOCALIZACION

DATOS DE LA VIA

ANCHO:	7.30 M	CALZADAS:	2 CALZADAS
LONGITUD:	700 M	CARRIL:	3.65 M
CUADRA INICIAL:	53	CUADRA FINAL:	57

PLANO:				PLANO DE UBICACION	
VIA:	AV. UNIVERSITARIA	CUADRA:	53 AL 57	PU 01	
PROMH:	LIMA	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		
DISTRITO:	COMAS	ESCALA:	INDICADA		

# SECCION TRANSVERSAL



PLANO:		SECCION TRANSVERSAL	
MA:	AV. UNIVERSITARIA	CUADRA:	53 AL 57
PROVIN:	LIMA	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
DISTRITO:	COMAS	ESCALA:	1:500
			ST 01

