



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017

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

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Chávez Armas, Janina Jessica

**ASESOR:**

Dr. Muñoz Paucarmayta, Abel Alberto

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LIMA – PERÚ**

2017 - I

## PÁGINA DEL JURADO

---

PRESIDENTE

---

SECRETARIO

---

VOCAL

## **DEDICTORIA**

A mis padres, que me enseñaron a luchar ante cualquier adversidad son la fuente de mi inspiración, al igual que mis hermanos y hermanas que me apoyaron en los momentos más difíciles que he tenido que pasar.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme recuperar la salud para tener la oportunidad de culminar mi carrera.

A mi familia, que es lo más valioso que tengo y a su apoyo incondicional.

Al Ing. Abel Muñiz Paucaymata, por el apoyo brindado como asesor de la presente tesis.

Al laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a todo su personal en especial a la Ing. Erika Valladares por su tiempo y por lo aportes que brindo a la tesis en presentación.

A la empresa TDM Asfaltos, en especial a la Ing. Wendy Herencia por lo aportado para el desarrollo de la tesis en presentación.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Janina Jessica Chávez Armas, con DNI N° 46528214, 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 de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda 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 presente tesis son auténticos y veraces.

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

Lima, 22 de julio de 2017

---

Janina Jessica Chávez Armas

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la universidad cesar vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Janina Jessica Chávez Armas

## INDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICTORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.Realidad problemática.....	2
1.2.Trabajos previos .....	4
1.2.1.Antecedentes nacionales.....	4
1.2.2.Antecedentes internacionales .....	4
1.3.Teorías relacionadas al tema.....	6
1.3.1.Carpeta asfáltica modificada con polímero SBS .....	6
1.3.2.Cima frígido.....	13
1.3.3.Marco conceptual.....	17
1.4.Formulación del problema .....	19
1.4.1.Problema general .....	19
1.4.2.Problemas específicos.....	19
1.5.Justificación del estudio.....	19
1.6.Hipótesis .....	20
1.6.1.Hipótesis general.....	20
1.6.2.Hipótesis específicos .....	20
1.7.Objetivos .....	21
1.7.1.Objetivo general.....	21
1.7.2.Objetivos específicos.....	21
<b>II.METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
2.1.Diseño de investigación .....	23
2.1.1.Método.....	23
2.1.2.Tipo de estudio .....	23
2.1.3.Nivel de investigación .....	23
2.1.4.Diseño de investigación .....	24
2.2.Variables, operacionalización .....	24
2.2.1.Variables .....	24
2.2.2.Operacionalización de variables .....	25

<b>2.3.Población y muestra</b> .....	25
<b>2.3.1.Población</b> .....	25
<b>2.3.2.Muestra</b> .....	26
<b>2.3.3.Muestreo</b> .....	26
<b>2.4.Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	26
<b>2.4.1.Técnicas de recolección de datos</b> .....	26
<b>2.4.2.Instrumentos de investigación</b> .....	27
<b>2.4.3.Validez</b> .....	28
<b>2.4.4.Confiabilidad</b> .....	29
<b>2.5.Métodos de análisis de datos</b> .....	29
<b>2.6.Aspectos éticos</b> .....	29
<b>III.ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	30
<b>3.1.Descripción de la zona de estudio</b> .....	31
<b>3.2.Recopilación de información</b> .....	32
<b>3.2.1.Trabajos de campo</b> .....	32
<b>3.2.2.Ensayos</b> .....	33
<b>3.3.Aplicación de métodos de análisis</b> .....	44
<b>3.3.1.Determinación de la resistencia de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido.</b> .....	44
<b>3.3.2.Identificación de la susceptibilidad a la humedad en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido.</b> .....	50
<b>3.3.3.Evaluación de la trabajabilidad de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido.</b> .....	52
<b>3.3.4.Análisis del comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido</b> .....	53
<b>IV.DISCUSIONES</b> .....	56
<b>V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	59
<b>5.1.Conclusiones</b> .....	60
<b>5.2.Recomendaciones</b> .....	61
<b>VI.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	62
<b>VII.ANEXOS</b> .....	66
<b>Anexo 1. Matriz de consistencia</b> .....	67
<b>Anexo 2. Ficha Técnica</b> .....	68
<b>Anexo 2.1. Instrumento de investigación validado</b> .....	69
<b>Anexo 3. Ensayos de Laboratorio</b> .....	72
<b>Anexo 3.1. Certificado de ensayo del cemento asfaltico con polímero SBS</b> .....	72



<b>Anexo 3.1. Certificado de Curva Granulométrica .....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo 3.3. Certificado de Análisis Granulométrico .....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 3.4. Certificado de ensayo Diseño Marshall.....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo 3.5. Certificado ensayo Lottman (BETUTEC 70-28 E).....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo 3.6. Certificado ensayo Lottman (PEN 120/150).....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 4. Tabla de precipitaciones estación Yauli.....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo 5. Planos .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 5.1. Plano de ubicación de la carretera JU-1029.....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 5.2. Plano de diagrama de canteras .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo 5.3. Cantera progresiva 0 + 100.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 6. Carta de presentación para laboratorio.....</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 7. Autorización de uso de información con fines de investigación .....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 8. Acta de aprobación de originalidad de tesis.....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 9. Recibo digital de turnitin .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 10. Porcentaje de similitud .....</b>	<b>97</b>
<b>Registro fotográfico.....</b>	<b>98</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1. Operacionalización de variables.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 2. 2. Coeficiente de validez por juicios de expertos .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 2. 3. Rangos y magnitudes de validez.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 3. 1. Requerimientos para los agregados gruesos.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 3. 2. Requerimientos para los agregados finos.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 3. 3. Gradación para la mezcla asfáltica en caliente (MAC) .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 3. 4. Dosificación para el Diseño Marshall</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 3. 5. Cuadro resumen del Diseño de mezcla asfáltica modificada con polímero SBS (BETUTEC 70-28 E).....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 3. 6. Características de diseño .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 3. 7. Asfalto PEN 120/150, contenido de cemento asfáltico 5.8% a 21 golpes .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 3. 8. Asfalto BETUTEC 70-28E, contenido de cemento asfáltico 5.6% a 21 golpes .....</b>	<b>51</b>

<b>Tabla 3. 9.</b> Parámetros de Diseño.....	53
<b>Tabla 3. 10.</b> Resultados de ensayos.....	54

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. 1:</b> Mapa de distribución vial del departamento de Junín. ....	3
<b>Figura 1. 2:</b> Vista inicio de tramo de la carretera del proyecto de estudio. ....	3
<b>Figura 1. 3.</b> Efectos de la susceptibilidad térmica .....	10
<b>Figura 3. 1.</b> Vista panorámica de inicio de la carretera JU-1029 .....	32
<b>Figura 3. 2.</b> Cuarteo del agregado grueso .....	34
<b>Figura 3. 3.</b> Toma de muestras opuestas.....	35
<b>Figura 3. 4.</b> Tamizado del agregado grueso .....	35
<b>Figura 3. 5.</b> Muestra del agregado fino para el análisis granulométrico .....	36
<b>Figura 3. 6.</b> Tamizado del agregado fino .....	37
<b>Figura 3. 7.</b> Muestra de la cal hidrata utilizada para el diseño de este proyecto.....	39
<b>Figura 3. 8.</b> Briquetas expuestas a condiciones normales por 24 H.....	42
<b>Figura 3. 9.</b> Briquetas expuestas a saturación .....	42
<b>Figura 3. 10.</b> Prueba de Tracción directa.....	43
<b>Figura 3. 11.</b> Vista de briquetas después de la rotura .....	43
<b>Figura 3. 12.</b> Mezcla V/S Estabilidad .....	48
<b>Figura 3. 13.</b> Tipo de mezcla v/s Índice de Rigidez.....	49
<b>Figura 3. 14.</b> Tipo de mezcla v/s Flujo .....	49

## RESUMEN

La presente investigación que lleva por título “*Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017*”, ha sido realizado con el fin de estudiar el desempeño de las mezclas asfálticas en el clima frígido. Para ello, se ha analizado la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS. Teniendo como objetivo general *analizar las propiedades de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli.*

Según los resultados obtenidos en la parte experimental utilizando el diseño Marshall, se demuestra que el uso de mezclas modificadas con dicho polímero presenta mejoras en su estabilidad *1949.4 kg.* con respecto a las mezclas convencionales. En tanto apoyándonos del ensayo Lottman obtuvimos que el esfuerzo a la tensión – TSR (promedio  $St1/Std$ ) fue *89.79%*, lo cual nos hace constatar que hay un esfuerzo a tensión mayor respecto a las mezclas asfálticas convencionales. En la presente investigación se concluye que, *si existe una mejora a la resistencia y reducción de la susceptibilidad a la humedad al utilizar cemento asfáltico con polímeros SBS.*

**Palabras claves:** Asfalto modificado, polímero, recuperación elástica, clima, temperatura.

## **ABSTRACT**

The present investigation is entitled "Analysis of the modified asphalt folder with SBS polymer in the frigid climate of the Junín - Yauli region. 2017 "has been carried out in order to study the performance of asphalt mixtures in the frigid climate. For this, the modified asphalt mixture with SBS polymers has been analyzed. With the general objective of analyzing the properties of the modified asphaltic folder with SBS polymer in the frigid climate of the Junín - Yauli region.

According to the results obtained in the experimental part using the Marshall design, it is demonstrated that the use of mixtures modified with said polymer presents improvements in its stability 1949.4 kg. With respect to conventional blends. In support of the Lottman test, we obtained that the stress strain TSR (average  $St1 / Std$ ) was 89.79%, which shows that there is a higher stress stress than conventional asphalt mixtures. In the present investigation it is concluded that, if there is an improvement to the resistance and reduction of the susceptibility to the humidity when using asphalt cement with SBS polymers.

**Keywords:** Modified asphalt, polymer, elastic recovery, climate, temperature

# **I. INTRODUCCIÓN**

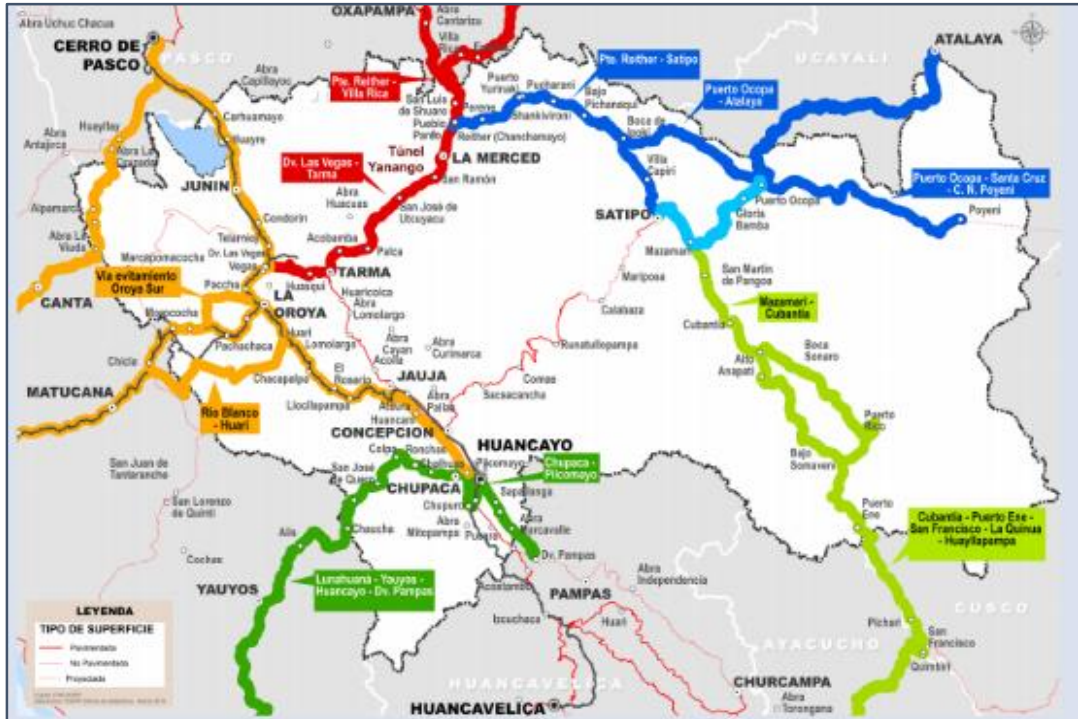
## 1.1. Realidad problemática

Por medio de las carreteras se han permitido el desplazamiento de personas, materiales (distribución de mercancías) u otros, es una de las vías más principales de comunicación, ya que conecta a los pueblos y comunidades (zonas rurales) con las grandes ciudades (zonas urbanas), y ayuda al fortalecimiento e integración de los países, “las carreteras son importantes e indispensables para el desarrollo de diversas actividades en las regiones y en todo el mundo. Actualmente, ante un mundo cada vez más integrado, que intercambia más bienes y servicios”. (Gutiérrez Montes, 2010).

Si hablamos de la red vial nacional en el Perú existen constantes problemas en el estado actual de las carreteras no pavimentadas y en el mantenimiento de las pavimentadas, debido a las limitaciones técnicas constructivas de los sistemas convencionales que permanecen en el mercado y así como la carencia de materiales adecuados para la construcción de la carpeta asfáltica; así mismo sabemos que en el sector construcción de nuestro país, es requerido e indispensable contar con una metodología (de diseño y construcción) que sea duradera y al mismo tiempo económica para reducir costos y ampliar el tiempo de vida útil del pavimento, en tal sentido se comienza con la búsqueda e investigación de técnicas que consignan la estabilización o mejora de la mezcla asfáltica (agregados, asfalto, filler, etc...).

En esta investigación, la zona de estudio que se toma es la carretera existente Cut Off – Yauli con código JU-102 (vía de red departamental) en el distrito de Yauli, provincia de Yauli, en el departamento de Junín; es una carretera de afirmado construida por los años 70, presenta una superficie de ondulaciones y encaminamientos por lo que dificulta la transitabilidad vehicular, agravándose en épocas de lluvia, actualmente se encuentra en mal estado y no cuenta con una estructura vial adecuada (para tránsito pesado), dificultando a productores mineros (vehículos de carga de minerales), ganaderos y pobladores de la zona el trasladarse.

Por tal motivo, en la presente investigación se busca presentar un análisis sobre la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS (estireno butadieno estireno),



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Figura 1. 1: Mapa de distribución vial del departamento de Junín.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Figura 1. 2: Vista inicio de tramo de la carretera del proyecto de estudio.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. Antecedentes nacionales**

Como antecedentes de investigación nacional tenemos a Gonzales (2007), en cuya tesis titulada “Estudio de los asfaltos modificados con polímeros y los convencionales para climas fríos”, tuvo como objetivo general el análisis de la aplicación del polímero SBS como un ligante más consistente y menos susceptible al envejecimiento y así evitar el ahuellamiento y disminuir el fisuramiento por efectos térmicos a bajas temperaturas.

Las conclusiones que se llegaron en esta investigación fue que el asfalto modificado con polímero SBS obtuvo un aumento significativo de consistencia a la penetrabilidad y obtención de mayor estabilidad.

Salcedo (2008), en la tesis “Experiencia de modificación de cemento asfáltico con polímero SBS en obra”, tuvo como objetivo principal el de modificar el asfalto convencional con la finalidad de mejorar las características mecánicas de resistencia a las deformaciones que son presentadas por factores de clima y tránsito.

Los resultados fueron satisfactorios, por la aplicación del polímero las mezclas evidenciaron una mejora significativa en sus características mecánicas es decir presento una mezcla de mejor calidad.

### **1.2.2. Antecedentes internacionales**

Rodríguez (2008), en la tesis “Análisis de pavimento asfáltico modificada con polímero”, se tiene como objetivo general el análisis del asfalto convencional y el asfalto modificado con polímeros mediante comparaciones de los resultados realizados a través de ensayos Marshall.



Al analizar las comparaciones respectivas, demostraron que las mezclas asfálticas modificadas con polímero poseen mayor estabilidad y fluencia es decir que modifica las propiedades de la mezcla asfáltica, también mejora la relación de la viscosidad – temperatura (el polímero brinda a altas temperaturas mayor viscosidad, y a bajas temperaturas una mayor elasticidad a la mezcla).

En cuanto al beneficio que proporcionan los polímeros, Palma y otros (2015), indican en la tesis “Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos” que las mezclas asfálticas modificadas presentan mayor resistencia a la fractura, ahuellamiento, susceptibilidad térmica y permeabilidad.

En dicha investigación se comprobó que los polímeros que presentan mayor compatibilidad con el asfalto son los elastómeros debido a las propiedades elásticas que presentan estas, siendo el polímero SBS el que proporciona mejores propiedades a la mezcla asfáltica.

Sobre la susceptibilidad a la temperatura de los asfaltos Modarres (2013), tuvo como objetivo principal el de investigar el efecto de la temperatura sobre la resistencia y propiedades de fatiga de las mezclas asfálticas modificadas con polímero SBS en la tesis titulada “Investigating the toughness and fatigue behavior of conventional and SBS modified asphalt mixer”.

Obteniendo como resultado que en altas condiciones de carga el fallo por fatiga será más crítico a temperaturas bajas - moderadas, y que en condiciones de carga menores la falla por fatiga no es crítico a bajas temperaturas, esto quiere decir que al incorporar el SBS a la mezcla asfáltica, este disminuye su susceptibilidad térmica.

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

#### **1.3.1. Carpeta asfáltica modificada con polímero SBS**

Antes de pasar con la variable Carpeta asfáltica modificada con polímero SBS, definiremos primero que es una carpeta asfáltica y al respecto Higuera sostiene que

La carpeta asfáltica deberá de proveer una superficie uniforme, estable y segura al tránsito, de textura y color conveniente, además de resistir los efectos abrasivos del tránsito. (2011 pág. 22).

Así mismo también indica que la carpeta asfáltica está sometida a esfuerzos de compresión y tracción, por lo cual es la encargada de disipar los esfuerzos horizontales (distribución de esfuerzos) generados por el tránsito vehicular, para que no se puedan producir agrietamientos en el pavimento.

Con respecto a los asfaltos modificados con polímeros (Rodríguez Valdivia, 2008), comenta que están “constituidos por dos fases, una formada por pequeñas partículas de polímero hinchado y otra por asfalto. En las composiciones de baja concentración de polímeros existe una matriz continua de asfalto en la que se encuentra disperso el polímero; pero si se aumenta la proporción de polímero en el asfalto se produce una inversión de fases, estando la fase continua constituida por el polímero hinchado y la fase discontinua corresponde al asfalto que se encuentra disperso en ella”. Esta micro morfología bifásica y las interacciones existentes entre las moléculas del polímero y los componentes del asfalto parecen ser la causa del cambio de propiedades que experimentan los asfaltos modificados con polímeros.

#### **Polímeros utilizados para la modificación de asfaltos**

Los tipos de modificadores de asfalto son:

- **Polímero Tipo I**

Modificadores empleados tanto en temperaturas altas y bajas, estos tipos de polímeros brindan buena resistencia a la mezcla asfáltica tanto en temperaturas altas como bajas, presentando un mejor comportamiento visco-elástico debido a la baja susceptibilidad a las gradientes térmicas.

El polímero más utilizado a nivel comercial que se encuentra dentro de este grupo es el SBS (Estireno – Butadieno – Estireno). Su aplicación se realiza en mezclas asfálticas para carpetas delgadas como estructurales.

Se podría mencionar que estos tipos de polímeros son los de mejor comportamiento en comparación a los demás tipos.

- **Polímero Tipo II**

Modificadores empleados en bajas temperaturas, estos tipos de modificadores son usados especialmente para temperaturas bajas. Debido a las características de su uso, estos polímeros presentan buenas propiedades elásticas en climas fríos. Gracias a esta propiedad fundamental, permite que las mezclas asfálticas reduzcan la susceptibilidad al agrietamiento y/o fisuras, fallas fundamentales en carpetas asfálticas sometidas a estos tipos de temperaturas.

El polímero representativo de este grupo es el SBR (Estireno – Butadieno – Fibra). A diferencia de SBS, este tipo de polímero presenta un componente adicional en su composición que es la fibra.

- **Polímero Tipo III**

Modificadores empleados en altas temperaturas, estos polímeros son usados exclusivamente en climas cálidos. Su característica principal es la rigidez, lo cual

es un factor fundamental para evitar la falla por deformación permanente en las carpetas asfálticas. No obstante, rigidez no significa tener una mezcla más durable. Debido a que estos modificadores carecen de propiedades elásticas, una vez superado su máxima capacidad de resistencia, las carpetas asfálticas llegan a presentar niveles moderados de agrietamientos.

#### **1.3.1.1. Resistencia**

Sobre la resistencia (Anguas, 2015), comenta que es la capacidad de un material a resistir cargas repetidas causadas por fuerzas transversales, causados por vehículos durante su transitabilidad.

Es la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir cargas repetidas causadas por el paso de los vehículos. El agrietamiento por fatiga está relacionado con el contenido y la rigidez del asfalto. Por su parte, los contenidos de asfalto muy altos harán que la mezcla tienda más a deformarse elásticamente (o a deformarse menos) que a fracturarse bajo carga repetida. Aunque también debe señalarse que la resistencia a la fatiga depende en gran medida de la relación entre el espesor estructural de la capa y la carga.

Se tiene que tomar en cuenta para determinar la resistencia del diseño de mezclas asfálticas a la estabilidad y el flujo, y la relación entre estos.

#### **1.3.1.1.1. Estabilidad**

Es la capacidad de un pavimento asfáltico para resistir las cargas de tránsito sin que se produzcan deformaciones. Depende principalmente de la fricción interna y de la cohesión.

#### **1.3.1.1.2. Flujo**

El flujo es la deformación que se presenta mediante un comportamiento donde pierde su forma respecto al inicial, de acuerdo a una determinada temperatura las mezclas asfálticas tienden a deformarse de acuerdo a la exposición con el calor y el frío, más flexible y rígido respectivamente.

#### **1.3.1.1.3. Relación estabilidad / flujo**

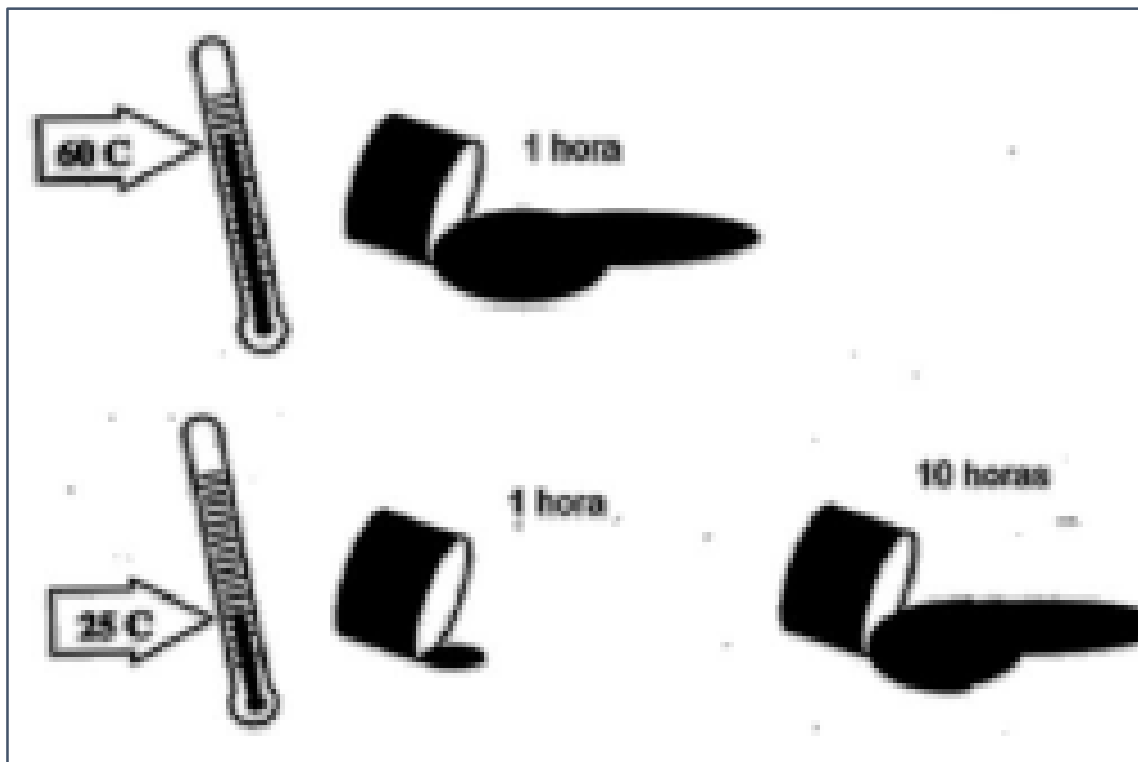
La relación de la estabilidad con el flujo se mide para determinar el índice de rigidez, el cual son los resultados finales del diseño de mezcla por el método Marshall.

El índice de rigidez es el valor absoluto del módulo complejo que define las propiedades elásticas de un material de viscosidad lineal sometido a una carga sinusoidal.  $E^*$  es el módulo visco-elástico del material. En la teoría viscoelástica, el valor absoluto del módulo complejo  $|E^*|$ , por definición es el módulo dinámico. Los valores del módulo dinámico pueden emplearse tanto para el diseño de la mezcla asfáltica para pavimento, como para el diseño del espesor de la capa de pavimento asfáltico. El método de ensayo que permite su determinación (ASTM D3496 y D3497, AASTHO TP 62) cubre procedimientos para preparar y ensayar mezclas.

#### **1.3.1.2. Susceptibilidad a la humedad**

Según (Anguas, 2005), es la resistencia al paso de agua y aire hacia el interior o a través de la mezcla asfáltica. El daño por humedad se relaciona con las propiedades químicas del agregado mineral y del contenido de vacíos de aire en la mezcla compactada, y por lo tanto los procesos de oxidación del asfalto baja y ayuda a tener una mayor adherencia y drenaje del pavimento.

Una de las grandes ventajas de usar asfaltos modificados con polímeros en las mezclas bituminosas es la reducción de la susceptibilidad térmica. Se entiende como susceptibilidad térmica a la variación del comportamiento de la mezcla asfáltica ante la temperatura. Esta es una característica fundamental para evitar el surgimiento de fallas por deformaciones permanentes. En el siguiente gráfico se explica visualmente, el comportamiento del asfalto ante la variación de la temperatura.



**Fuente:** El Estado del Arte de los Pavimentos Asfálticos - Huamán N. (2010).

**Figura 1. 3.** Efectos de la susceptibilidad térmica

#### 1.3.1.2.1. Contenido de asfalto

Sobre el contenido de asfalto de una mezcla (Rodríguez Valdivia, 2008). Indica que está determinado por propiedades predeterminadas y establecidas mediante criterios tanto técnicos como económicos.

El contenido de asfalto efectivo es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado, es la cantidad de asfalto que forma una película ligante efectiva sobre la superficie de agregado, es obtenida al restar la cantidad absorbida de asfalto del contenido total de asfalto.

#### **1.3.1.2.2. Contenido de vacíos**

Comenta (Avila Baray, 2006), que el contenido de vacíos es un factor que se debe evitar mediante el uso de aditivos, con la finalidad que el pavimento no se fisure posteriormente debido a la aplicación de tráfico vehicular.

#### **1.3.1.2.3. Resistencia al daño inducido**

Es la resistencia del pavimento a ser penetrado por el aire y el agua, y Macedo Vilca indica que es la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir cargas repetidas causadas por el paso de los vehículos. (2016 pág. 27). El agrietamiento está relacionado con el contenido y la rigidez del asfalto. Por su parte, los contenidos de asfalto muy altos harán que la mezcla tienda más a deformarse elásticamente (o a deformarse menos) que a fracturarse bajo carga repetida. Aunque también debe señalarse que la resistencia a la fatiga depende en gran medida de la relación entre el espesor estructural de la capa y la carga.

#### **1.3.1.3. Trabajabilidad**

La trabajabilidad engloba varias propiedades interdependientes como la consistencia, la plasticidad, la adherencia interna de la mezcla (cohesión), por lo tanto trabajabilidad es la facilidad de una mezcla a colocarse y compactarse.

#### **1.3.1.3.1. Temperatura de mezcla**

Según (Aguirre Rendero, y otros, 2009 pág. 62), el cemento asfáltico mezclado en planta, se compone de una mezcla de agregados graduados y asfalto, fabricado a una temperatura aproximada de 150°C. Las plantas para la producción de mezclas en caliente se construyen de tal manera que, después de secar y calentar los agregados, los separa en diferentes grupos de tamaños, los recombina en las proporciones adecuadas, los mezcla con la cantidad debida de asfalto caliente y finalmente los entrega a los vehículos transportadores, que a su vez la colocan en la máquina pavimentadora para que esta la deposite sobre la vía con un espesor uniforme, después se compacta mediante rodillos mientras la temperatura se conserva dentro de los rangos de especificación.

En caso de los asfaltos modificados, según la carta de viscosidad-temperatura la mezcla deberá encontrarse a una temperatura de 170 °C - 180 °C, ya que la temperatura de la mezcla tiene diferentes comportamientos a bajas o altas temperaturas.

#### **1.3.1.3.2. Temperatura de compactación**

La temperatura de la mezcla que tiene que ser colocada y compactada en caliente debe ser a una temperatura de 140°C para mezclas convencionales según indica (Aguirre Rendero, y otros, 2009), y para las mezclas modificadas con polímeros deberá compactarse a una temperatura mayor de 160 °C, según las características del pavimento que se diseñara, el cual presentara se debe de contar con una carta de viscosidad-temperatura.

#### **1.3.1.3.3. Compatibilidad del Asfalto**

La compatibilidad de los componentes (agregados finos y gruesos, filler y también el cemento asfáltico), de la mezcla asfáltica resulta de suma importancia



para garantizar la mejora en sus propiedades. En relación a ello, Huamán (2008) menciona que la compatibilidad entre estos dos componentes mejora las propiedades primigenias de los asfaltos.

Existen varios aspectos que se debe tener en cuenta para obtener una buena estabilidad del asfalto modificado. Según Maxil y Salinas (2006), indica que los asfaltos modificados brindan prestaciones óptimas si se tienen en consideración los siguientes aspectos:

- Correcta elección del asfalto base
- El tipo de polímero
- La dosificación
- La elaboración

### **1.3.2. Cima frígido**

Sobre el clima en nuestro país (Ministerio, de transportes y comunicaciones, 2013 pág. 91), indica que el territorio peruano se distinguen tres Regiones Naturales: la Costa de clima mediatizado y sin lluvias, la Sierra de temperaturas más marcadas en mínimos y máximos con lluvias moderadas; y la Selva, de naturaleza tropical con temperaturas bastante altas y lluvias muy fuertes. Una subregión en la costa norte es calurosa por ser parte de la zona ecuatorial y en el caso peruano con esporádicas presencias de lluvias tropicales cuando se presenta el Fenómeno del Niño.

Por lo que Montejo (2006) comenta que el clima frígido es un actor meteorológico variable, en altitudes mayores de los 3000 msnm, con precipitaciones intensas y cambios de temperaturas bruscas.

### **1.3.2.1. Temperatura**

En Perú, por su posición geográfica se presentan temperaturas variables durante el año, un criterio muy importante a tenerse en cuenta es que normalmente en los territorios alto andinos del Perú las temperaturas del pavimentos en los meses de Junio a Octubre presentan variaciones diarias en rango cercano a 40 grados centígrados y principalmente fenómenos de “heladas” con fuertes radiaciones solares y vientos fríos.

Para determinar de qué forma interviene el clima en el pavimento, el Ministerio, de transportes y comunicaciones sostiene al respecto:

“La temperatura afecta directamente la deformación de la carpeta asfáltica (CA); y las variaciones de temperaturas produce tensiones en la CA. Las temperaturas bajas tienen influencia en la aparición del agrietamiento por fatiga la que se potencia con el ahuellamiento. Por otra parte las temperaturas altas tienen influencia en el ahuellamiento de la CA. En los pavimentos rígidos con diferencias fuertes de temperatura se pueden levantar las esquinas debilitándose hasta su rompimiento” (2013 pág. 91).

#### **1.3.2.1.1. Comportamiento**

Según Minaya (2005 pág. 50), En climas fríos o bajo aplicaciones de carga rápida, el cemento asfáltico se comporta como un sólido elástico. Los sólidos elásticos son como ligas porque cuando cesa la carga que los deforma, regresan a su posición original.

Si el material se esfuerza más allá de su capacidad, el sólido elástico puede romperse. El agrietamiento por bajas temperaturas algunas veces ocurre en los pavimentos cuando están sometidos a climas fríos (Conococha, Ticllo). En estos casos, las cargas aplicadas producen esfuerzos internos que se acumulan en el

pavimento asfáltico que tenderá a contraerse mientras su movimiento es restringido por las capas inferiores.

### 1.3.2.1.2. Selección del tipo de cemento

La selección del asfalto debe hacerse principalmente en base al clima, sin embargo también deben incluirse factores de proyecto tales como el nivel de tránsito y las velocidades de circulación.

Según (Rodríguez Valdivia, 2008), el efecto principal de añadir polímeros a los asfaltos es el cambio en la relación viscosidad – temperatura (sobre todo en el rango de temperaturas de servicio de las mezclas asfálticas) permitiendo mejorar de esta manera el comportamiento del asfalto tanto a bajas como a altas temperaturas. Por tal efecto es primordial seleccionar el tipo de asfalto que se aplicara en un proyecto, este

**Tabla 1. 1. Selección del tipo de cemento asfáltico**

Temperatura Media Anual			
24 °C o más	24 °C – 15 °C	15 °C - 5 °C	Menos de 5 °C
40 – 50	60 - 70	85 / 100	Asfalto modificado
60 – 70		120 / 150	
Modificado			

**Fuente:** Ministerio, de transportes y comunicaciones, 2013

### **1.3.2.2. Precipitaciones**

Proceso meteorológico generado por la condensación de agua en la atmosfera (nubes), al incrementar la cantidad de agua en su estado gaseoso provoca la caída de agua en estado sólido o líquido hacia la superficie terrestre.

#### **1.3.2.2.1. Precipitaciones media anual**

Para el conocimiento del procedimiento para determinar la precipitación media anual (Higuera Sandoval, 2011 pág. 126), recomienda:

- Seleccionar las estaciones meteorológicas ubicadas más cerca del proyecto, donde la condiciones climáticas sean semejantes a las del sitio y consultar las precipitaciones anuales de los últimos 10 años.
- Si se diese el caso de que cerca del proyecto no se encuentre ninguna estación meteorológica, en este caso el diseñador debe buscar un región “par” que tenga altitud, topografía, drenaje y clima que reproduzcan prácticamente los de la zona del proyecto

#### **1.3.2.2.2. Efecto del agua**

El efecto del agua, es un factor importante que se tiene que tener en cuenta en el diseño del pavimento ya que este puede causar daños por humedad a la estructura, al respecto Morea indica:

“El daño por humedad se genera por la presencia de agua en contacto con el pavimento, el agua genera una pérdida de resistencia y durabilidad de la mezcla asfáltica debido a que favorece el desprendimiento de la película de asfalto de la superficie del agregado

pétreo. El efecto deletéreo del agua se ve incrementado además por las temperaturas elevadas y la acción del tránsito” (2011 pág. 16).

Por lo indicado el daño por humedad genera una pérdida de resistencia al romper la adhesión de la película de asfalto de la superficie del agregado pétreo, esa adhesión trata de explicarse a partir de diferentes teorías que involucran diversos procesos o fenómenos como: reacciones químicas, energía superficial, orientación molecular, adhesión mecánica, lo más probable es que el fenómeno de adhesión esté regido por una combinación de los anteriores.

El desprendimiento de la película de ligante asfáltico de la superficie del agregado pétreo se conoce como “stripping”. El stripping es un fenómeno que comienza en la parte inferior de la mezcla asfáltica y evoluciona hacia la superficie del pavimento. La situación progresa gradualmente con pérdidas de resistencia, aparición de ahuellamientos, desprendimiento de agregados y fisuración.

### **1.3.3. Marco conceptual**

**Agregado:** Es un material granular duro, utilizado para mezclas (mezclado en diferentes tamaños), tiene una composición mineralógica (de arena, grava, roca triturada). (Instituto del asfalto de Guatemala)

**Asfalto:** Es un material de color marrón oscuro casi negro, está constituido primordialmente por betunes (obtenidos naturalmente o por depuración del petróleo) (Instituto del Asfalto).

**Asfaltos modificados:** se presentan con propiedades reológicas mejoradas, al igual que con mayor grado de adherencia, menor susceptibilidad térmica y mayor resistencia al envejecimiento. (Reyes Lizcano, 2003 pág. 50).

**Polímeros:** Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes, es decir estas sustancias

contienen un alto peso molecular recibiendo el nombre de monómeros (compuestos químicos con moléculas simples) (Tecnología de Polímeros).

**Elastómeros:** Son polímeros lineales amorfos, por lo general insaturados. Sometidos a un proceso de vulcanización, adquieren una estructura parcialmente reticulada, la cual les confiere las propiedades elásticas (Reyes Lizcano, 2003 pág. 51).

**Granulometría:** Es un análisis por tamizado donde calculas las proporciones de ciertos materiales (agregados gruesos y finos clasificándolos por unidad de peso (Ministerio, de transportes y comunicaciones, 2013)

**Plasticidad:** Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos, el análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los límites de Atterberg (Ministerio, de transportes y comunicaciones, 2013).

**Pavimento:** Es una estructura vial formada por una o varias capas de materiales seleccionados que se construyen técnicamente sobre la subrasante, y es capaz de resistir las cargas impuestas por el tránsito. (Higuera Sandoval, 2011 pág. 14).

**Afirmado:** El Afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en caminos y carreteras no pavimentadas. (Ministerio, de transportes y comunicaciones, 2013 pág. 23)

**Cemento asfáltico:** El cemento asfáltico es un tipo de asfalto sin flujo o con flujo, tiene una preparación especial en cuanto a su consistencia y calidad, para su uso directo en pavimentos asfálticos (Instituto del asfalto de Guatemala, 2014).

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿Cómo analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín - Yauli. 2017?

### **1.4.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la resistencia en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017?

¿Cómo identificar la susceptibilidad a la humedad en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017?

¿De qué manera se puede evaluar la trabajabilidad de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017?

## **1.5. Justificación del estudio**

Las carreteras no pavimentadas vienen siendo un constante problema en el Perú, y más aún en sitios que tienen climas fríos con variaciones de temperaturas extremas (durante el día – sol intenso, durante la noche – heladas), así como en la zona de estudio del proyecto de investigación, cabe mencionar que en épocas de lluvia (diciembre – marzo) la transitabilidad de las vías se convierten en defectuosas por carecer d una adecuada superficie de rodadura.

Los aportes que se presentaran en esta investigación nos darán a conocer las relaciones implícitas en cuanto a lo económico, viable, social y los resultados; por lo que se tiene en cuenta la importancia que justifica los siguientes puntos:

**En cuanto a lo práctico;** Se espera obtener resultados satisfactorios que ayuden a consolidar la aplicación del polímero SBS sobre la mezcla asfáltica, como una alternativa de diseño del pavimento con las mejoras de sus propiedades, una mejor trabajabilidad, mayor resistencia, menor susceptibilidad a la humedad por lo tanto otorgando al pavimento una vida útil mayor.

**En cuanto a lo técnico;** Existen ya bases teóricas sobre carpetas asfálticas modificadas con resultados favorables en cuanto a su durabilidad, resistencia y fluidez. Por lo cual este proyecto pretende llevar una propuesta en cuanto al diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS a la Municipalidad Distrital de Yauli.

**En cuanto a lo económico;** La competitividad de la economía es impulsada por el incremento considerable sobre la importancia de las carreteras, por lo tanto este proyecto de investigación permitirá el estudio del beneficio – costo en función de la influencia del clima sobre la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS.

**En cuanto a lo social;** Permitirá la mejora de los servicios de transporte para los pobladores del distrito de Yauli, de la comunidad de Pachachaca así como también a los distritos aledaños, reduciendo el tiempo de viaje que genera el mal estado de la carretera no pavimentada.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Mejora el comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli .2017.

### **1.6.2. Hipótesis específicos**



La resistencia es mayor en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.

La susceptibilidad a la humedad es menor en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.

La trabajabilidad mejora en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín –Yauli. 2017.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

Determinar la resistencia de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.

Identificar la susceptibilidad a la humedad de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.

Evaluar la trabajabilidad de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.

## **II. METODOLOGÍA**

## **2.1. Diseño de investigación**

### **2.1.1. Método**

Según (Avila Baray, 2006 pág. 19), el método científico es uno de las principales herramientas de la ciencia para contrastar las hipótesis contra la evidencia empírica.

La investigación que se presenta toma como método al ***científico***, por lo que este método es considerado como el más confiable para descubrir conocimientos, basándose en fenómenos observables de la realidad.

### **2.1.2. Tipo de estudio**

Con respecto al tipo de estudio (Von Braun, 2004 pág. 2), indica que en la investigación aplicada se trata de buscar temas específicos dentro de un amplio mundo de conocimientos.

La presente investigación es un estudio de ***tipo aplicado***, ya que es un tema primordial para la sociedad, y que no ha sido aplicado en este tipo de clima, por lo cual genera una mejorara en la situación de esta región.

### **2.1.3. Nivel de investigación**

De acuerdo al nivel de investigación (Avila Baray, 2006 pág. 21), indica que los estudios correlacionales son el precedente de las investigaciones experimentales y tienen como objetivo medir el grado de asociación entre dos o más variables, mediante herramientas estadísticas de correlación.

El presente proyecto es de ***nivel correlacional***, debido que se determina el grado de asociación entre las variables.

#### **2.1.4. Diseño de investigación**

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2010), se conoce que los diseños experimentales son utilizados cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.

Por lo mismo la presente investigación tiene un ***diseño experimental***, ya que para analizar posibles resultados se requiere la manipulación intencional de la variable.

### **2.2. Variables, operacionalización**

#### **2.2.1. Variables**

##### **Variable 1:**

La variable dependiente es la “carpeta asfáltica modificada con polímero SBS”

##### **Variable 2:**

La variable independiente es el “clima frígido”

## 2.2.2. Operacionalización de variables

**Tabla 2. 1.** Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>CARPETA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO SBS</b>	Carpeta asfáltica modificada es una combinación de agregados, cemento asfáltico con polímero SBS. son las capas que se encuentran directamente expuestas a los diversos factores contraproducentes que causan su deterioro, tales como las condiciones climatológicas a la que se encuentran expuestas, las altas cargas de tráfico, las fallas geológicas, entre otros, (Higuera Sandoval, 2011 pág. 23)	La variable carpeta asfáltica modificada con polímero SBS presenta tres dimensiones, trabajabilidad, resistencia y susceptibilidad a la humedad, estas serán medidas mediante ensayos a los agregados, ensayos al cemento asfáltico y ensayo a la mezcla asfáltica.	Resistencia	Estabilidad Flujo Relación estabilidad/flujo
			Susceptibilidad a la humedad	Contenido de asfalto Contenido de vacíos Resistencia al daño inducido
			Trabajabilidad	Temperatura de mezcla Temperatura de compactación Compatibilidad de asfalto
<b>CLIMA FRÍGIDO</b>	Es una variación de temperatura, el clima frígido es un actor meteorológico variable, en altitudes mayores de los 3000 msnm, con precipitaciones intensas y cambios de temperaturas bruscas. Montejo (2006, pág. 15)	La variable clima frígido está descompuesta por dos dimensiones que son temperatura y precipitaciones donde se analizara la incidencia del clima frígido en la carpeta asfáltica modificada.	Temperatura	Comportamiento Selección del tipo de cemento
			Precipitaciones	Precipitaciones media anual Efecto del agua

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

Para (Hernández Sampieri, y otros, 2010 pág. 174), “las poblaciones deben situarse de acuerdo a las características del contenido, lugar y tiempo”

Por lo tanto la población correspondiente de esta investigación son todas las carreteras no pavimentadas (de afirmado) que se encuentran en la región de Junín a más de 3000 msnm.

### **2.3.2. Muestra**

En cuanto a la muestra (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 175), indican que es un “subconjunto de la población (conjunto definido con ciertas características), y que se tiene que delimitar con exactitud”.

Por lo tanto en esta investigación se toma como muestra la **carretera JU – 1029 Cut Off – Yauli** abarcando una distancia total de **13 km** (1km de pavimento y 12 km de carretera no pavimentada o de afirmado), a 32 km de la Oroya.

El estudio de la presente investigación abarca el análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS, cuya zona en estudio se encuentra en el distrito de Yauli, provincia de Yauli, departamento de Junín a una altitud aproximada entre 3970 – 4300 m.s.n.m.

### **2.3.3. Muestreo**

El tipo de muestreo será No Probabilístico siendo por conveniencia ya que la elección de la muestra la carretera JU-1029 Cut Off – Yauli, con selección de manera intencional.

## **2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Con respecto a las técnicas de recolección (Rojas Soriano, 1991 pág. 178), indica que es una ayuda para el investigador “ya que lo guían en la construcción y el manejo de recolección y al análisis de datos” obtenidos, dado que son un conjunto de reglas y operaciones específicas.

Por lo cual para la técnica empleada como recolección en esta investigación es la **observación**.

#### **2.4.1.1. Observación directa**

Según (Palella Stracuzzi, y otros, 2012 pág. 118), la “observación es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar”.

#### **2.4.1.2. Observación de laboratorio**

Indica también (Palella Stracuzzi, y otros, 2012 pág. 119), que “la observación de laboratorio se realiza en lugares pre-establecidos como bibliotecas, museos y el mismo laboratorio en sí.

Por lo tanto en esta investigación se realizó visitas a la zona de estudio con la finalidad de identificar el estado en que se encontraba, y a si mismo se realizaron ensayos

#### **2.4.2. Instrumentos de investigación**

Para (Arias G., 2006 pág. 70) los instrumentos de investigación son dispositivos, formatos en digital o papel o cualquier otro dispositivo que sirve como recolección de datos, para registrar o almacenar cualquier información obtenida.

Los instrumentos que se han utilizado en la recopilación de información para esta investigación serán fichas de recolección de datos de los ensayos de laboratorio, y cada ensayo cuenta con un instrumentos de medición normadas.

### 2.4.3. Validez

De acuerdo a (Palella Stracuzzi, y otros, 2012 pág. 160), “la validez se define como la ausencia de sesgos, donde existe el criterio de relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir en este caso la variable.

La presente investigación es validado por lo que fue sometido a la revisión y a la evaluación minuciosa por jurados (ingenieros civiles) expertos en la especialidad del tema de estudio, cuyo detalle de evaluación se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 2. 2.** Coeficiente de validez por juicios de expertos

Validez	Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N°3	Promedio
<b>Variable 1:</b> Carpeta asfáltica modificada con polímero SBS	0.90	0.85	0.85	0.87
<b>Variable 2:</b> Clima frígido	0.85	0.80	0.85	0.83
<b>Índice de validez</b>				0.85

A continuación se muestra el cuadro de rangos y magnitudes que se tomó como referencia verificar la validez de la ficha técnica.

**Tabla 2. 3.** Rangos y magnitudes de validez

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Fuente: Reproducido de (Ruiz Bolivar, 2002 pág. 12)



#### **2.4.4. Confiabilidad**

Con respecto a la confiabilidad (Palella Stracuzzi, y otros, 2012 pág. 164), indican que es “la ausencia de error aleatorio en un instrumento de recolección de datos”, por lo que es el grado en el que las mediciones están libres de la desviación producida por los errores causales.

En la investigación en presentación, no se realizó confiabilidad ya que se utilizara ficha de recolección de datos en un laboratorio, mas no es un cuestionario.

#### **2.5. Métodos de análisis de datos**

Se realizaran pruebas de laboratorio a la mezcla asfáltica a fin de determinar la calidad de la mezcla (densidad, viscosidad, compatibilidad, penetración, y otros); mediante los resultados obtenidos de los ensayos realizadas, se pasara al análisis y evaluaciones para obtener conclusiones sobre la factibilidad de la aplicación del polímero SBS en la mezcla mediante gráficos de barras, curvas y tablas.

#### **2.6. Aspectos éticos**

En cuanto a las consideraciones éticas que serán tomadas en el presente proyecto de investigación son:

- \* Referencia del sistema ISO 690 en las fuentes mencionadas, por ser una investigación de ingeniería.
- \* Serán citados toda información recolectada sobre el tema de investigación según el tipo de fuente bibliográfica.
- \* La recopilación de datos a obtener en campo serán realizados con responsabilidad y honestidad.

### **III. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### 3.1. Descripción de la zona de estudio

#### 3.1.1. Ubicación

El tramo de estudio, se encuentra ubicado el distrito de Yauli, provincia de Yauli, departamento de Junín, por el centro del Perú, a 154 km por la carretera central al este de Lima.

- \* **Inicio zona de estudio:** Paraje Cut Off (a 32km antes de llegar a La Oroya)
- \* **Fin zona de estudio:** Entrada al distrito de Yauli (a 700 metros antes de llegar al distrito de Yauli).

##### 3.1.1.1. Limites

Limitado con los distritos de:

- \* Morococha por el norte
- \* SuitucanCHA por el sur
- \* La Oroya por el este
- \* Huarochirí – Lima por el oeste

##### 3.1.1.2. Coordenadas

Localizado geográficamente en las siguientes coordenadas (Sistema WGS84-Zona 18S):

- \* **Latitud:** 11°37'6.33
- \* **Longitud:** 76°1'8.64
- \* **Altitud:** variable entre 3970 y 4300 m.s.n.m.

## 3.2. Recopilación de información

### 3.2.1. Trabajos de campo

Este proceso comprendió la recolección y análisis de documentos existentes del tema de investigación: tesis, normas técnicas y libros.

El tramo en estudio se desarrolla sobre terrenos de configuración topográfica llana a ondulada, con pequeños tramos media ladera, donde se han identificado algunas quebradas sobre todo sectores con taludes inestables



**Figura 3. 1.** Vista panorámica de inicio de la carretera JU-1029

#### 3.2.1.1. Caracterización de los materiales de la mezcla

**Agregados:** Los agregados utilizados provinieron de la cantera de la comunidad de Pachachaca, estos agregados fueron arena natural, arena chancada, piedra

chancada  $\frac{3}{4}$ " procesado en la planta chancadora del KM. 00+100 lado derecho, provincia de Yauli.

**Asfalto:** el asfalto a considerar es de tipo solido PEN 120/150

**Cemento asfáltico:** Se consideró el cemento asfáltico modificado con polímero SBS (PG BETUTEC 70-28E), obtenido del TDM Asfaltos SAC.,

**Filler:** La cal hidrata fue obtenida de la Industria Minera Calcárea, considerada para mejorar la adherencia de los agregados con el cemento asfáltico.

### 3.2.1.2. Características climatológicas

Para saber sobre las condiciones climatológicas en la zona de estudio, se recopiló información de investigaciones anteriores y meteorológicas.

La altitud juega un papel importante respecto al clima de un determinado lugar, en tanto la zona de estudio presenta condiciones climáticas variadas (con altitud que varía entre los 3970 y 4300 msnm).

Presenta variaciones considerables de temperatura entre el día y la noche, las variaciones son moderadas durante el transcurso del medio día, las variaciones de temperaturas medias se encuentran entre 6°C y 16°C. Además el agua es uno de los agentes más perjudiciales para el pavimento durante los meses de mayor afluencia de precipitaciones (meses de diciembre a marzo).

### 3.2.2. Ensayos

Para el desarrollo de los objetivos de la presente investigación se utilizó el diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall de acuerdo a la norma MTC E 504 compuesta por agregados y cemento asfáltico, evaluando dichos

componentes con ensayos previos a los cada uno por separado, y posteriormente la evaluación de la temperatura sobre la mezcla asfáltica mediante el ensayo de Lottman bajo la norma MTC E 522, todos estos ensayos trabajaron en el laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### 3.2.2.1. Ensayos de los agregados

Los ensayos realizados a los agregados (finos y gruesos) son realizados para verificar la calidad de ellos.

Según Castro (2010) “los agregados minerales son caracterizados respecto al origen de procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento”. (pág. 23)

#### 3.2.2.1.1. Agregados gruesos

Análisis Granulométrico (Norma: MTC E 204 / ASTM 422)



**Figura 3. 2.** Cuarteo del agregado grueso



**Figura 3. 3.** Toma de muestras opuestas



**Figura 3. 4.** Tamizado del agregado grueso

Otros ensayos:

**Tabla 3. 1.** Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		$\leq 3.000$	$> 3.000$
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% min.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% min.	35% min.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

### 3.2.2.1.2. Agregados finos



**Figura 3. 5.** Muestra del agregado fino para el análisis granulométrico





**Figura 3. 6.** Tamizado del agregado fino

También son considerados los siguientes ensayos:

**Tabla 3. 2.** Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40.
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 min.	35 min.
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción	MTC E 205	0,5% máx.	0,5 máx.

**Fuente:** Manual de carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Se le adicione relleno mineral (cal hidratada) para el diseño de la mezcla asfáltica.

### **Relleno mineral**

Según (Castro Nova, 2010), la principal característica que tiene la llenante mineral o filler es que al ser tamizado pasa por la malla N° 200 (0,074 mm). La llenante mineral se considera como el polvo más utilizable en las mezclas asfálticas; su origen es a través de la trituración de material granular de mayor tamaño.

Los beneficios que aporta este material es el incremento de la resistencia a la deformación o ahuellamiento, también ayuda en la durabilidad de la capa de rodadura ya que reduce los poros superficiales dando como resultado la impermeabilidad hacia el interior de la estructura.

El Polvo Mineral o Filler forma parte del esqueleto mineral y por lo tanto soporta las tensiones por rozamiento interno o por contacto entre las partículas, además cumple con las siguientes funciones:

- Rellena los vacíos del esqueleto de agregados gruesos y finos, por lo tanto impermeabiliza y densifica el esqueleto. Sustituye parte del asfalto o betún que de otra manera sería necesario para conseguir unos huecos en mezcla suficientemente bajos.
- Proporciona puntos de contacto entre agregados de mayor tamaño y los encaja limitando sus movimientos, aumentando así la estabilidad del conjunto.
- Facilita la compactación, actuando a modo de rodamiento entre los áridos más gruesos.
- Hace la mezcla más trabajable al envolver los áridos gruesos y evitar su segregación.



*Figura 3. 7. Muestra de la cal hidratada utilizada para el diseño de este proyecto*

### **3.2.2.2. Ensayos del cemento asfáltico**

Los ensayos que se realizan en esta parte son al cemento asfáltico, los cuales fueron realizados en el laboratorio del TDM de asfaltos, a continuación su descripción:

**Penetración (Norma: ASTM D-5)**, es un ensayo donde es medida la consistencia del asfalto.

**Punto de inflamación (Norma: ASTM D 92)**, a través de este ensayo se determina la temperatura máxima al ser almacenado de una forma segura, previniendo alguna inflamación.

**Ductilidad (Norma: ASTM D113)**, mide el hilo estirado en cuanto ya no soporta el estiramiento al que se encuentra sometido una probeta, justo en el segundos antes de romperse.

Se muestran a detalle el resultado de los ensayos del cemento asfáltico PG BETUTEC 70-28 E en el anexo 3.1.

### 3.2.2.3. Ensayos de la mezcla asfáltica

**Tabla 3. 3.** Gradación para la 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	
12,0 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 µm (N° 40)	14 - 25	17 - 28	16 - 29
180 µm (N° 80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
75 µm (N° 200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

**Fuente:** Manual de carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Una vez que se realizó los ensayos respectivos para verificar la calidad de los agregados, se pasó a definir la gradación a utilizar para la mezcla asfáltica de acuerdo a las condiciones de obtenidas se utilizó la gradación de la MAC – 2.

Para mejorar la adherencia de la mezcla asfáltica se ha utilizado el aditivo Morlife 2200. Donde Macedo Vilca define:

**Morlife 2200:** Es un aditivo líquido que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto, evitando la formación de bolsas de agua que impiden la adhesión del cemento asfáltico con el agregado. (2016 pág. 22).

#### **a. Método de Diseño Marshall (Norma: MTC E 504 / ASTM D-6927)**

Según (Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad de materiales de un pavimento asfáltico, 2011 pág. 43), “la mezcla asfáltica es la composición del asfalto con los agregados (gruesos y finos), estos componentes deben ser evaluados cada uno por separado y después a la mezcla de ellos, de acuerdo al diseño seleccionado.

Al respecto (Maila Paucar , 2013 pág. 18), indica que Bruce Marshall fue quien desarrollo el concepto de este método de diseño, el cual solo puede ser aplicados para las mezclas asfálticas en caliente, y utilizando el cemento asfáltico cuya clasificación sea por penetración o viscosidad.

El diseño Marshall es usado en in situ y en laboratorio, cuyo principal propósito es determinar el óptimo contenido de asfalto para la combinación requerida de agregados.

#### **b. Método de Diseño Lottman (Norma: MTC E 522 / AASHTOTS283)**

De acuerdo a las normas mencionadas, se utiliza el método de tensión diametral que es causada por los efectos de la saturación del agua y acondicionamiento en agua acelerado con un ciclo de congelamiento – deshielo de mezclas asfálticas compactadas, se realiza utilizando la prueba de tracción directa, se tomara en cuenta el deterioro inducida por la humedad.



**Figura 3. 8.** Briquetas expuestas a condiciones normales por 24 H



**Figura 3. 9.** Briquetas expuestas a saturación



**Figura 3. 10.** Prueba de Tracción directa



**Figura 3. 11.** Vista de briquetas después de la rotura

### 3.3. Aplicación de métodos de análisis

En esta etapa se desarrolló y se evaluó la información recolectada en campo con la finalidad de analizar los objetivos de esta investigación, también se ejecutó los respectivos cálculos de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

#### 3.3.1. Determinación de la resistencia de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido.

Para realizar esta variable, se ha procedido a realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall. A continuación se muestran los materiales utilizados y las dosificaciones correspondientes para el ensayo.

**Tabla 3. 4.** Dosificación para el Diseño Marshall

PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS	
INSUMOS	PORCENTAJES
(1) Cantera km. 0+100 (Piedra Chancada)	35%
(2) Cantera km. 0+100 (Arena Natural)	29%
(3) Cantera km. 0+100 (Arena Chancada)	34%
(4) Cal Hidratada	2%
(5) Aditivo mejorador de adherencia	0.5%

Para evaluar este parámetro, se procedió a realizar el ensayo Marshall. En el siguiente cuadro se muestra un resumen del diseño de la mezcla experimental con respecto a los puntos de contenido de cemento asfáltico (4.0 % C.A, 4.5 % C.A, 5.0 % C.A, 4.5 % C.A, 6.0 % C.A), y los resultados completos se muestran en el anexo 3.3.

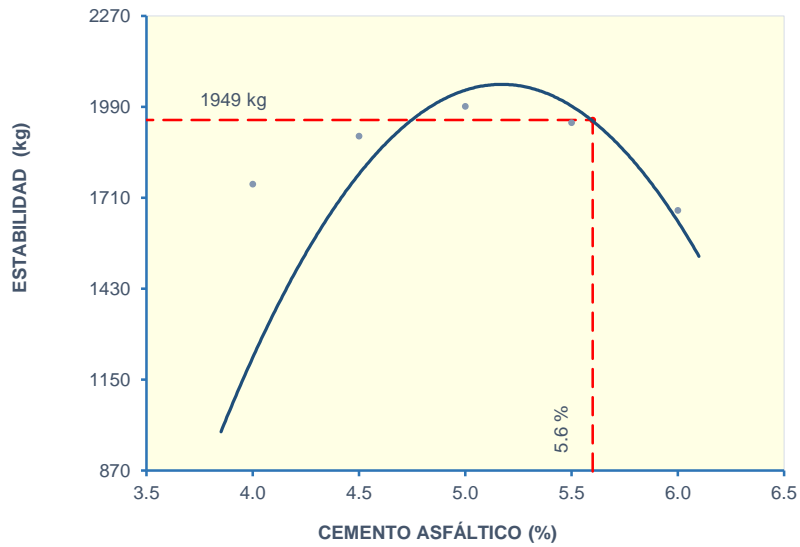


**Tabla 3. 5.** Cuadro resumen del Diseño de mezcla asfáltica modificada con polímero SBS (BETUTEC 70-28 E)

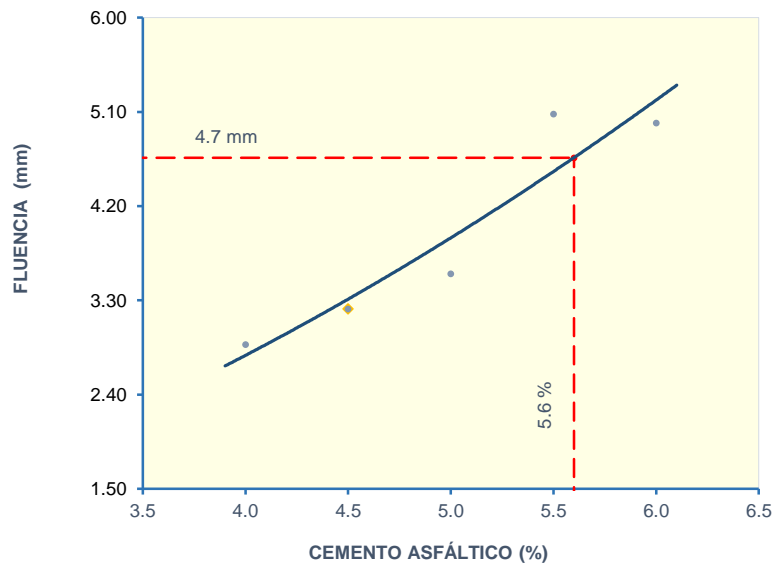
N°	N° DE BRIQUETAS	I	IA	IB	II	IIA	IIB	III	IIIA	IIIB	IV	IVA	IVB	V	VA	VB
1	CEMENTO ASFALTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)	<b>4.0%</b>			<b>4.5%</b>			<b>5.0%</b>			<b>5.5%</b>			<b>6.0%</b>		
2	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1199.6	1199.6	1199.6	1205.8	1205.8	1210.7	1212.5	1213.8	1210.6	1219.6	1218.4	1218.3	1222.4	1218.8	1225.2
3	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1201.7	1201.7	1201.7	1208.1	1210.5	1211.7	1213.6	1214.9	1211.7	1220.5	1219.2	1219.3	1223.3	1219.3	1225.7
4	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	695.1	695.1	695.1	705.1	697.5	715.8	714.6	714.4	710.7	720.5	719.8	721.1	719.9	716.6	719.9
5	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm3)	506.6	506.6	506.6	503	513	495.9	499	500.5	501	500	499.4	498.2	503.4	502.7	505.8
6	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm3)	2.368	2.368	2.368	2.397	2.350	2.441	2.347	2.359	2.358	2.364	2.372	2.366	2.357	2.355	2.350
7	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ASTM D-2041) (RICE) (gr/cm3)	2.497			2.497			2.497			2.497			2.497		
8	VACIOS (%)	5.17	5.17	5.17	4	5.87	2.23	2.7	2.88	3.23	2.31	2.29	2.07	2.75	2.9	2.99
9	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr/cm3)	2.769			2.77			2.77			2.77			2.77		
10	VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (V.M.A.) (%)	17.8	17.8	17.8	17.4	19	15.8	16.7	16.8	17.1	16.8	16.8	16.6	17.6	17.7	17.8
11	VACIOS LLENADOS CON CEMENTO ASFALTICO (%)	71	71	71	77	69.1	85.9	83.9	82.9	81.1	86.3	86.4	87.5	84.4	83.6	83.2
12	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (gr/cm3)	2.660			2.681			2.704			2.728			2.752		
13	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	5.5			5.73			5.9			6.07			6.24		
14	FLUJO (mm)	14	13	13	3.048	3.302	3.302	3.556	3.556	3.556	5.08	5.08		5.588	3.81	5.588
15	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1684.8916	1684.8916	1684.8916	1820.8786	1820.8786	1820.8786	1897.6183	1933.6511	1915.6411	1866.0476	1866.0476		1630.2952	1593.8336	1593.8336
16	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1	1.09	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04		1.04	1.04	1.04
17	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1752	1752	1752	1894	1821	1985	1974	2011	1992	1941	1941		1696	1658	1658
18	RELACION ESTABILIDAD/FLUJO (kg/cm)	5748.0315	6270.57981	6270.57981	6213.91076	5514.83949	6011.50818	5551.1811	5655.2306	5601.79978	3820.86614	3820.86614		3035.07516	4351.70604	2967.0723

Luego de obtener los datos de los puntos, se procedió a realizar las respectivas gráficas para determinar el óptimo contenido de cemento asfáltico y por consiguiente su respectivo resistencia.

### Porcentaje de Cemento asfáltico vs Estabilidad



### Porcentaje de Cemento asfáltico vs Fluencia



## **Determinación del Contenido Óptimo de asfalto.**

Se determina el contenido óptimo de asfalto de la mezcla considerando la densidad, estabilidad y huecos en la mezcla, de dichos cálculos se determinan los porcentajes de asfalto (Pb) que entregan:

- Máxima estabilidad (Pb1).
- Máxima densidad (Pb2).

Contenido de asfalto para un 5% de huecos (Pb3).

El contenido óptimo de asfalto se calcula como la medida aritmética de los tres valores obtenidos, es decir:

$$Pb \text{ optimo} = Pb1 + Pb2 + Pb3$$

Finalmente se debe verificar que el contenido óptimo de asfalto obtenido, con una tolerancia de  $\pm 0,3$  puntos porcentuales, cumpla con todos los requisitos de calidad exigidos a la mezcla.

Procedencia: Bitumix

Temperatura de mezclado probetas:  $150^{\circ} \text{ C} \pm 3^{\circ} \text{ C}$

Temperatura de compactación probetas:  $141^{\circ} \text{ C} \pm 3^{\circ} \text{ C}$

Según L.N.V.46 : Optimo por estabilidad : 5.5 (%)

Optimo por densidad: 5.6 (%)

Óptimo para 5 % huecos: 5.4 (%)

Optimo a usar:  $5.6 \pm 0.3$  (%)

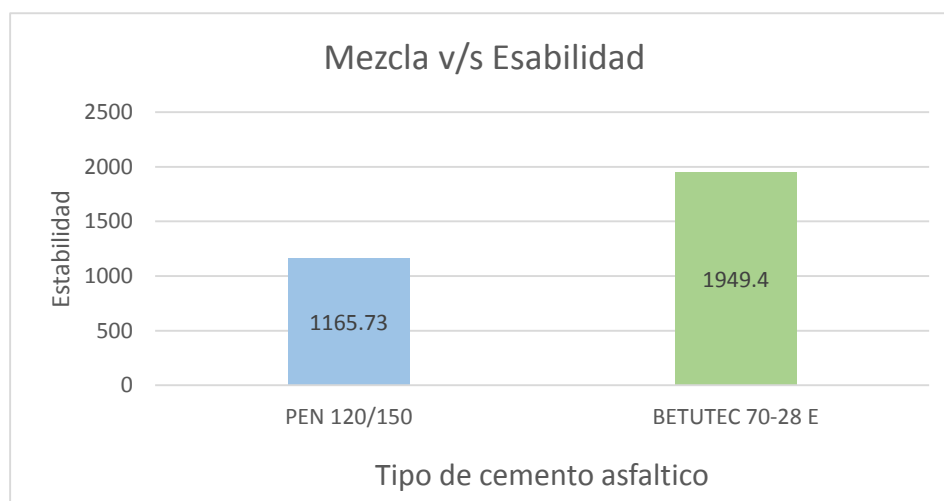
A continuación, se detalla tanto los parámetros volumétricos de diseño de mezcla convencional (PEN 120/150) como el modificado (BETUTEC 70-28 E).

**Tabla 3. 6.** Características de diseño

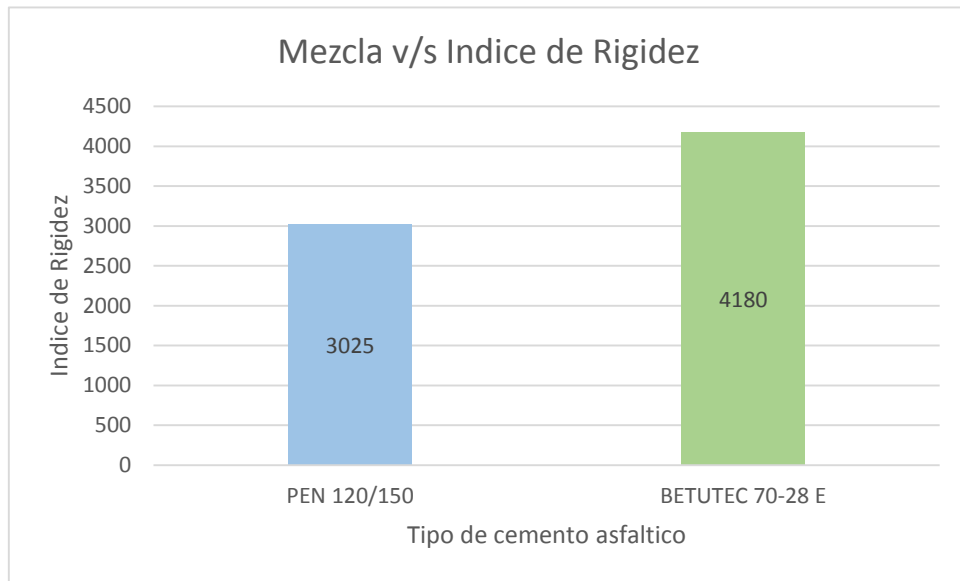
PARÁMETROS DE DISEÑO	Mezcla asfáltica convencional (PEN 120/150)	Mezcla asfáltica modificada con polímero SBS (BETUTEC 70-28 E)
% Cemento Asfáltico en peso	5.80 %	5.60 %
Flujo (mm)	3.90	4.70
Estabilidad (kg)	1165.73	1949.4
Factor de rigidez (kg/cm)	3025	4180

En la tabla mostrada, se pueden apreciar diferencias en las características de los dos diseños, en cuanto a la estabilidad, flujo y el factor de rigidez.

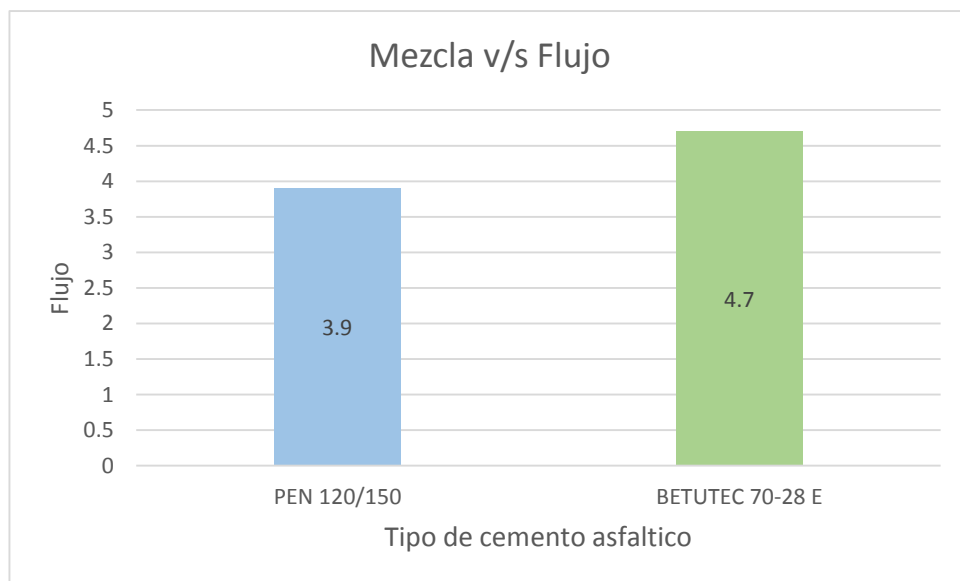
Previo a determinar la resistencia en un clima frígido, se debe evaluar las diferencias entre los dos tipos de mezclas estudiadas a fin de estimar una posible respuesta ante este tipo de deterioro. Cabe resaltar que, el índice de rigidez es la relación entre la estabilidad (rigidez) entre el flujo (deformación). Por ello, en los siguientes gráficos se evalúan dichos parámetros.



**Figura 3. 12.** Mezcla V/S Estabilidad



**Figura 3. 13.** Tipo de mezcla v/s Índice de Rigidez



**Figura 3. 14.** Tipo de mezcla v/s Flujo

Se puede apreciar que en este parámetro, existe una gran diferencia entre ambas mezclas. Por un lado, la mezcla de control presentó un factor de rigidez de 3025 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mezcla experimental presentó un valor de 4180 Kg/cm<sup>2</sup>, representando un incremento de 34.23 %. Por lo tanto, se puede confirmar que el polímero SBS en la mezcla aporta una mayor rigidez a la mezcla, lo cual evidencia un mejor comportamiento de la resistencia en un clima frígido.

### 3.3.2. Identificación de la susceptibilidad a la humedad en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido.

Para identificar la susceptibilidad a la humedad, se pasó a analizar los resultados del ensayo Lottman, el cual para un mayor análisis se realizaron a dos tipos de mezclas, uno convencional (PEN 120/150) y el otro experimental es decir con polímero SBS (BETUTEC 70-28E).

A continuación se muestra cuadros de resultados de ambas mezclas.

**Tabla 3. 7.** Asfalto PEN 120/150, contenido de cemento asfáltico 5.8% a 21 golpes

Muestra	Dato Ensayos	2	3	5	1	4	6
Diámetro, m m	D	102.5	103.0	102.5	103.0	103.0	102.5
Espesor (altura),m m	t	67.5	67.5	68.0	67.0	67.5	68.0
Masa Seca en Aire,g	A	1227.5	1226.4	1228.2	1227.5	1221.7	1227.0
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1228.3	1228.1	1228.8	1228.6	1224.3	1227.5
Masa en Agua,g	C	695.8	695.2	694.2	694.6	694.4	692.8
Volumen,cc,(B-C)	E	532.5	532.9	534.6	534.0	529.9	534.7
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.305	2.301	2.297	2.299	2.306	2.295
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462
% Vacío (100(G-F)/G)	H	6.4	6.5	6.7	6.6	6.4	6.8
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	33.9	34.8	35.7	35.4	33.7	36.3
Lectura del dial de carga	p	<b>82.0</b>	<b>91.0</b>	<b>85.0</b>			
Carga (lbf)	P	1,021.4	1,114.4	1,052.4			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1252.5	1245.2	1254.2
Masa en Agua,g	C'				717.1	709.6	718.6
Volumen (B'-C')	E'				535.4	535.6	535.6
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				25.0	23.5	27.2
% Saturación (100J'/I)					70.6	69.8	74.9
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.26	1.08	0.17
<b>Condicionado 24 h a 60°C agua</b>							
Espesor m m (pulg)	T''				67.0	67.0	67.5
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1259.8	1246.2	1259.9
Masa en Agua	C''				724.6	713.6	724.4
Volumen (B''-C''),cc	E''				535.2	532.6	535.5
Vol.de Agua Abs. (B''-A),cc	J''				32.3	24.5	32.9
% Saturación (100J''/I)					91.2	72.7	90.6
Hinchamiento (100(E''- E)/E)					0.22	0.51	0.15

Lectura del dial de carga	Carga				64.0	66.0	60.0
Carga (lbf)	P''				835.3	856.0	793.9
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	60.6	65.8	62.0			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				49.7	50.9	47.1

**Tabla 3. 8.** Asfalto BETUTEC 70-28E, contenido de cemento asfáltico 5.6% a 21 golpes

Muestra	Dato Ensayos	III	IV	V	I	II	VI
Diámetro, m m	D	103.0	102.5	102.5	102.0	103.0	103.0
Espesor (altura),m m	t	68.0	67.5	67.0	67.5	68.0	68.0
Masa Seca en Aire,g	A	1220.5	1233.3	1217.0	1221.2	1221.7	1218.3
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1223.2	1225.9	1221.5	1229.5	1223.5	1221.6
Masa en Agua,g	C	702.2	699.6	701.5	708.5	705.0	700.1
Volumen,cc,(B-C)	E	521.0	526.3	520.0	521.0	518.5	521.5
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.343	2.343	2.340	2.344	2.356	2.336
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.533	2.533	2.533	2.533	2.533	2.533
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.5	7.5	7.6	7.5	7.0	7.8
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	39.2	39.4	39.5	38.9	36.2	40.5
Lectura del dial de carga	p	140.0	138.0	142.0			
Carga (lbf)	P	1,620.5	1,599.9	1,641.2			

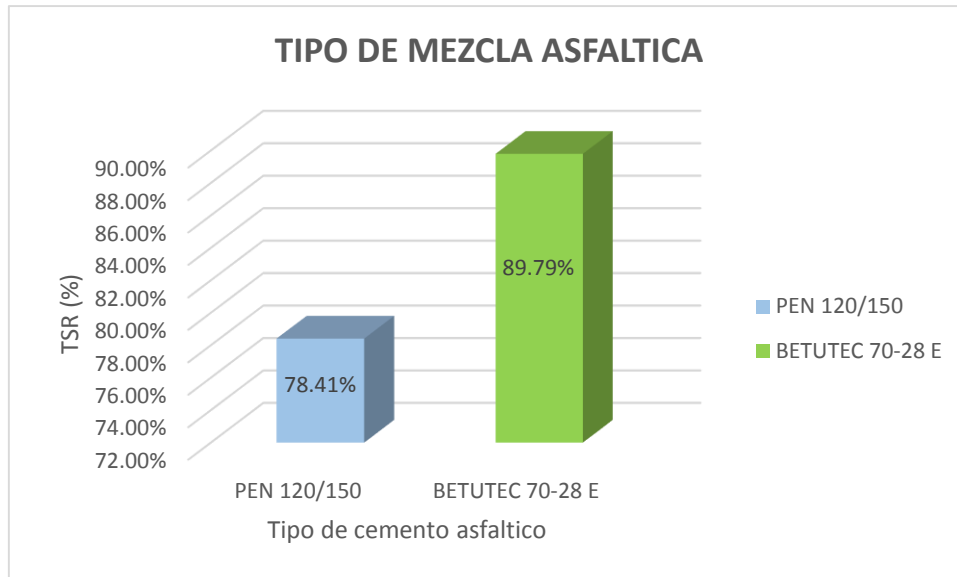
Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1247.1	1248.3	1243.2
Masa en Agua,g	C'				715.2	718.6	714.5
Volumen (B'-C')	E'				531.9	529.7	528.7
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				25.9	26.6	24.9
% Saturación (100J'/I)					66.6	73.5	61.4
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					2.09	2.16	1.38

**Condicionado 24 h a 60°C agua**

Espesor m m (pulg)	T''				67.0	67.0	68.0
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1248.4	1249.6	1243.2
Masa en Agua	C''				718.3	719.5	716.6
Volumen (B''-C''),cc	E''				530.1	530.1	526.6
Vol.de Agua Abs. (B''-A),cc	J''				27.2	27.9	24.9
% Saturación (100J''/I)					70.0	77.1	61.4
Hinchamiento (100(E''- E)/E)					1.75	2.24	0.98
Lectura del dial de carga	Carga				119.0	125.0	127.0
Carga (lbf)	P''				1,403.7	1,465.7	1,486.3
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	95.0	95.0	98.2			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				84.4	87.2	87.2

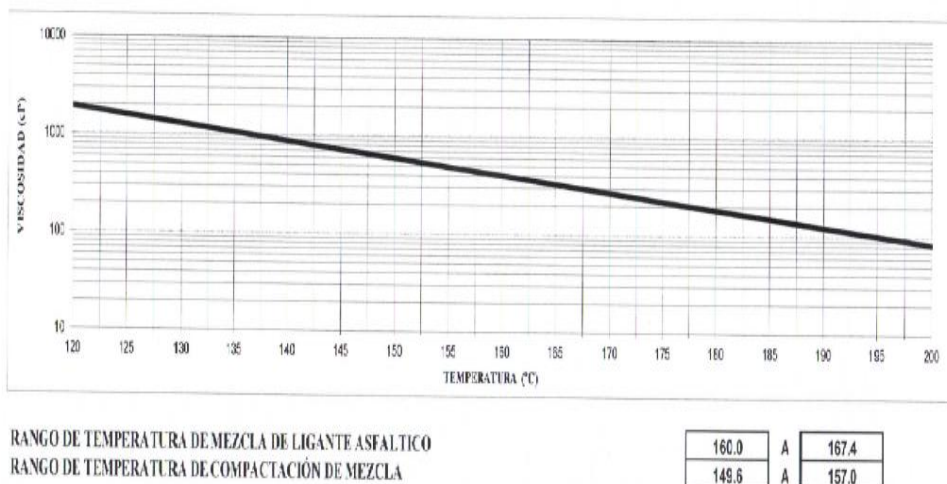
Obtenido dichos datos, en la siguiente figura, se muestran los valores de TSR de la mezcla de control como de la mezcla experimental.



**Figura 3. 15.** Porcentaje de TSR

### 3.3.3. Evaluación de la trabajabilidad de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido.

Previo a la evaluación de la trabajabilidad del asfalto el cual se fabricara y compactara en una zona determinada, en este caso para un clima variable (heladas por las noches, sol por las mañanas y con precipitaciones constantes), se analizara los datos de una estación





Respecto a la carta de viscosidad cinemática entre la temperatura optima, desarrolla en base a la norma ASTM D 341, el polímero SBS en conjunto con el cemento asfáltico se encuentran dentro de los límites de la temperatura, el aditivo y el cemento asfáltico están en el rango óptimo para mezcla que es en un inicio de 160 °C – 180 °C de temperatura.

### 3.3.4. Análisis del comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en un clima frígido

Se debe tomar en cuenta que existen requisitos de calidad para la mezcla asfáltica de acuerdo al MAC seleccionado y determinado previamente, que a continuación se describe.

**Tabla 3. 9.** Parámetros de Diseño

Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
MARSHALL MTC E 504			
Compactación, numero de golpes por lado	75	50	35
Estabilidad (mínimo)	8,15 KN		4,53 KN
Flujo 0,01" (0.25mm)	8 - 14	8 - 16	8 – 20
Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Vacíos del agregado mineral			
Relación estabilidad /flujo (kg/cm)	1.700 – 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T283	80 min.		

Los ensayos realizados en el Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, permitieron definir ensayos que permiten caracterizar adecuadamente el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas modificada con polímero SBS, demostrando que la carpeta asfáltica resultante será de mejor calidad y en consecuencia incrementar la resistencia y la disminución de la susceptibilidad a la humedad tal como se podido observar en los resultados.

**Tabla 3. 10.** Resultados de ensayos

	<b>PEN 120/150</b>	<b>BETUTEC 70-28 E</b>
<b>Resistencia</b>	11.43 KN	19.12 KN
<b>Susceptibilidad a la humedad</b>	78.41%	89.79%
<b>Trabajabilidad</b>	140 °C	145 °C

Por las propiedades físico mecánicas de los polímeros, se decidió utilizar polímeros elastómeros. El diseño de mezcla asfáltica fue realizado utilizando polímeros de tipo elastómeros debido a que son deformables plásticamente lo cual evita la formación de roderas en el pavimento en servicio, esta propiedad se debe a que son polímeros de tipo SBS

Debido a que es necesario mejorar el comportamiento estructural de los pavimentos para tratar de adecuarse a las demandas actuales de tráfico mediante una mejor selección de los materiales y diseños, para garantizar mayor durabilidad, resistencia a las cargas, temperatura y envejecimiento, se evaluaron las condiciones climáticas a las que se ve sometido el pavimento el cual por encontrarse en una zona frígida (temperatura máxima 28.78°C y mínima 0 °C)

La utilización de los polímeros SBS se utilizó para aprovechar el efecto que tiene los asfaltos en la carpeta asfáltica de la carretera JU -1029 Cut Off – Yauli, quien soporta tráfico pesado y está expuesto a un clima frío.

Para determinar las limitaciones climáticas para la aplicación de la mezcla asfáltica se analizaron los efectos de las precipitaciones sobre la carretera (de afirmado) antes de colocar la carpeta asfáltica.

En temporada de lluvia (diciembre, enero, febrero y marzo) no se puede colocar la mezcla asfáltica sobre la base puesto que este se encontraba húmeda o semi seca, por lo que la base debe encontrarse en condiciones satisfactorias pero en estos meses el ascenso de la temperatura atmosférica es imposible por lo que la temperatura mínima para la aplicación de la mezcla asfáltica es de 10° C.

Otro factor que se analizó es la compatibilidad del cemento asfáltico con los agregados de la cantera de la zona, dado que este debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C.

De acuerdo a la Tabla 1. 2 se ha visto utilizar el asfalto modificado en este caso con polímero SBS por las condiciones climáticas expuestas.

Para obtener resultados sobre a que se expone la carpeta asfáltica y en si todo el pavimento se realizó el ensayo Lottman, en donde (03) testigos de la mezcla modificada se colocan a temperatura de ambiente por 48 horas, otros (03) testigos se colocan en una refrigeradora a una temperatura de -18° C por 24 horas y al término de esto se coloca en el horno a una temperatura de 60 ° C por otras 24 ° C, al término de este tiempo se analizó todos los testigos, donde los resultados fueron satisfactorios para le mezcla modificada, dado que su resistencia, rigidez fue mayor y su deformación menor a la de una mezcla convencional.

## **IV. DISCUSIONES**

### **Primera discusión:**

Según los requisitos de la norma la estabilidad mínima que es requerida para una mezcla bituminosa de calidad es de 8,15 KN. Según los resultados de esta investigación la utilización del BETUTEC 70 28 E los resultados fueron favorables presentando una estabilidad de 19.12 KN asegurando así la resistencia de la mezcla y superando a un 100 % de lo requerido por norma.

### **Segunda discusión:**

De acuerdo con la investigación, la modificación de asfalto utilizando el polímero SBS mostró resultados favorables en cuanto a los requisitos solicitados por norma, existe una reducción en la susceptibilidad. Se observa que la mezcla de cemento asfáltico PEN 120/150 presenta una razón de 78.41%, mientras que la mezcla experimental (BETUTEC 70 -28 E) un 89.79%, concluyéndose en una menor susceptibilidad a la humedad inducida, y por ende, evidenciando una mayor resistencia ante cambios de temperatura. Cabe resaltar que la mezcla de control no solamente es más susceptible que la experimental, además, esta no cumple con la especificación correspondiente que establece un mínimo de 80%. También se puede observar que en la mezcla modificada no presenta daños por humedad ni fractura de agregados a diferencia del convencional que se visualizó agregados fracturados (agregado grueso).

### **Tercera discusión:**

La temperatura de mezcla y compactación se determinó teniendo en cuenta la viscosidad del ligante asfáltico y fueron 160°C y 167°C respectivamente. La compactación se realizó con 75 golpes por cada cara de la briqueta. Tuvimos muy en cuenta el factor temperatura para no generar errores o desviaciones en la

obtención de resultados en la densidad y estabilidad, en cuanto a su trabajabilidad fue manejable y no presento inconvenientes en cuanto a su utilización.

#### **Cuarta discusión:**

Se ha comprobado que los elastómeros son los polímeros que presentan mayor compatibilidad con el asfalto debido a sus propiedades elásticas, siendo el SBS el polímero que proporciona mejores propiedades a la mezcla asfáltica. Por otro lado, Palma (2015) en su proyecto de tesis, resalta la importancia de la compatibilidad del ligante asfáltico con el polímero usado para obtener buenos resultados en la mezcla asfáltica, esta afirmación se puede verificar con el presente estudio, según los resultados obtenidos de cada variable, los cuales evidencian en todos los casos mejoras notorias con respecto a la mezcla del grupo de control gracias a la buena compatibilidad entre el ligante como el polímero SBS.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

**Primera Conclusión:** Se concluyó que la resistencia a esfuerzos de carga es mayor en la carpeta asfáltica modificada con polímeros SBS, contribuyendo a soportar mayores cargas de diseño (repeticiones de tránsito vehicular) en el clima frígido de la región Junín.

**Segunda Conclusión:** El cemento con polímeros SBS crea una superficie poco susceptible a la humedad, generando una capa impermeable a agentes deterioradores que afectan a los pavimentos, Sobre todo en climas fríos como la región Junín.

**Tercera Conclusión:** La trabajabilidad del cemento asfáltico se incrementa considerablemente al incorporar los polímeros SBS, lo cual aporta a la mezcla a obtenga una mejor maniobrabilidad y adherencia durante la formación de la carpeta asfáltica.

**Cuarta Conclusión:** Se llegó a la conclusión que al utilizar cemento con polímeros SBS en la mezcla asfáltica se incrementa significativamente las propiedades de la carpeta asfáltica, lo cual mejorando el comportamiento de la carpeta asfáltica, obteniendo una mezcla ideal para ser utilizado en los climas fríos de la región Junín.

**Conclusión General:** Como una conclusión personal es evidente que la vida útil de la carretera se prolonga con el uso de la mezcla asfáltica con polímero SBS, pero cabe mencionar también que es necesario tener en cuenta una buena calidad en el proceso constructivo con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.



## 5.2. Recomendaciones

**Primera recomendación:** A la municipalidad distrital de Yauli, tomar en cuenta en el diseño de pavimento flexible, la implementación de cemento con polímeros SBS en su construcción de la carpeta asfáltica, ya que permite dar una mejor trabajabilidad durante la ejecución de la obra.

**Segunda recomendación:** A la entidad privada tener en cuenta cada una de las propiedades del cemento con polímeros SBS, para buscar implementar como sistema de diseño en climas fríos.

**Tercera recomendación:** Al ministerio de transporte y Comunicaciones (MTC), realizar un control más minucioso y ordenado, previo a los ensayos de laboratorios, con la finalidad de obtener resultados veraces y óptimos.

**Cuarta recomendación:** A las futuras investigaciones se debe tener presente que esta mezcla asfáltica solo es factible para esta obra vial, puesto que para otras obras se tendría que evaluar las condiciones de clima, cantera y diseño, las cuales no cumplirían con las especificaciones técnicas y normas empleadas en este diseño de mezcla asfáltica, pero si puede ser empleada como un modelo de estudio para el desarrollo de futuras investigaciones.

## **VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**Aguirre Rendero, Roberto Alexander, Calderón Chávez, Iris María Esther y Salazar Gil, Ingrid Irene. 2009.** *Evaluación de la incidencia de la temperatura en el desempeño de las carpetas asfálticas en caliente en el Salvador.* San Salvador : s.n., 2009.

**Arias G., Fidias. 2006.** *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica.* Caracas : Episteme, 2006. ISBN: 980-07-8529-9.

**Avila Baray, Hector Luis. 2006.** *Introducción a la metodología de la investigación.* Chihuahua : Electronica, 2006.

**González Cáceres, Victor Hugo. 2007.** *Estudio de los asfaltos modificados con polímeros y los convencionales para climas fríos.* Lima : s.n., 2007.

*Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad de materiales de un pavimento asfáltico.* **Ulloa Calderón, Andrea. 2011.** 12, 2011, Vol. I.

**Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014.** *Metodología de la investigación.* Mexico : The McGraw-Hill , 2014.

—. **2010.** *Metodología de la investigación.* s.l. : Mexicana, 2010.

**Higuera Sandoval, Carlos Hernando. 2011.** *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras.* Boyaca : UPTC, 2011.

**2014.** Instituto del asfalto de Guatemala. [En línea] Desarrollado por Mización Producciones y Ranura Studios, 2014. [Citado el: 05 de abril de 2017.] <http://iag.org.gt/publicaciones/glosario-tecnico#mezcla>.

**2014.** Instituto del asfalto de Guatemala. [En línea] Desarrollado por Mización Producciones y Ranura Studios, 2014. [Citado el: 05 de abril de 2017.] <http://iag.org.gt/publicaciones/glosario-tecnico#agregado>.

**Macedo Vilca, Alexsandra Grimanesa. 2016.** *Evaluación de compatibilidad entre el cemento asfáltico pen 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (c. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca – .* Trujillo : s.n., 2016.

**Maila Paucar , M. 2013.** *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero estileno venil acetato (EVA).* Quito : Universidad Central de Ecuador, 2013.

**Minaya, S y Ordoñez, Alex. 2005.** *Diseño moderno de pavimentos, materiales asfálticos.* Lima : s.n., 2005.

**Ministerio, de transportes y comunicaciones. 2013.** *Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos.* Lima : Macro, 2013.

**Modarres, Amir. 2013.** *Investigation of resistance and fatigue behavior of conventional modified asphalt mixtures and SBS.* 2013.

**Montejo Fonseca, Alfonso. 2006.** *Ingeniería de pavimentos fundamentos, estudios básicos y diseño.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2006. ISBN: 958-97617-9-8.

**Morea, Francisco. 2011.** *Deformaciones permanentes en mezclas asfálticas, efecto de la reología de los asfaltos, la temperatura y las condiciones de carga.* La Plata : s.n., 2011.

**Parella Stracuzzi, Santa y Martins Pestana, Feliberto. 2012.** *Metodología de la investigación cuantitativa.* Caracas : FEDUPEL, 2012. pág. 285. ISBN: 980-273-445-4.

**2017.** *Referencias estilo ISO 690 y 690-2 adaptación de la norma de la international organization for standardization (ISO).* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2017. pág. 34.

**Reyes Lizcano, Fredy Alberto. 2003.** *Diseño racional de pavimentos.* Bogotá : CEJA, 2003. pág. 586.

**Rodriguez Valdivia, Fernando Andres Wulf. 2008.** *Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero.* Chile : s.n., 2008.

**Rojas Soriano, Raúl. 1991.** *Guía para realizar investigaciones sociales.* s.l. : Plaza y valdez, 1991. ISBN: 968-856-262-5.

**Ruiz Bolivar, Cesar . 2002.** *Instrumentos de investigación educativa.* s.l. : Fedupel, 2002.

**Salcedo de la Vega, Carlos. 2008.** *Experiencia de modificación de cemento asfáltico con polímeros SBS en obra.* Lima : s.n., 2008.

**Victoria Palma, Carolina, y otros. 2015.** *Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos.* México : s.n., 2015.

**Von Braun, Wernher. 2004.** *Investigacion pura, investigacion aplicada, ivestigacion profesional.* s.l. : S.I. universidad abierta a distanncia, 2004.

**Botasso, Gerardo, y otros. 2010.** *Incidencia de la temperatura de compactación en el ahuellamiento de mezclas asfálticas densas.* Centro de Investigaciones Viales, Universidad Tecnológica Nacional. La Plata : 2010. pág. 2, Investigación .

**Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2006.** *Metodología de la investigació.* Iztapalapa : McGraw-Hill Interamericana, 2006. 970-10-5753-8.

**Morea, Francisco. 2011.** *Deformaciones permanentes en mezclas asfálticas, efecto de la reología de los asfaltos, la temperatura y las condiciones de carga.* Departamento de construcciones, Universidad Nacional de la Plata. La Plata : 2011. pág. 271, Tesis doctoral.

**Múnera Ossa, Juan Camilo. 2012.** *Modificación polimérica de asfaltos.* Escuela de ingeniería , Universidad EAFIT. Medellín : 2012. pág. 120, Tesis de Maestría.

**Padilla Rodriguez, Alejandro. 2007.** *Deformaciones plástica en capas de rodadura en pavimentos asfálticos.* Departamento de Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña. Cataluña : 2007. pág. 163, Tesis de Pregrado.

**Salazar, Jorge. 2008.** *Evaluación de factibilidad del uso en Costa Rica de polímeros modificantes de asfalto incorporados en planta.* Unidad de Investigación, Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca : 2008. pág. 12, Investigación.

**Salcedo de la Vega, Carlos. 2008.** *Experiencia de Modificación de Cemento Asfáltico con Polímeros SBS en Obra.* Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Piura : 2008. pág. 64, Tesis de Maestría.

**Thenoux Z., Guillermo y Carrillo O., Hector.** *Análisis de casos de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas Chilenas.* Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile : pág. 16, Investigación.

**Vásquez Ruiz, Idalit. 2010.** *Ventajas y Desventajas del Uso de Polímeros en los Asfaltos.* Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana. Veracruz : 2010. pág. 73, Tesis de Pregrado.


## **VII. ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO: Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín - Yauli. 2017



PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cómo analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímeros SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuál es la resistencia de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017?</p> <p>¿Cómo identificar la susceptibilidad a la humedad en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017?</p> <p>¿De qué manera se puede evaluar la trabajabilidad de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Determinar la resistencia de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p> <p>Identificar la susceptibilidad a la humedad en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p> <p>Evaluar la trabajabilidad de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>Mejora el comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p> <p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p>La resistencia es mayor en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p> <p>La susceptibilidad a la humedad es menor en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p> <p>La trabajabilidad mejora en la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.</p>	<b>Variable 1: Carpeta asfáltica modificada con polímero SBS</b>		<p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de Investigación: Experimental</p> <p>Método de investigación: Científico</p> <p>Nivel de Investigación: Correlacional</p>
			<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	
			Resistencia	Estabilidad	
				Flujo	
				Relación estabilidad/flujo	
			Susceptibilidad a la humedad	Contenido de asfalto	
				Contenido de vacíos	
				Resistencia al daño inducido	
			Trabajabilidad	Temperatura de mezcla	
				Temperatura de compactación	
				Compatibilidad del asfalto	
			<b>Variable 2: Clima frígido</b>		
			<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	
Temperatura	Comportamiento				
	Selección del tipo de cemento				
Precipitaciones	Precipitaciones media anual				
	Efecto del agua				

## Anexo 2. Ficha Técnica

 <b>FICHA TECNICA</b>		FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		V A L I D A C I O  A S P E C T O																																																								
Proyecto:	"Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017"																																																											
Autora:	JANINA JESSICA CHÁVEZ ARMAS																																																											
<b>I.- INFORMACION GENERAL</b>																																																												
Ubicación:	Carretera JU - 1029 Yauli -Cut Off		Region:	Junín																																																								
Distrito:	Yauli	Provincia:	Yauli - La Oroya	Departamento:	Junín																																																							
<b>CARPETA ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO SBS</b>																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">DE LOS AGREGADOS</th> </tr> <tr> <th>Agregado</th> <th>Características</th> <th>Procedencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Agregado fino</td> <td>arena chancada</td> <td rowspan="2">Cantera Km 0+100</td> </tr> <tr> <td>arena natural</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>pedra grande</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Relleno mineral</td> <td>cal hidratada</td> <td>MOLINOS CALCAREOS SAC</td> </tr> </tbody> </table>			DE LOS AGREGADOS			Agregado	Características	Procedencia	Agregado fino	arena chancada	Cantera Km 0+100	arena natural	Agregado grueso	pedra grande		Relleno mineral	cal hidratada	MOLINOS CALCAREOS SAC	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DEL LIGANTE BITUMINOSO</th> </tr> <tr> <th>Tipo de Asfalto</th> <th>Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Solido</td> <td>PEN 120/150</td> </tr> </tbody> </table>		DEL LIGANTE BITUMINOSO		Tipo de Asfalto	Características	Solido	PEN 120/150																																		
DE LOS AGREGADOS																																																												
Agregado	Características	Procedencia																																																										
Agregado fino	arena chancada	Cantera Km 0+100																																																										
	arena natural																																																											
Agregado grueso	pedra grande																																																											
Relleno mineral	cal hidratada	MOLINOS CALCAREOS SAC																																																										
DEL LIGANTE BITUMINOSO																																																												
Tipo de Asfalto	Características																																																											
Solido	PEN 120/150																																																											
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DEL MODIFICADOR</th> </tr> <tr> <th>Tipo de polímero</th> <th>Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>polímero SBS</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		DEL MODIFICADOR		Tipo de polímero	Características	polímero SBS																																																			
DEL MODIFICADOR																																																												
Tipo de polímero	Características																																																											
polímero SBS																																																												
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Aditivo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Morlife 2200</td> </tr> </tbody> </table>		Aditivo			Morlife 2200																																																				
Aditivo																																																												
	Morlife 2200																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCION</th> </tr> <tr> <th>Carretera:</th> <th>JU - 1029 Yauli - Cut Off</th> <th>Tramo:</th> <th>longitud 12 km</th> </tr> </thead> </table>					REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCION				Carretera:	JU - 1029 Yauli - Cut Off	Tramo:	longitud 12 km																																																
REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCION																																																												
Carretera:	JU - 1029 Yauli - Cut Off	Tramo:	longitud 12 km																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ensayos</th> <th>Parámetros De Diseño</th> <th>Normativa</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Agregados</td> <td>Granulometria</td> <td>MTC E 204 / ASTM 422</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Adherencia</td> <td>MTC E 517</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Absorcion</td> <td>MTC E 205 / MTC E 206</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Cemento Asfáltico</td> <td>Penetracion</td> <td>ASTM D-5</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad</td> <td></td> <td>Cp</td> </tr> <tr> <td>Punto de inflamacion</td> <td>ASTM D 92</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Marshall</td> <td>Número de Golpes en cada lado</td> <td></td> <td>Nº</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Flujo</td> <td></td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje Vacios de aire</td> <td>MTC E 504 / ASTMD-6927</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Vacios en el agregado mineral</td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de Rigidez</td> <td></td> <td>kg/cm</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Cemento Asfáltico</td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Lottman</td> <td>Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)</td> <td>MTC E 522 / AASHTOTS283</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua</td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Cemento Asfáltico</td> <td></td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>					Ensayos	Parámetros De Diseño	Normativa	Unidad	Agregados	Granulometria	MTC E 204 / ASTM 422	%	Adherencia	MTC E 517	%	Absorcion	MTC E 205 / MTC E 206	%	Cemento Asfáltico	Penetracion	ASTM D-5	mm	Viscosidad		Cp	Punto de inflamacion	ASTM D 92	°C	Marshall	Número de Golpes en cada lado		Nº	Estabilidad		kg	Flujo		mm	Porcentaje Vacios de aire	MTC E 504 / ASTMD-6927	%	Vacios en el agregado mineral		%	Índice de Rigidez		kg/cm	Contenido de Cemento Asfáltico		%	Lottman	Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)	MTC E 522 / AASHTOTS283	%	Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua		%	Contenido de Cemento Asfáltico		%
Ensayos	Parámetros De Diseño	Normativa	Unidad																																																									
Agregados	Granulometria	MTC E 204 / ASTM 422	%																																																									
	Adherencia	MTC E 517	%																																																									
	Absorcion	MTC E 205 / MTC E 206	%																																																									
Cemento Asfáltico	Penetracion	ASTM D-5	mm																																																									
	Viscosidad		Cp																																																									
	Punto de inflamacion	ASTM D 92	°C																																																									
Marshall	Número de Golpes en cada lado		Nº																																																									
	Estabilidad		kg																																																									
	Flujo		mm																																																									
	Porcentaje Vacios de aire	MTC E 504 / ASTMD-6927	%																																																									
	Vacios en el agregado mineral		%																																																									
	Índice de Rigidez		kg/cm																																																									
	Contenido de Cemento Asfáltico		%																																																									
Lottman	Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)	MTC E 522 / AASHTOTS283	%																																																									
	Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua		%																																																									
	Contenido de Cemento Asfáltico		%																																																									
<b>CLIMA FRIGIDO</b>																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CARACTERISTICAS DE ZONA</th> <th>Latitud:</th> <th>11°37'6.33</th> <th>Longitud:</th> <th>76°1'8.64</th> <th>Altitud:</th> <th>3970 - 4300 m.s.n.m.</th> </tr> </thead> </table>					CARACTERISTICAS DE ZONA	Latitud:	11°37'6.33	Longitud:	76°1'8.64	Altitud:	3970 - 4300 m.s.n.m.																																																	
CARACTERISTICAS DE ZONA	Latitud:	11°37'6.33	Longitud:	76°1'8.64	Altitud:	3970 - 4300 m.s.n.m.																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TEMPERATURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media Anual</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		TEMPERATURA		Media Anual		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PRECIPITACIONES</th> <th colspan="4">TEMPORADAS DE LLUVIA</th> </tr> <tr> <th>Diciembre</th> <th>Enero</th> <th>Febrero</th> <th>Marzo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			PRECIPITACIONES	TEMPORADAS DE LLUVIA				Diciembre	Enero	Febrero	Marzo																																											
TEMPERATURA																																																												
Media Anual																																																												
PRECIPITACIONES	TEMPORADAS DE LLUVIA																																																											
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONDICIONES DE SELECCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Trafico</td> <td>Pesado</td> </tr> <tr> <td>Aplicación</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clima</td> <td>Frigido</td> </tr> <tr> <td>Tipo Mezcla</td> <td>En caliente</td> </tr> </tbody> </table>		CONDICIONES DE SELECCIÓN		Trafico	Pesado	Aplicación		Clima	Frigido	Tipo Mezcla	En caliente																																																	
CONDICIONES DE SELECCIÓN																																																												
Trafico	Pesado																																																											
Aplicación																																																												
Clima	Frigido																																																											
Tipo Mezcla	En caliente																																																											
<b>DATOS DEL EVALUADOR</b>																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DATOS DEL EVALUADOR</th> <th>PROMEDIO DE VALIDACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Apellidos y Nombres:</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Registro CIP:</td> <td>68</td> <td>Teléfono:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Correo:</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					DATOS DEL EVALUADOR				PROMEDIO DE VALIDACION	Apellidos y Nombres:					Registro CIP:	68	Teléfono:			Correo:																																								
DATOS DEL EVALUADOR				PROMEDIO DE VALIDACION																																																								
Apellidos y Nombres:																																																												
Registro CIP:	68	Teléfono:																																																										
Correo:																																																												



# Anexo 2.1. Instrumento de investigación validado

 <b>FICHA TECNICA</b>		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	<b>V A L I D A C I O</b>																																																								
Proyecto: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín - Yauli. 2017" Autora: JANINA JESSICA CHÁVEZ ARMAS																																																											
<b>I.- INFORMACION GENERAL</b>																																																											
Ubicación: Carretera JU - 1029 Yauli - Cut Off Distrito: Yauli    Provincia: Yauli - La Oroya    Departamento: Junín	Región: Junín Departamento: Junín	<b>Nº 1</b>																																																									
<b>CARPETA ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO SBS</b>																																																											
<b>DE LOS AGREGADOS</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Agregado</th> <th>Características</th> <th>Procedencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>arena chancada</td> <td rowspan="2">Cantera Km 0+100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>arena natural</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>piedra grande</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Releno mineral</td> <td>cal hidratada</td> <td>MOLINOS CALCAREOS SAC</td> </tr> </tbody> </table>		Agregado	Características	Procedencia	Agregado fino	arena chancada	Cantera Km 0+100		arena natural	Agregado grueso	piedra grande		Releno mineral	cal hidratada	MOLINOS CALCAREOS SAC	<b>DEL LIGANTE BITUMINOSO</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de Asfalto</th> <th>Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sólido</td> <td>PEN 120/150</td> </tr> </tbody> </table> <b>DEL MODIFICADOR</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de polímero</th> <th>Características</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>polímero SBS</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <b>Aditivo</b> Morlife 2200	Tipo de Asfalto	Características	Sólido	PEN 120/150	Tipo de polímero	Características	polímero SBS		<b>0.90</b>																																		
Agregado	Características	Procedencia																																																									
Agregado fino	arena chancada	Cantera Km 0+100																																																									
	arena natural																																																										
Agregado grueso	piedra grande																																																										
Releno mineral	cal hidratada	MOLINOS CALCAREOS SAC																																																									
Tipo de Asfalto	Características																																																										
Sólido	PEN 120/150																																																										
Tipo de polímero	Características																																																										
polímero SBS																																																											
<b>REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCION</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Carretera:</th> <th>Tramo:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JU - 1029 Yauli - Cut Off</td> <td>longitud 12 km</td> </tr> </tbody> </table>				Carretera:	Tramo:	JU - 1029 Yauli - Cut Off	longitud 12 km																																																				
Carretera:	Tramo:																																																										
JU - 1029 Yauli - Cut Off	longitud 12 km																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ensayos</th> <th>Parámetros De Diseño</th> <th>Normativa</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Agregados</td> <td>Granulometría</td> <td>MTC E 204 / ASTM 422</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Adherencia</td> <td>MTC E 517</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>MTC E 205 / MTC E 206</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Cemento Asfáltico</td> <td>Penetración</td> <td>ASTM D-5</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad</td> <td></td> <td>Cp</td> </tr> <tr> <td>Punto de inflamación</td> <td>ASTM D 52</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Marshall</td> <td>Número de Golpes en cada lado</td> <td></td> <td>Nº</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad</td> <td></td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Flujo</td> <td></td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje Vacíos de aire</td> <td>MTC E 504 / ASTM D-6927</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Vacíos en el agregado mineral</td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice de Rigidez</td> <td></td> <td>kg/cm</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Cemento Asfáltico</td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Lottman</td> <td>Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción Indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)</td> <td>MTC E 522 / AASHTOTS283</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua</td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Cemento Asfáltico</td> <td></td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>				Ensayos	Parámetros De Diseño	Normativa	Unidad	Agregados	Granulometría	MTC E 204 / ASTM 422	%	Adherencia	MTC E 517	%	Absorción	MTC E 205 / MTC E 206	%	Cemento Asfáltico	Penetración	ASTM D-5	mm	Viscosidad		Cp	Punto de inflamación	ASTM D 52	°C	Marshall	Número de Golpes en cada lado		Nº	Estabilidad		kg	Flujo		mm	Porcentaje Vacíos de aire	MTC E 504 / ASTM D-6927	%	Vacíos en el agregado mineral		%	Índice de Rigidez		kg/cm	Contenido de Cemento Asfáltico		%	Lottman	Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción Indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)	MTC E 522 / AASHTOTS283	%	Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua		%	Contenido de Cemento Asfáltico		%
Ensayos	Parámetros De Diseño	Normativa	Unidad																																																								
Agregados	Granulometría	MTC E 204 / ASTM 422	%																																																								
	Adherencia	MTC E 517	%																																																								
	Absorción	MTC E 205 / MTC E 206	%																																																								
Cemento Asfáltico	Penetración	ASTM D-5	mm																																																								
	Viscosidad		Cp																																																								
	Punto de inflamación	ASTM D 52	°C																																																								
Marshall	Número de Golpes en cada lado		Nº																																																								
	Estabilidad		kg																																																								
	Flujo		mm																																																								
	Porcentaje Vacíos de aire	MTC E 504 / ASTM D-6927	%																																																								
	Vacíos en el agregado mineral		%																																																								
	Índice de Rigidez		kg/cm																																																								
	Contenido de Cemento Asfáltico		%																																																								
Lottman	Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción Indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)	MTC E 522 / AASHTOTS283	%																																																								
	Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua		%																																																								
	Contenido de Cemento Asfáltico		%																																																								
<b>CLIMA FRIGIDO</b>																																																											
<b>CARACTERÍSTICAS DE ZONA</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Latitud:</th> <th>Longitud:</th> <th>Altitud:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11°37'6.33</td> <td>76°1'8.64</td> <td>3970 - 4300 m.s.n.m.</td> </tr> </tbody> </table>				Latitud:	Longitud:	Altitud:	11°37'6.33	76°1'8.64	3970 - 4300 m.s.n.m.	<b>0.85</b>																																																	
Latitud:	Longitud:	Altitud:																																																									
11°37'6.33	76°1'8.64	3970 - 4300 m.s.n.m.																																																									
<b>TEMPERATURA</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Media Anual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Media Anual		<b>TEMPORADAS DE LLUVIA</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PRECIPITACIONES</th> <th>Diciembre</th> <th>Enero</th> <th>Febrero</th> <th>Marzo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		PRECIPITACIONES	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo																																																	
Media Anual																																																											
PRECIPITACIONES	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo																																																							
<b>CONDICIONES DE SELECCIÓN</b> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Trafico</td> <td>Pesado</td> </tr> <tr> <td>Aplicación</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clima</td> <td>Frío</td> </tr> <tr> <td>Tipo Mezcla</td> <td>En caliente</td> </tr> </tbody> </table>		Trafico	Pesado	Aplicación		Clima	Frío	Tipo Mezcla	En caliente																																																		
Trafico	Pesado																																																										
Aplicación																																																											
Clima	Frío																																																										
Tipo Mezcla	En caliente																																																										
<b>DATOS DEL EVALUADOR</b> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Apellidos y Nombres:</td> <td colspan="2">Daniel Alejandro Cotos Carhuapoma</td> </tr> <tr> <td>Registro CIP:</td> <td>194708</td> <td>Teléfono:</td> </tr> <tr> <td>Correo:</td> <td colspan="2">pielo_bay@hotmail.com</td> </tr> </tbody> </table>			Apellidos y Nombres:	Daniel Alejandro Cotos Carhuapoma		Registro CIP:	194708	Teléfono:	Correo:	pielo_bay@hotmail.com		<b>0.88</b>																																															
Apellidos y Nombres:	Daniel Alejandro Cotos Carhuapoma																																																										
Registro CIP:	194708	Teléfono:																																																									
Correo:	pielo_bay@hotmail.com																																																										
 <b>EVALUADOR</b> DANIEL ALEJANDRO COTOS CARHUAPOMA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 194708																																																											



# FICHA TECNICA

FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA CIVIL

V  
A  
L  
I  
D  
A  
C  
I  
O  
N

Proyecto: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín – Yauli. 2017"  
Autora: JANINA JESSICA CHÁVEZ ARMAS

### I.- INFORMACION GENERAL

Ubicación: Carretera JU - 1029 Yauli -Cut Off Region: Junín  
Distrito: Yauli Provincia: Yauli - La Oroya Departamento: Junín

Nº 2

### CARPETA ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO SBS

DE LOS AGREGADOS			DEL LIGANTE BITUMINOSO		DEL MODIFICADOR	
Agregado	Características	Procedencia	Tipo de Asfalto	Características	Tipo de polímero	Características
Agregado fino	arena chancada	Cantera Km 0+100	Sólido	PEN 120/150	polímero SBS	
	arena natural					
Agregado grueso	pedra grande		Aditivo	Morlife 2200		
Relleno mineral	cal hidratada	MOLINOS CALCAREOS SAC				

0.85

REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCION  
Carretera: JU - 1029 Yauli - Cut Off Tramo: longitud 12 km

Ensayos	Parámetros De Diseño	Normativa	Unidad
Agregados	Granulometría	MTC E 204 / ASTM 422	%
	Adherencia	MTC E 517	%
	Absorción	MTC E 205 / MTC E 206	%
Cemento Asfáltico	Penetración	ASTM D-5	mm
	Viscosidad		Cp
	Punto de inflamación	ASTM D 92	°C
Marshall	Número de Golpes en cada lado		Nº
	Estabilidad		kg
	Flujo		mm
	Porcentaje Vacíos de aire	MTC E 504 / ASTM D-9927	%
	Vacíos en el agregado mineral		%
	Índice de Rigidez		kg/cm
	Contenido de Cemento Asfáltico		%
Lottman	Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)	MTC E 522 / AASHTOTS283	%
	Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua		%
	Contenido de Cemento Asfáltico		%

### CLIMA FRIGIDO

CARACTERÍSTICAS DE ZONA Latitud: 11°37'6.33 Longitud: 76°18'6.64 Altitud: 3970 - 4300 m.s.n.m.

TEMPERATURA		TEMPORADAS DE LLUVIA			
Media Anual		Diciembre	Enero	Febrero	Marzo

CONDICIONES DE SELECCIÓN

Traffic	Pesado
Aplicación	
Clima	Frío
Tipo Mezcla	En caliente

0.80

### DATOS DEL EVALUADOR

Apellidos y Nombres: Saavedra Castro Alonso Jonathan  
Registro CIP: 189170 Teléfono: 998651178  
Correo: alonso.jsd@gmail.com

PROMEDIO DE VALIDACION

0.83

ALONSO JONATHAN SAAVEDRA CASTRO  
Ingeniero Civil  
Reg. C. I. 189170



# FICHA TECNICA

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

V  
A  
L  
I  
D  
A  
C  
I  
O  
N  
A  
S  
P  
E  
C  
T  
O

Proyecto: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín – Yauli. 2017"  
Autora: JANINA JESSICA CHÁVEZ ARMAS

### I.- INFORMACION GENERAL

Ubicación: Carretera JU - 1029 Yauli - Cut Off      Región: Junín  
Distrito: Yauli      Provincia: Yauli - La Oroya      Departamento: Junín

Nº 3

### CARPETA ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO SBS

DE LOS AGREGADOS			DEL LIGANTE BITUMINOSO		DEL MODIFICADOR	
Agregado	Características	Procedencia	Tipo de Asfalto	Características	Tipo de polímero	Características
Agregado fino	arena chancada	Cantera Km 0+100	Solido	PEN 120/150	polímero SBS	
	arena natural					
Agregado grueso	pedra grande					
Relleno mineral	cal hidratada	MOLINOS CALCAREOS SAC	Aditivo	Morlife 2200		

0.85

REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCION			
Carretera:	JU - 1029 Yauli - Cut Off	Tramo:	longitud 12 km

Ensayos	Parámetros De Diseño	Normativa	Unidad
Agregados	Granulometría	MTC E 204 / ASTM 422	%
	Adherencia	MTC E 517	%
	Absorción	MTC E 205 / MTC E 206	%
Cemento Asfáltico	Penetración	ASTM D-5	mm
	Viscosidad		Cp
	Punto de inflamación	ASTM D 92	°C
Marshall	Número de Golpes en cada lado		Nº
	Estabilidad		kg
	Flujo		mm
	Porcentaje Vacíos de aire	MTC E 504 / ASTM D-6927	%
	Vacíos en el agregado mineral		%
	Índice de Rigidez		kg/cm
	Contenido de Cemento Asfáltico		%
Lottman	Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción indirecta (ASTM 4867/AASHTO T283)		%
	Estabilidad retenida, 24 horas a 60° C en agua	MTC E 522 / AASHTOTS283	%
	Contenido de Cemento Asfáltico		%

### CLIMA FRIGIDO

CARACTERÍSTICAS DE ZONA      Latitud: 11°37'0.33      Longitud: 76°18'04      Altitud: 3970 - 4300 m.s.n.m.

TEMPERATURA		TEMPORADAS DE LLUVIA				
Media Anual		PRECIPITACIONES	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
CONDICIONES DE SELECCIÓN						
Tráfico	Pesado					
Aplicación						
Clima	Frío					
Tipo Mezcla	En caliente					

0.85

### DATOS DEL EVALUADOR

Apellidos y Nombres: Zavaleta Lozano Cinthya Vanessa  
Registro CIP: 130923      Teléfono: 943899082  
Correo: cinthya.vz127@gmail.com

PROMEDIO DE VALIDACION

0.85

EVALUADOR

Cinthya V. Zavaleta Lozano  
ING. CIVIL  
R. CIP:130923

# Anexo 3. Ensayos de Laboratorio

## Anexo 3.1. Certificado de ensayo del cemento asfáltico con polímero SBS



TDM ASFALTOS

### CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO SBS INFORME DE ENSAYO N° 048-2017 PG 70 -28 E

GUIA TDM ASFALTOS  
 CLIENTE: JANINA JESSICA CHAVEZ ARMAR  
 REFERENCIAS: 8  
 TANQUE: MOD2017 06 110 CINTILLO DE SEGURIDAD N°:  
 LOTE DE PRODUCCIÓN: 2 GALONES  
 FECHA DE PRODUCCIÓN: 25.05.2017

ENSAYOS	METODO AASTHO ASTM	UNIDAD	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MINIMO	MAXIMO	
<b>ENSAYOS MUESTRA ORIGINAL</b>					
<b>PENETRACION MUESTRA DEL ORIGINAL</b> (25 °C, 100 g, 5 s, (1/10 mm))	T 49 D-5	0.1 mm	60	75	71
<b>PENETRACION MUESTRA DEL ORIGINAL</b> (4 °C, 200 g, 60 s, (1/10 mm))	T 40 D-5	0.1 mm	25	--	35
<b>PUNTO DE REBLANDECIMIENTO A&amp;B</b> Anillo - Bols, Min. °C	T 53 D-36	°C	55	75	74.5
<b>FIERZA DUCTILIDAD</b> 5 °C, 5 cm/min	(*) UNL-13569	J/cm <sup>2</sup>	2	--	3
<b>DUCTILIDAD</b> 5 °C, 5 centímetros, Mínimo	T 51 D-113	cm	15	--	26.4
<b>VISCOSIDAD ROTACIONAL (BROOKFIELD THERMOSEL)</b> 135 °C, 20 rpm, cP % (0) torque, máximo	TF 48 D-4402	cP	--	2000	1385
<b>VISCOSIDAD ROTACIONAL (BROOKFIELD THERMOSEL)</b> 155 °C, 50 rpm, cP % (0) torque, máximo	TF 48 D-4402	cP	--	1600	616
<b>VISCOSIDAD ROTACIONAL (BROOKFIELD THERMOSEL)</b> 177 °C, 60 rpm, cP % (0) torque, máximo	TF 48 D-4402	cP	--	1000	242
<b>RECUPERACION ELASTICA</b> 25 °C, 20 cm, min	T 301 D 8084	%	70	--	81
<b>PUNTO DE INFLAMACION</b> Copa abierta de Cleveland (°C)	T 40 D-92	°C	285	--	304
<b>ESTABILIDAD A ALMACENAMIENTO</b> Dif. A & B Dif. Min. A 25 °C	D 5978 (*) NLT 329	°C	--	5	1.8
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA g/cc</b> 25 °C	T 220 D 70	g/cm <sup>3</sup>	1.000	--	1.018
<b>PUNTO DE ROTURA FRAAS</b>	(*) IF 80.63	°C	--	-20	-23
<b>ENSAYO DEL RESIDUO DESPUES DEL PUNTO DE ROTURA ASTM D 2872</b>					
<b>ENSAYO DE PELICULA DEL GATA ROTATORIA (VARIACION DE MASA)</b> 102 °C, 95 min, Pendi/Cal, (% masa)	T 240 D 2872	%	--	0.8	-0.448
<b>DUCTILIDAD</b> 5 °C, 5 centímetros, Mínimo	T 51 D-113	cm	10	--	10.7
<b>PORCENTAJE DE PENETRACION ORIGINAL</b> (25 °C, 100 g, 5 s, (% Rel. Del Original))	T 301 D 5	%	80	--	87
<b>PORCENTAJE DE RECUPERACION ELASTICA</b> 25 °C, 20 cm, min	T 301 D 8084	%	80	--	88.5
<b>REDUCCION DEL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO</b> Anillo - Bols (°C)	T 53 D-36	°C	--	6	2.6
<b>AUMENTO DEL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO</b> Anillo - Bols (°C)	T 53 D-36	°C	--	7	0
<b>PENETRACION DEL RESIDUO</b> (4 °C, 200 g, 60 s, (1/10 mm))	T 40 D 5	0.1 mm	13	--	27

Observaciones: La muestra de asfalto cumple especificaciones de calidad  
 No presenta espuma a 102 °C  
 (\*) METODO DE ENSAYO EUROPEO, IP 66/99 INSTITUTO DEL PETROLEO, UNE-13509 NACIONES EUROPEAS, NLT 328 NORMA ESPAÑOLA

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: -----

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

TDM ASFALTOS S.A.C.

Fecha de Emisión: Lima, 26 de mayo del 2017

*Guillermo Vera*  
 TEC. GUILLERMO VERA  
 L.M.A.

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 ocasionados 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-133.V01



# Anexo 3.1. Certificado de Curva Granulométrica



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

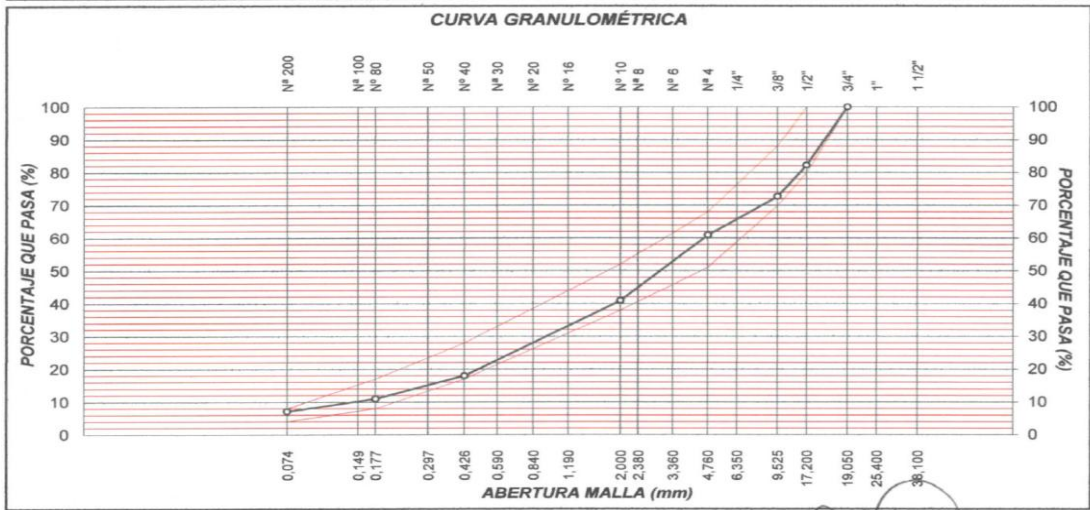
## LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach. Janina Jessica Chávez Armas **MUESTRA** : Agregados y Asf. Modificado.  
**DOMICILIO LEGAL** : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica  
**PROYECTO** : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017" **CANTIDAD** : 150 kg y 02 gl.  
**REFERENCIA** : Oficio N° 345993-2016 **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : Mayo - 2017 **FECHA DE ENSAYO** : Mayo - 2017

### MEZCLA DE AGREGADOS

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	
1/2"	12 700	17.8	82.2	80 - 100
3/8"	9 525	9.5	72.7	70 - 88
1/4"	6 350	6.3	66.4	
N° 4	4 750	5.5	60.9	51 - 68
N° 6	3 360	6.3	52.6	
N° 8	2 380	8.2	44.4	
N° 10	2 000	3.5	40.9	38 - 52
N° 16	1 190	9.6	31.3	
N° 20	0 840	4.8	26.5	
N° 30	0 590	4.6	21.9	
N° 40	0 426	3.9	18.0	17 - 28
N° 50	0 297	3.4	14.6	
N° 60	0 177	3.6	11.0	8 - 17
N° 100	0 149	1.0	10.0	
N° 200	0 074	2.8	7.2	4 - 8
- N° 200		7.2	-	

RESUMEN DE ENSAYO	
<b>PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS</b>	
(1) km 00+100 Piedra Ch.	= 35%
(2) km 00+100 Arena Nat.	= 29%
(3) Cant. Leticia Arena Chanc.	= 34%
(4) Ind. Minera Calcarea Cal Hidratada	= 02%
<b>PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE</b>	
- AGREGADO GRUESO	= 39%
- AGREGADO FINO	= 61%
<b>OBSERVACIONES :</b>	
- Especificaciones del MTC EG-2000	
<b>Nota:</b>	
- Eliminar Piedra > 3/4" .	



*[Signature]*  
**Ing. Responsable**  
 Lima, Junio - 2017



**LABORATORIO**



**DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel. : 481-3707

Fax : 481-0677

### Anexo 3.3. Certificado de Análisis Granulométrico

#### ANALISIS GRANULOMETRICO

MALLAS SERIE AMERICANA	DESCRIPCIÓN	km 00+100 Piedra Ch.		km 00+100 Arena Nat.		Cant. Leticia Arena Chanc.		Ind. Minera Calcareo Hidratada			
		ABERTURA (mm)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)
3"	76.200										
2 1/2"	63.500										
2"	50.800										
1 1/2"	38.100										
1"	25.400										
3/4"	19.050		100.0								
1/2"	12.700	51.0	49.0								
3/8"	9.525	27.0	22.0								
1/4"	6.350	18.0	4.0				100.0				
N° 4	4.760	4.0	-		100.0	12.0	88.0				
N° 6	3.360	-	-	11.0	89.0	15.0	73.0				
N° 8	2.380	-	-	12.0	77.0	14.0	59.0				
N° 10	2.000	-	-	5.0	72.0	6.0	53.0				
N°16	1.190	-	-	17.0	55.0	14.0	39.0				
N° 20	0.840	-	-	9.0	46.0	6.0	33.0				
N° 30	0.590	-	-	10.0	36.0	5.0	28.0				
N° 40	0.426	-	-	9.0	27.0	4.0	24.0				
N° 50	0.297	-	-	8.0	19.0	3.0	21.0				
N° 80	0.177	-	-	8.0	11.0	4.0	17.0				
N° 100	0.149	-	-	2.0	9.0	1.0	16.0		100.0		
N° 200	0.074	-	-	3.0	6.0	5.0	11.0	9.9	90.1		
-200	-	-	-	6.0	-	11.0	-	90.1	-		

OBSERVACIONES :



## Anexo 3.4. Certificado de ensayo Diseño Marshall



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

SOLICITANTE : Bach. Janina Jessica Chávez Armas MUESTRA : Agregados y Asf. Modificado.  
 DOMICILIO LEGAL : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte IDENTIFICACIÓN : La que se indica  
 PROYECTO : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín - Yauli. 2017" CANTIDAD : 150 kg y 02 gl.  
 REFERENCIA : Oficio N° 345993-2016 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Mayo - 2017 FECHA DE ENSAYO : Junio - 2017

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

#### Características de la Mezcla :

- N° de golpes por cara	:		75			
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.4	5.6		5.8	
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.433	2.433		2.432	
- Vacíos, %	:	4.2	3.9		3.7	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	75.0	77.1		78.8	
- V.M.A., %	:	16.9	17.1		17.3	
- Estabilidad, kg (kN)	:	2026.7	(19.875) 1949.4	(19.117)	1816.0	(17.809)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	4.4	(17.3) 4.7	(18.4)	4.9	(19.4)
- Absorción de Asfalto, %	:		0.10			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	4606.0	(11.0) 4180.0	(10.0)	3680.0	(9.0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		160 - 167,4			

#### Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	35.0
(2) Agregado fino, % **	:	65.0
(3) Filler mineral, % **	:	2.0
(4) Aditivo, % ***	:	0.5

#### Materiales :

Tipo de Asfalto	:	Asfalto Modificado con polímero SBS - PG 70-28-E.
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "km 00+100"
Agregado fino	:	Arena natural - Cantera "km 00+100"
Filler	:	Arena chancada - Cantera "Leticia Cerro Blanco"
Aditivo	:	Cal hidratada - Ind. Minera Calcarea
	:	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. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001

**Ing. Responsable**  
 Lima, Junio - 2017



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf. : 481-3707

Fax : 481-0677



## Anexo 3.4.1. Resultados contenido de asfalto 4%



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

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

SOLICITANTE : Bach. Janina Jessica Chávez Armas MUESTRA : Agregados y Asf. Modificado.  
DOMICILIO LEGAL : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte IDENTIFICACIÓN : La que se indica  
PROYECTO : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín – Yauli. 2017" CANTIDAD : 150 kg y 02 gl.  
REFERENCIA : Oficio N° 345993-2016 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
FECHA DE RECEPCIÓN : Mayo - 2017 FECHA DE ENSAYO : Junio - 2017

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

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	60.5			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	2.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.018			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1°)	2.856			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.737			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	2.405			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.25	6.25	6.25	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1199.6	1199.6	1199.6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1201.7	1201.7	1201.7	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	695.1	695.1	695.1	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2.1	2.1	2.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	506.6	506.6	506.6	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.41	0.41	0.41	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.368	2.368	2.368	2.368
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.497			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	5.2	5.2	5.2	5.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.769			
20	V.M.A. (%)	17.8	17.8	17.8	17.8
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	71.0	71.0	71.0	71.0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.660			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-1.50			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.50			
25	FLUJO (mm)	3.0	2.8	2.8	2.9
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1684.9	1684.9	1684.9	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1752.0	1752.0	1752.0	1752.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	5748.0	6270.6	6270.6	6096.0

  
  
**Ing. Responsable**  
 Lima, Junio - 2017



LABORATORIO



DEE

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

## Anexo 3.4.2. Resultados contenido de asfalto 4.5%



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

SOLICITANTE : Bach. Janina Jessica Chávez Armas MUESTRA : Agregados y Asf. Modificado.  
DOMICILIO LEGAL : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte IDENTIFICACIÓN : La que se indica  
PROYECTO : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín – Yauli. 2017" CANTIDAD : 150 kg y 02 gl.  
REFERENCIA : Oficio N° 345993-2016 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
FECHA DE RECEPCIÓN : Mayo - 2017 FECHA DE ENSAYO : Junio - 2017

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

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	60.2			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.018			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.856			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.737			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	2.405			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.20	6.33	6.12	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1205.8	1205.8	1210.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1208.1	1210.5	1211.7	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	705.1	697.5	715.8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2.3	4.7	1.0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	503.0	513.0	495.9	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.46	0.92	0.20	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.397	2.350	2.441	2.396
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.497			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.0	5.9	2.2	4.0
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.770			
20	V.M.A. (%)	17.4	19.0	15.8	17.4
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	77.0	69.1	85.9	77.3
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.681			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)				-1.23
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.73			
25	FLUJO (mm)	3.0	3.3	3.3	3.2
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1820.9	1820.9	1820.9	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.00	1.09	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1894.0	1821.0	1985.0	1900.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	6213.9	5514.8	6011.5	5913.0

Ing. Responsable  
Lima, Junio - 2017



LABORATORIO



DEE

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

### Anexo 3.4.3. Resultados contenido de asfalto 5%



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

SOLICITANTE : Bach. Janina Jessica Chávez Armas MUESTRA : Agregados y Asf. Modificado.  
 DOMICILIO LEGAL : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte IDENTIFICACIÓN : La que se indica  
 PROYECTO : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017" CANTIDAD : 150 kg y 02 gl.  
 REFERENCIA : Oficio N° 345993-2016 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Mayo - 2017 FECHA DE ENSAYO : Junio - 2017

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

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	59.90			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1.8			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.018			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.856			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.737			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	2.405			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.15	6.17	6.18	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1212.5	1213.8	1210.6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1213.6	1214.9	1211.7	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	714.6	714.4	710.7	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.1	1.1	1.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	499.0	500.5	501.0	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.22	0.22	0.22	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.430	2.425	2.416	2.424
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.497			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.7	2.9	3.2	2.9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.770			
20	V.M.A. (%)	16.7	16.8	17.1	16.9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	83.9	82.9	81.1	82.6
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.704			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)				-0.90
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.90			
25	FLUJO (mm)	3.6	3.6	3.6	3.6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1897.6	1933.7	1915.6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1974.0	2011.0	1992.0	1992.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	5551.2	5655.2	5601.8	5603.0

**Ing. Responsable**  
 Lima, Junio - 2017

## Anexo 3.4.4. Resultados contenido de asfalto 5.5%



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

SOLICITANTE : Bach. Janina Jessica Chávez Armas MUESTRA : Agregados y Asf. Modificado.  
 DOMICILIO LEGAL : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte IDENTIFICACIÓN : La que se indica  
 PROYECTO : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín – Yauli, 2017" CANTIDAD : 150 kg y 02 gl.  
 REFERENCIA : Oficio N° 345993-2016 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE RECEPCIÓN Mayo - 2017 FECHA DE ENSAYO : Junio - 2017

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

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	59.5			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.018			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.856			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.737			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	2.405			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.17	6.16	6.15	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1219.6	1218.4	1218.3	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1220.5	1219.2	1219.3	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	720.5	719.8	721.1	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.9	0.8	1.0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	500.0	499.4	498.2	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.18	0.16	0.20	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.439	2.440	2.445	2.441
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.497			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.3	2.3	2.1	2.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.770			
20	V.M.A. (%)	16.8	16.8	16.6	16.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	86.3	86.4	87.5	86.7
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.728			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	-0.57			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.07			
25	FLUJO (mm)	5.1	5.1		5.1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1866.0	1866.0		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1941.0	1941.0		1941.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3820.9	3820.9		3821.0

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
 ING. J.C. FLORES C.  
**Ing. Responsable**  
 Lima, Junio - 2017

## Anexo 3.4.5. Resultados contenido de asfalto 6%



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

SOLICITANTE : Bach. Janina Jessica Chávez Armas MUESTRA : Agregados y Asf. Modificado.  
 DOMICILIO LEGAL : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte IDENTIFICACIÓN : La que se indica  
 PROYECTO : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017" CANTIDAD : 150 kg y 02 gl.  
 REFERENCIA : Oficio N° 345993-2016 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Mayo - 2017 FECHA DE ENSAYO : Junio - 2017

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

	N° DE BRIQUETAS			PROMEDIO
	1	2	3	
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			59.2
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			1.9
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.018
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")			2.856
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO			2.737
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER			2.405
9	6.21	6.20	6.24	
10	1222.4	1218.8	1225.2	
11	1223.3	1219.3	1225.7	
12	719.9	716.6	719.9	
13	0.9	0.5	0.5	
14	503.4	502.7	505.8	
15	0.18	0.10	0.10	
16	2.428	2.425	2.422	2.425
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041			2.497
18	2.8	2.9	3.0	2.9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL. (g/cm³)			2.770
20	17.6	17.7	17.8	17.7
21	84.4	83.6	83.2	83.7
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL			2.752
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)			-0.24
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)			6.24
25	5.6	3.8	5.6	5.0
26	1630.3	1593.8	1593.8	
27	1.04	1.04	1.04	
28	1696.0	1658.0	1658.0	1671.0
29	3035.1	4351.7	2967.1	3451.0

Ing. Responsable  
 Lima, Junio - 2017



LABORATORIO



DEE

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

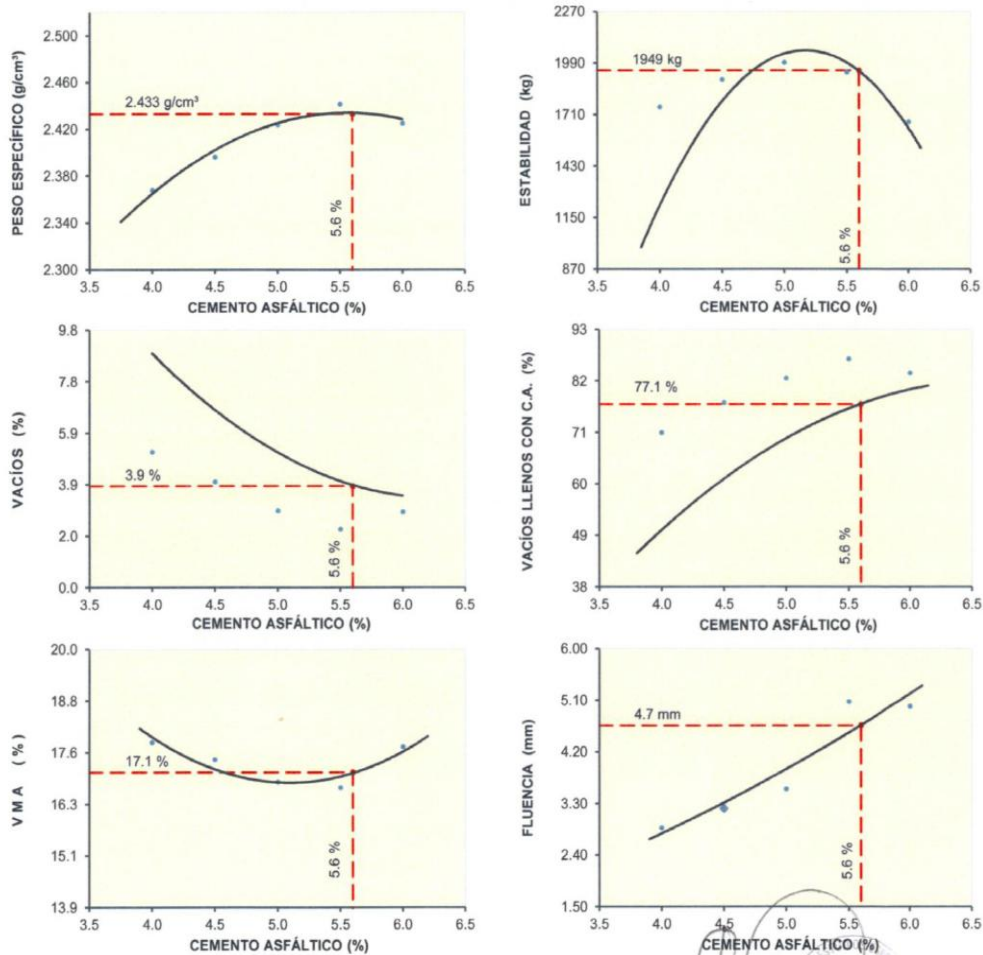
## Anexo 3.4.6. Resultados en gráficos del Diseño Marshall



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

SOLICITANTE	: Bach. Janina Jessica Chávez Armas	MUESTRA	: Agregados y Asf. Modificado.
DOMICILIO LEGAL	: Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín - Yauli. 2017"	CANTIDAD	: 150 kg y 02 gl.
REFERENCIA	: Oficio N° 345993-2016	PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	Mayo - 2017	FECHA DE ENSAYO	: Junio - 2017

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



**Ing. Responsable**  
 Lima, Junio - 2017



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677

## Anexo 3.5. Certificado ensayo Lottman (BETUTEC 70-28 E)



### LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach. Jessica Chavez Armas. **MUESTRA** : Agregados y Asf. Modificado  
**DOMICILIO LEGAL** : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte  
**PROYECTO** : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín - Yauli. 2017"  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica  
**CANTIDAD** : 150 kg y 02 gl.  
**REFERENCIA** : Oficio N° 345983-2016 **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : Mayo - 2017 **FECHA DE ENSAYO** : Junio - 2017

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

**MEZCLA ASFÁLTICA :**  
 Piedra Chancada - km 00 + 100 : 35.00%  
 Arena Natural - km 00 + 100 : 29.00%  
 Arena Chancada - Cantera Leticia Cerro Blanco : 34.00%  
 Cal hidratada : 02.00%  
 Óptimo contenido de cemento asfáltico : 05.60%

**TIPO DE ASFALTO :** Cemento Asfáltico Modificado con polímero SBS + 0.5% aditivo Morfite 2200.

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(a)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	III	IV	V	I	II	VI
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7.5			7.4		
Grado de Saturación promedio - después de saturación parcial (%)	-			67.2		
Grado de Saturación promedio - después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			69.5		
Hinchamiento Promedio después de la saturación parcial (%)	-			1.88		
Hinchamiento Promedio después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			1.65		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	95.03	94.98	98.15	84.36	87.23	87.16
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>s</sub> , St <sub>t</sub> )	96.05			86.25		
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>t</sub>/St<sub>s</sub>) = 89.79%**

Nota:

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

Observaciones:

(\*) Annual Book of ASTM Standard 2008.

**ING. RESPONSABLE.**  
 Lima, 23 de Junio del 2017.



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

**AASTHO ASTM D-4867**

**21 GOLPES**

Muestra	Dato Ensayos	III	IV	V	I	II	VI
Diámetro, m m	D	103.0	102.5	102.5	102.0	103.0	103.0
Espesor (altura), m m	t	68.0	67.5	67.0	67.5	68.0	68.0
Masa Seca en Aire, g	A	1220.5	1233.3	1217.0	1221.2	1221.7	1218.3
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1223.2	1225.9	1221.5	1229.5	1223.5	1221.6
Masa en Agua, g	C	702.2	699.6	701.5	708.5	705.0	700.1
Volumen, cc, (B-C)	E	521.0	526.3	520.0	521.0	518.5	521.5
Bulk Gr. Especific (A/E)	F	2.343	2.343	2.340	2.344	2.356	2.336
Máx. Sp. Gr. Rpecific.	G	2.533	2.533	2.533	2.533	2.533	2.533
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.5	7.5	7.6	7.5	7.0	7.8
Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	39.2	39.4	39.5	38.9	36.2	40.5
Lectura del dial de carga	p	<b>140.0</b>	<b>138.0</b>	<b>142.0</b>			
Carga (lbf)	P	1,620.5	1,599.9	1,641.2			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1247.1	1248.3	1243.2
Masa en Agua, g	C'				715.2	718.6	714.5
Volumen (B'-C')	E'				531.9	529.7	528.7
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				25.9	26.6	24.9
% Saturación (100J'/I)					66.6	73.5	61.4
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					2.09	2.16	1.38
<b>Condicionado 24 h a 60°C agua</b>		<b>Condicionado 16h a -18°C ± 3°C</b>					
Espesor m m (pulg)	T''				67.0	67.0	68.0
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1248.4	1249.6	1243.2
Masa en Agua	C''				718.3	719.5	716.6
Volumen (B''-C''), cc	E''				530.1	530.1	526.6
Vol. de Agua Abs. (B''-A), cc	J''				27.2	27.9	24.9
% Saturación (100J''/I)					70.0	77.1	61.4
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					1.75	2.24	0.98
Lectura del dial de carga	Carga				<b>119.0</b>	<b>125.0</b>	<b>127.0</b>
Carga (lbf)	P''				1,403.7	1,465.7	1,486.3
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	<b>95.0</b>	<b>95.0</b>	<b>98.2</b>			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				84.4	87.2	87.2
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

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

**Promedio (Std)**  
**Promedio (Stm)**

**96.05**  
**86.25**

**89.79**





## Anexo 3.6. Certificado ensayo Lottman (PEN 120/150)



### LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach. Jessica Chavez Armas, **MUESTRA** : Agregados y Asf. PEN 120/150  
**DOMICILIO LEGAL** : Jr. Larco Herrera 3934 Urb. Panamericana Norte  
**PROYECTO** : Tesis: "Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frío de la región Junín - Yauli 2017" **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica  
**REFERENCIA** : Oficio N° 345993-2016 **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : Mayo - 2017 **FECHA DE ENSAYO** : Junio - 2017

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

**MEZCLA ASFÁLTICA** :

Piedra Chancada - km 00 + 100	: 35,00%
Arena Natural - km 00 + 100	: 29,00%
Arena Chancada - Cantera Leticia Cerro Blanco	: 34,00%
Cal hidratada	: 02,00%
Óptimo contenido de cemento asfáltico	: 05,60%

**TIPO DE ASFALTO** : Cemento Asfáltico PEN 120/150 + 0,5 % aditivo Morlife 2200.

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(t)</sup>		
	2	3	5	1	4	6
N° Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	6.5			6.6		
Grado de Saturación promedio - después de saturación parcial (%)	-			71.7		
Grado de Saturación promedio - después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			84.8		
Hinchamiento Promedio después de la saturación parcial (%)	-			0.50		
Hinchamiento Promedio después del acondicionamiento Húmedo (%)	-			0.29		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	60.63	65.83	62.01	49.71	50.94	47.13
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> , St <sub>t</sub> )	62.83			49.26		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	No presenta			No presenta		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			Presenta agregados fracturados		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>t</sub>/St<sub>d</sub>) = 78.41%**

**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.

**ING. RESPONSABLE:**  
Lima, 23 de Junio del 2017.



**LABORATORIO**



**DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677

AASTHO ASTM D-4867

21 GOLPES

Muestra	Dato Ensayos	2	3	5	1	4	6
Diámetro, m m	D	102.5	103.0	102.5	103.0	103.0	102.5
Espesor (altura),m m	t	67.5	67.5	68.0	67.0	67.5	68.0
Masa Seca en Aire,g	A	1227.5	1226.4	1228.2	1227.5	1221.7	1227.0
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1228.3	1228.1	1228.8	1228.6	1224.3	1227.5
Masa en Agua,g	C	695.8	695.2	694.2	694.6	694.4	692.8
Volumen,cc,(B-C)	E	532.5	532.9	534.6	534.0	529.9	534.7
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.305	2.301	2.297	2.299	2.306	2.295
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462
% Vacío (100(G-F)/G)	H	6.4	6.5	6.7	6.6	6.4	6.8
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	33.9	34.8	35.7	35.4	33.7	36.3
Lectura del dial de carga	p	<b>82.0</b>	<b>91.0</b>	<b>85.0</b>			
Carga (lbf)	P	1,021.4	1,114.4	1,052.4			
Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.							
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1252.5	1245.2	1254.2
Masa en Agua,g	C'				717.1	709.6	718.6
Volumen (B'-C')	E'				535.4	535.6	535.6
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				25.0	23.5	27.2
% Saturación (100J'/I)					70.6	69.8	74.9
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.26	1.08	0.17
<b>Condicionado 24 h a 60°C agua      Condicionado 16h a -18°C ± 3°C</b>							
Espesor m m (pulg)	T''				67.0	67.0	67.5
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1259.8	1246.2	1259.9
Masa en Agua	C''				724.6	713.6	724.4
Volumen (B''-C''),cc	E''				535.2	532.6	535.5
Vol.de Agua Abs. (B''-A),cc	J''				32.3	24.5	32.9
% Saturación (100J''/I)					91.2	72.7	90.6
Hinchamiento (100(E''- E)/E)					0.22	0.51	0.15
Lectura del dial de carga	Carga				<b>64.0</b>	<b>66.0</b>	<b>60.0</b>
Carga (lbf)	P''				835.3	856.0	793.9
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	<b>60.6</b>	<b>65.8</b>	<b>62.0</b>			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				49.7	50.9	47.1
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

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

**Promedio (Std)**  
**Promedio (Stm)**

**62.83**  
**49.26**

**78.41**



## Anexo 4. Tabla de precipitaciones estación Yauli

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
Oficina General de Estadística e Informática



### OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



ESTACION : YAULI / 155235 / DRE-04

LAT. : 11° 40' "S"

DPTO. : JUNIN

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm)

LONG. : 76° 5' "W"

PROV. : YAULI

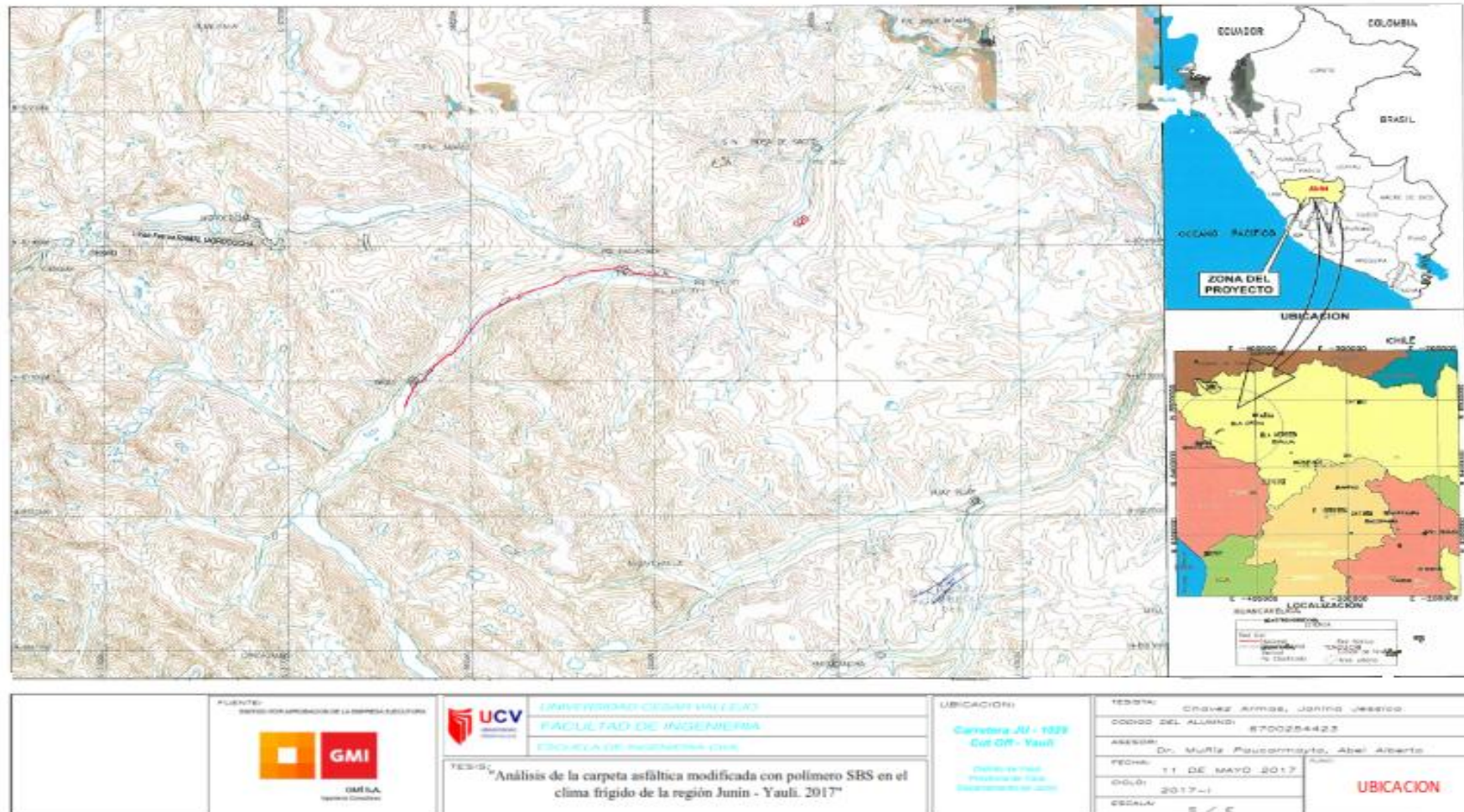
ALT. : 4100 msnm

DIST. : YAULI

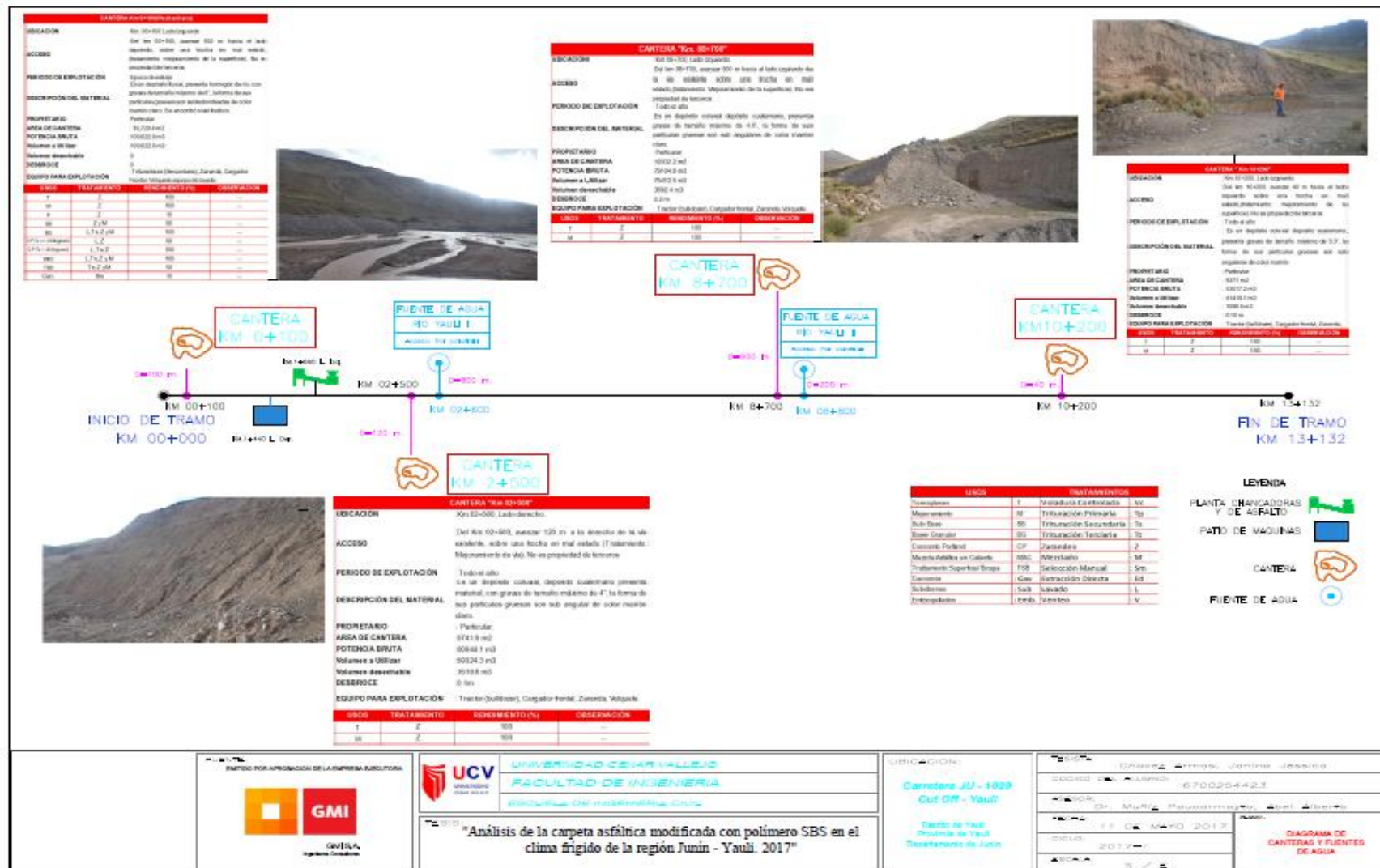
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1997	14.4	27.6	9.4	13.4	6.8	2.9	0.0	12.7	33.4	15.3	13.1	20.5
1998	17.6	20.8	25.0	20.2	0.0	11.3	0.0	2.8	11.0	21.1	14.1	18.0
1999	23.2	35.3	23.2	24.2	10.5	1.3	7.8	2.3	11.1	12.3	8.7	24.5
2000	23.1	21.9	17.1	8.4	9.0	3.9	5.3	7.1	9.2	21.2	17.4	16.3
2001	10.8	11.4	15.2	13.2	5.3	3.8	5.6	5.8	6.0	10.1	9.5	20.3
2002	18.5	26.9	22.2	10.2	10.6	4.7	9.2	4.9	11.3	11.5	7.3	16.2
2003	6.7	8.2	14.0	7.9	4.6	2.1	2.8	5.5	7.3	5.9	6.8	6.0
2004	4.2	5.4	4.2	3.9	2.2	5.0	4.1	3.9	5.6	4.6	6.3	6.7
2005	5.1	5.1	6.9	4.3	3.8	0.0	2.2	2.0	4.1	4.5	6.4	6.9
2006	7.1	6.9	8.2	10.9	2.5	5.3	1.7	4.6	4.5	5.9	6.1	7.7
2007	7.7	9.1	14.1	9.2	6.1	0.7	4.5	4.3	3.7	9.1	6.2	6.5
2008	9.8	7.7	9.0	7.2	3.9	3.7	1.4	3.2	7.1	7.8	5.5	11.7
2009	33.3	13.4	7.9	18.9	3.4	2.0	6.5	7.6	5.8	7.6	9.3	11.5
2010	14.3	23.0	13.4	6.1	5.7	3.5	5.2	6.3	7.0	6.6	13.5	20.4
2011	26.4	31.0	25.3	18.0	11.5	5.7	28.0	6.2	23.9	30.8	18.8	38.7
2012	20.4	26.6	24.1	28.7	8.9	14.5	9.2	0.0	16.7	S/D	S/D	S/D

## Anexo 5. Planos

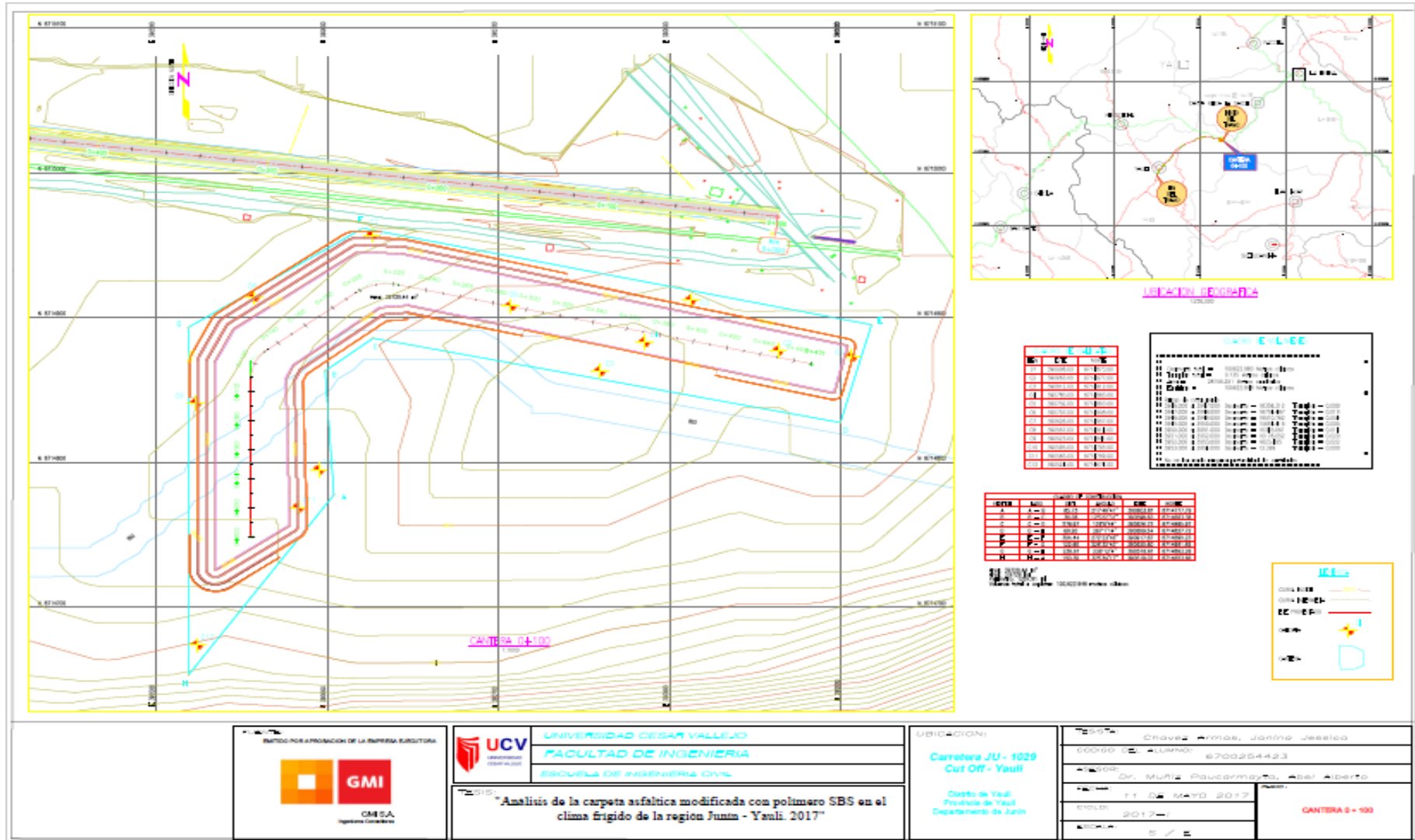
### Anexo 5.1. Plano de ubicación de la carretera JU-1029



## Anexo 5.2. Plano de diagrama de canteras



### Anexo 5.3. Cantera progresiva 0 + 100



## Anexo 6. Carta de presentación para laboratorio



Lima, 15 de diciembre del 2016.

### CARTA DE PRESENTACIÓN N° 0109-2016-UCV-L-DA-ING-CIV/DE

Señores:

DIRECCION DE CAMINOS Y FERROCARRILES

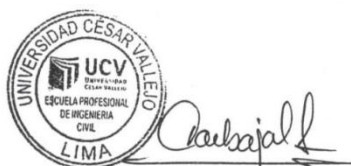
**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES**

Presente.-

Es grato dirigirme a usted para expresarle nuestro cordial saludo a nombre de la Universidad César Vallejo Lima Norte y en especial de la EP de Ingeniería Civil, y a la vez presentarle al estudiante **CHAVEZ ARMAS JANINA JESSICA** identificado con código N° 6700254423 y DNI 46528214 estudiante del IX ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil; a la vez solicitarle que brinde el acceso a su laboratorio a fin de realizar pruebas que le ayudara en el desarrollo de su tesis " Aplicación de emulsión asfáltica modificada en polímero para el diseño de un pavimento flexible en la provincia de Yauli"

Esperando contar con su apoyo a la formación Profesional de nuestros estudiantes, quedo de usted.

Atentamente,



Ing. Lilia Rosa Carbajal Reyes  
**Directora de la  
EP de Ingeniería Civil**

UCV.EDU.PE

## Anexo 7. Autorización de uso de información con fines de investigación

“Año Del Buen Servicio Al Ciudadano”

**Solicito:** EXPEDIENTE TÉCNICO (PAVIMENTACION  
YAULI - CUT OFF)

**Sr: Luis Aliaga Coronel**

**ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DE YAULI, PROVINCIA DE YAULI – LA OROYA,  
DEPARTAMENTO DE JUNIN**

De mi mayor consideración:

Yo, **CHAVEZ ARMAS JANINA JESSICA**, identificado con DNI N° **46528214**, con código universitario N° **6700254423**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del X ciclo de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**, ante Usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que, siendo necesario e indispensable el desarrollo de mi tesis, recurro a su despacho para solicitarle una copia del expediente técnico del proyecto: PAVIMENTACION YAULI - CUT OFF. Cuya información será única y exclusivamente con fines de investigación, espero me brinde el apoyo en la accesibilidad a dicha información que me ayudarán en el desarrollo de mi tesis; en mención que lleva por título “Mejora del comportamiento de mezclas asfálticas en zonas de altura con emulsiones modificadas en Yauli, Región Junín en el 2017”

Por lo expuesto:

Solicito a usted, tenga bien acceder a mi solicitud.

Yauli, 02 de mayo del 2017



Atentamente:

CHAVEZ ARMAS JANINA JESSICA





**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YAULI**  
*"Sub Gerencia De Infraestructura Y Desarrollo Territorial"*



**"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"**

Yauli, 04 de Mayo del 2017

**CARTA N°042-2017-SGIDUR/JMS/MDY**

**SEÑORITA:**  
**CHAVEZ ARMAS JANINA JESSICA**

**ASUNTO: ENTREGA DE EXPEDIENTE TECNICO EN DIGITAL**

Es grato dirigirme a usted para brindarle un cordial saludo a nombre de la Sub Gerencia de Infraestructura, Desarrollo Urbano y Rural de la Municipalidad Distrital de Yauli, Provincia de Yauli – Junín. Así mismo visto su solicitud de fecha 3 de mayo del 2017, esta sub Gerencia remite a usted el Expediente Técnico del proyecto **"Mejoramiento de la carretera JU-1029, Tramo PE 22 Pachamanca del Distrito de Yauli – Provincia de Yauli-Junín"** en digital (CD).

Sin otro en particular me suscribo de usted, no sin antes manifestar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

  
Ing. Civil Jenia Alvarado Salazar  
CIP 103758

**"Año Del Buen Servicio Al Ciudadano"**

**Solicito: AGREGADOS PARA ENSAYOS**

**Sr: Rafael Casas Sandoval**

**PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN JUAN BAUTISTA DE PACHACHACA**

De mi mayor consideración:

Yo, **CHAVEZ ARMAS JANINA JESSICA**, identificado con DNI N° **46528214**, con código universitario N° **6700254423**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del X ciclo de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**, ante Usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que, siendo necesario e indispensable el desarrollo de mi tesis, recorro a su despacho para solicitarle de la cantera de PACHACHACA una muestra de agregados (fino y grueso) que están siendo utilizados para el proyecto de pavimentación YAULI - CUT OFF. Cuya información será única y exclusivamente con fines de investigación los cuales serán usados para ensayos de laboratorio, espero me brinde el apoyo en la accesibilidad a dicha muestra que me ayudarán en el desarrollo de mi tesis; en mención que lleva por título "Mejora del comportamiento de mezclas asfálticas en zonas de altura con polímero SBR en Yauli, Región Junín en el 2017"

Por lo expuesto:

Solicito a usted, tenga bien acceder a mi solicitud.

Yauli - La Oroya, 02 de mayo del 2017

Atentamente:



CHAVEZ ARMAS JANINA JESSICA

## Anexo 8. Acta de aprobación de originalidad de tesis

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **Abel Alberto, Muñiz Paucarmayta**, docente de la Facultad de **Ingeniería** y Escuela Profesional **Ingeniería Civil** de la Universidad César Vallejo Lima Norte, revisor(a) de la tesis titulada:

**"Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli 2017"**, de la estudiante **Janina Jessica Chávez Armas**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **22%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 22 de Julio del 2017

  
.....  
Abel Alberto, Muñiz Paucarmayta  
DNI: 23851049

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## Anexo 9. Recibo digital de turnitin



### Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Janina Jessica Chavez Armas
Título del ejercicio:	DPI 2017 I
Título de la entrega:	DPI JCHAVEZ 2017 I
Nombre del archivo:	DPI_JCHAVEZ_2017_.pdf
Tamaño del archivo:	3.91M
Total páginas:	71
Total de palabras:	7,552
Total de caracteres:	46,718
Fecha de entrega:	17-jul-2017 10:42a.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	831379136



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES  
TEMA PARA EXAMEN DE TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniería Civil  
CICLO:  
I  
SEMIESTRO:  
II  
AÑO DE INSCRIPCIÓN:  
2017  
1

Derechos de autor 2017 Turnitin. Todos los derechos reservados.

## Anexo 10. Porcentaje de similitud

### DPI JCHAVEZ 2017 I

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>documents.tips</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>docslide.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.raco.cat</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>exploredoc.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>cybertesis.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

Registro fotográfico

