

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**“LA COLOCACION DEL SLARRY SEAL EN EL  
MANTENIMIENTO DEL CORREDOR VIAL: CAÑETE -  
LUNAHUANÁ – DV. YAUYOS - RONCHAS –CHUPACA-  
HUANCAYO - DV. PAMPAS”**

PRESENTADO POR:

**Bach. ANYELA ROCIO PARIONA DE LA PEÑA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

**TRANSPORTE Y URBANISMO**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO – PERÚ

2023

ASESOR

Ing. Nataly Cordova Zorrilla

## **DEDICATORIA**

“A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. Este proyecto no hubiera sido posible sin la ayuda de mi Bella Familia MI esposo y mis 4 preciosos hijos Benyamin, Camyla, Danyel y Elyas . Muchas gracias a todos. Por todos ellos hago esta dedicatoria”.

Bach. Anyela Rocio Pariona de la Peña

## **AGRADECIMIENTO**

“En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor por guiarme en todas las etapas de este proyecto con su conocimiento y apoyo para lograr los resultados que buscaba, también a la Universidad Peruana los Andes por brindarme todos los recursos y herramientas necesarias. para llevar a cabo, No podríamos haber logrado estos resultados sin su ayuda incondicional”.

Bach. Anyela Rocio Pariona de la Peña

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0065 - FI -2023

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

**COLOCACIÓN DEL SLARRY SEAL EN EL MANTENIMIENTO DEL CORREDOR VIAL: CAÑETE - LUNAHUANÁ – DV. YAUYOS - RONCHAS – CHUPACA-HUANCAYO - DV. PAMPAS**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **BACH. PARIONA DE LA PEÑA ANYELA ROCIO**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA**

Fue analizado con fecha **31/10/2023** con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

X

**Excluye citas.**

X

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25** %.

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

Observaciones:

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

Huancayo, 31 de Octubre de 2023.



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

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## INDICE

DEDICATORIA	III
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCION	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planeamiento del problema	2
1.2. Formulación y sistematización del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación	3
1.3.1. Justificación teórica	3
1.3.2. Practica o social	3
1.4. Delimitaciones	4
1.4.1. Delimitación espacial	4
1.4.2. Delimitación temporal	4
1.4.3. Delimitación económica	4
1.5. Limitaciones	5
1.6. Objetivos	5
1.6.1. Objetivo general	5
1.6.2. Objetivos específicos	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.2. Marco conceptual	18
2.2.1. Lechadas asfálticas	18
2.2.2. Slurry Seal	18
2.2.3. Normalización	21
2.2.4. Componentes	21

2.2.5. Características del material.	22
2.2.6. Emulsión asfáltica	23
2.2.7. Sistema de mezclado	38
2.2.8. Sistema hidráulico	38
2.2.9. Plataforma de operación y control	38
2.3. Definición de términos	51
<b>CAPITULO III</b>	<b>53</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>53</b>
3.1 Hipótesis general	53
3.2 Hipótesis específicas	53
3.3 Variables	54
3.3.1 Definición conceptual de la variable	54
3.3.2 Definición operacional de la variable	54
3.3.3 Operacionalización de la variable	56
<b>CAPITULO IV</b>	<b>59</b>
<b>METODOLOGIA</b>	<b>59</b>
4.1 Método de investigación	59
4.2 Tipo de investigación	59
4.3 Nivel de investigación	59
4.4 Diseño de investigación	59
4.5 Población y muestra	60
4.5.1 La población:	60
4.5.2 La muestra:	60
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
4.6.1 Técnicas de recolección de datos	60
4.6.2 Instrumentos de recolección de datos	60
4.7 Procesamiento de la información	60
4.8 Técnicas y análisis de datos.	61
<b>CAPITULO V</b>	<b>62</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>62</b>
<b>CAPITULO VI</b>	<b>92</b>

CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	103
Anexo Operacionalización de la variable	104

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la investigación .....	4
<b>Figura 2.</b> Determinación del pH de una emulsión asfáltica.....	26
<b>Figura 3.</b> Equipos para (A) Destilación, (B) Determinación de residuo por evaporación de una emulsión asfáltica .....	27
<b>Figura 4.</b> Prueba de adhesividad en una emulsión asfáltica en sus distintas fases.....	28
<b>Figura 5.</b> Herramientas y equipo de laboratorio para procesar materiales .....	28
<b>Figura 6.</b> Unidad de mezcla de Slurry Seal.....	32
<b>Figura 7.</b> Diagrama de una típica Mezcladora para lechadas asfálticas .....	32
<b>Figura 8.</b> Diagrama camión Slurry Seal y sus partes.....	39
<b>Figura 9.</b> Diagrama de expansión y deslizadores de barra primaria .....	41
<b>Figura 10.</b> Cambio hacia una cultura preventiva en el mantenimiento vial.....	45
<b>Figura 11.</b> Ubicación de la vía en estudio.....	62
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de condición actual de la vía en estudio.....	66
<b>Figura 14.</b> Curva granulométrica del agregado .....	70
<b>Figura 15.</b> Contenido teórico de asfalto residual .....	77
<b>Figura 16</b> Tendencia de la abrasión en húmedo WTAT .....	83
<b>Figura 17.</b> Tendencia de la arena adherida LWT .....	86
<b>Figura 18.</b> Contenido óptimo de emulsión asfáltica.....	87
<b>Figura 19.</b> Contenido óptimo de emulsión asfáltica.....	89
<b>Figura 20.</b> Curva de cohesión en húmedo.....	90

## INDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Especificación Granulométrica dependiendo del tipo.....	19
<b>Tabla 2.</b> Especificaciones técnicas para mortero asfáltico .....	21
<b>Tabla 3.</b> Especificaciones para Diseño de Mezcla .....	30
<b>Tabla 4.</b> Especificaciones por tipo de camión Slurry Seal .....	33
<b>Tabla 5.</b> Tipos de Tolva – Camión Slurry Seal .....	35
<b>Tabla 6.</b> Capacidad de Bomba para emulsión .....	36
<b>Tabla 7.</b> Capacidad y especificaciones de tanque .....	37
<b>Tabla 8.</b> Especiaciones de acuerdo a tipo de camión Slurry.....	40
<b>Tabla 9.</b> Criterios y condiciones de camino .....	46
<b>Tabla 11.</b> Características principales de la vía en estudio para la evaluación.....	63
<b>Tabla 12.</b> Áreas de las unidades de muestreo.....	64
<b>Tabla 13.</b> Resumen de la evaluación de las unidades de muestreo.....	65
<b>Tabla 14.</b> Condición actual de la vía en estudio .....	67
<b>Tabla 15.</b> Rangos y clasificaciones.....	67
<b>Tabla 16.</b> Tipo de conservación según calificación de condición .....	68
<b>Tabla 17.</b> Detalles de la muestra .....	68
<b>Tabla 18.</b> Análisis granulométrico del agregado .....	69
<b>Tabla 19.</b> Pérdidas totales del agregado .....	70
<b>Tabla 20.</b> Resultado del ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio.....	71
<b>Tabla 21.</b> Desgaste del agregado.....	71
<b>Tabla 22.</b> Resultados de ensayo de abrasión los Ángeles .....	72
<b>Tabla 23.</b> Equivalente de arena del agregado.....	72
<b>Tabla 24.</b> Resultado del ensayo de equivalente de arena .....	73
<b>Tabla 25.</b> Resultados del ensayo de azul de metileno.....	73
<b>Tabla 26.</b> Resultado del ensayo de adherencia Riedel Weber .....	74
<b>Tabla 27.</b> Resultados de las características de la Emulsión asfáltica .....	74
<b>Tabla 28.</b> Resultados de Análisis de agua.....	75
<b>Tabla 29.</b> Granulometría del agregado .....	76
<b>Tabla 30.</b> Porcentaje de agregado retenido respecto al tamiz .....	77
<b>Tabla 31.</b> Contenido teórico de emulsión asfáltica .....	78
<b>Tabla 32.</b> Mezclas preliminares de Slurry Seal tipo III de Apertura Rápida.....	78
<b>Tabla 33.</b> Contenido óptimo de agua .....	79
<b>Tabla 34.</b> Contenido de polímero .....	79
<b>Tabla 35.</b> Resultado del ensayo de tiempo de mezcla .....	80
<b>Tabla 36.</b> Resultado del ensayo de desprendimiento en húmedo .....	80
<b>Tabla 37.</b> Diseños preliminares de Slurry Seal tipo III de apertura rápida .....	81
<b>Tabla 38.</b> Peso de probetas de los diseños preliminares .....	82
<b>Tabla 39.</b> Factor de corrección según la ISSA .....	82
<b>Tabla 40.</b> Resultados de la abrasión en húmedo WTAT .....	82

<b>Tabla 41.</b> Valores máximos de arena adherida .....	84
<b>Tabla 42.</b> Diseños preliminares de Slurry Seal tipo III de apertura rápida .....	84
<b>Tabla 43.</b> Peso de probetas de los diseños preliminares .....	85
<b>Tabla 44.</b> Factor de corrección según la ISSA .....	85
<b>Tabla 45.</b> Resultados de la rueda cargada LWT .....	85
<b>Tabla 46.</b> Resultados WTAT – LWT .....	87
<b>Tabla 47.</b> Diseño de Slurry Seal tipo III de apertura rápida .....	88
<b>Tabla 48.</b> Ensayo de cohesión en húmedo .....	90

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se planteó como problema general: ¿Cuál es el resultado del análisis técnico entre mantenimiento convencional y con la aplicación de Slurry Seal en la vía Cañete -Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022?, cuyo objetivo general fue Comparar el resultado del análisis técnico entre mantenimiento convencional y con la aplicación de Slurry Seal en la vía Cañete -Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022, y la hipótesis general fue El resultado del análisis técnico indica que el tratamiento superficial con la aplicación de Slurry Seal ofrece ventajas respecto mantenimiento convencional en la vía Cañete -Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022; el método general de investigación fue el científico, de tipo aplicada, de nivel explicativo-correlacional de diseño cuasi experimental; la población para la investigación fue la superficie asfáltica de la carretera Cañete -Lunahuaná – desvió. Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas, región Junín y la muestra El tipo de muestreo fue no probabilístico, la muestra se tomó como muestra a la superficie asfáltica de la carretera Cañete -Lunahuaná – desvió. Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo - desvió. Pampas, la investigación concluyó que: La aplicación del Slurry Seal genera resultados significativos para el mantenimiento de la superficie asfáltica, ya que el diseño realizado garantizará una buena resistencia ante la acción abrasiva del tráfico y una correcta cohesión que evitará la exudación bajo las cargas del tráfico pesado, y la apertura al tráfico se dará a los 90 minutos de haber sido colocada.

**Palabras claves:** Análisis técnico, mantenimiento convencional, mantenimiento Slurry Seal, carretera.

## ABSTRACT

The present research work was posed as a general problem: What is the result of the technical analysis between conventional maintenance and with the application of Slurry Seal on the Cañete -Lunahuaná road - diverted Yauyos - Ronchas -Chupaca-Huancayo - diverted Pampas -2022? , whose general objective was: To compare the result of the technical analysis between conventional maintenance and with the application of Slurry Seal on the Cañete - Lunahuaná road – diverted Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – diverted Pampas -2022, and the general hypothesis was: The The result of the technical analysis indicates that the surface treatment with the application of Slurry Seal offers advantages over conventional maintenance on the Cañete -Lunahuaná road – Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo diversion – Pampas -2022 diversion; the general research method was scientific, of an applied type, of an explanatory-correlational level of quasi-experimental design; The population for the investigation was the asphalt surface of the Cañete -Lunahuaná highway - diversion. Yauyos - Ronchas -Chupaca-Huancayo - diverted. Pampas, Junín region and the sample the type of sampling was non-probabilistic, the sample was taken as a sample from the asphalt surface of the Cañete -Lunahuaná highway – diversion. Yauyos - Ronchas -Chupaca-Huancayo - diverted. Pampas, the investigation concluded that: "The application of the Slurry Seal generates significant results for the maintenance of the asphalt surface, since the design carried out will guarantee good resistance to the abrasive action of traffic and correct cohesion that will prevent exudation under loads. of heavy traffic, and the opening to traffic will take place 90 minutes after it has been placed.

**Keywords:** Technical analysis, conventional maintenance, Slurry Seal maintenance, highway.

## INTRODUCCION

La ciencia encargada del diseño de proyectos de infraestructura es la ingeniería, la cual además de la construcción y mantenimiento de infraestructura, se relaciona con el desarrollo de las zonas urbanas y rurales, una de sus áreas es el campo de la infraestructura vial, la cual tiene altos costos asociados a la construcción, mantenimiento y/o reparación de carreteras, afectaron significativamente la economía (1).

La importancia del mantenimiento del asfalto vial se debe a que es el principal foco de desarrollo social. A través de él surgen relaciones sociales y económicas, por lo que es muy importante realizar el mantenimiento en el momento adecuado, con la tecnología adecuada, con la mínima inversión y mínima interrupción del tráfico (2).

En el Perú se invierten millones de dólares anualmente en el mantenimiento, reparación y construcción de pavimentos debido al desgaste causado por un aumento significativo en el uso de flota, mala construcción, malos procesos constructivos, factores climáticos, mantenimiento inadecuado, mal drenaje etc (3). El desvío por la carretera Cañete - Lunahuaná - Yauyos - Ronchas - Chupaca – Huancayo gran parte del firme vial en la Pampa se ha deteriorado, generando malestar e inseguridad a peatones y conductores, ya que es una de las principales causas de accidentes y muertes viales. Se toma la vía Cañete -Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo. En las vías de Pampas al ser una vía en estudio como parte del sistema vial parcial del Perú y no haber recibido ningún mantenimiento en los últimos 7 años según el POI del MDT (2012-2018), actualmente presenta superficie desgastada y desgaste general de la vía donde aparecen un gran número de agujeros y los costes de inversión para su restauración son elevados.

Por lo tanto, se propone utilizar Slurry Seal, para mantener la capa superior de asfalto de la carretera investigada con el fin de proteger la estructura del pavimento de factores externos, extender su vida útil y garantizar un funcionamiento normal. La tira selladora se adapta a diferentes condiciones de la carretera, optimiza el tiempo de trabajo, contribuye al medio ambiente y tiene bajos costos. El proyecto se desarrollará en base a los recursos de la región y las condiciones de las carreteras examinadas.

Bach. Anyela Rocio Pariona de la Peña

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planeamiento del problema**

El primer signo del desarrollo de la civilización fueron los caminos o carreteras. Los mesopotámicos estuvieron entre los primeros constructores de carreteras, alrededor del año 3500 a.C. Por otro lado, según el derecho romano, todos en Roma tenían derecho a utilizar las carreteras, pero quien fuera ciudadano del país era responsable de su mantenimiento. La zona por la que pasaban. Aunque el gobierno centralizado vino a reunirse con el gobierno, el sistema logró hacer que las condiciones de la carretera fueran buenas. A medida que el poder concentrado del Imperio Romano desapareció en la Edad Media (del siglo X hasta el siglo XV), la red nacional de carreteras comenzó a desaparecer. A mediados del siglo XVII, el gobierno francés creó un mecanismo para apoyar la construcción de carreteras locales y utilizó esta tecnología para construir casi 24.000 kilómetros de carreteras. En las últimas dos décadas, el mantenimiento de la infraestructura de transporte, especialmente las carreteras, ha adquirido cada vez más importancia (4).

Así como Estados Unidos lleva tiempo desarrollando tecnologías innovadoras de mantenimiento para el mantenimiento de sus carreteras y autovías, España también lo ha hecho, España destaca por su investigación, desarrollo y su aplicación para mejorar los métodos de transporte. La provisión de suficientes rutas de transporte es esencial tanto para garantizar la competitividad, la capacidad exportadora de los países, como para promover el desarrollo local y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Debido a la falta de información y antecedentes sobre el mantenimiento del sellado de lechada (Slurry seal), se propuso comparar con el método tradicional de mantenimiento de dos

capas, que es uno de los métodos de mantenimiento de carreteras más populares. Durante la comparativa, aprendimos qué tecnologías de mantenimiento son las más prácticas y adecuadas para su uso en pavimentos flexibles, así como información sobre sus métodos y técnicas de construcción.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el resultado del análisis técnico entre mantenimiento convencional versus la aplicación de Slurry Seal en la vía Cañete -Lunahuaná – desvío Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvío Pampas -2022?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuáles son los comportamientos de la colocación Slurry Seal en una vía afirmada?
- b) ¿Cuáles son los comportamientos de la colocación en un mantenimiento convencional en una vía afirmada?
- c) ¿Cómo definir el tipo de mantenimiento: convencional o con Slurry Seal en la vía afirmada?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación teórica**

Dado que un buen mantenimiento de las carreteras requiere soluciones innovadoras que cumplan con los estándares sociales, urbanos, de sostenibilidad, seguridad y ergonomía, el buen mantenimiento de las carreteras es esencial, ya que incluye aspectos económicos y preocupación por el momento, la duración y la frecuencia del mantenimiento. Las limitaciones presupuestarias para el mantenimiento de carreteras requieren una fuerza laboral confiable y eficiente. Los avances tecnológicos en maquinaria y equipos relacionados con el pavimento asfáltico garantizan un mejor servicio y accesibilidad para los usuarios, así como un mayor rendimiento de la construcción.

### **1.3.2. Practica o social**

Las ventajas de la nueva tecnología de inyección asfáltica y de la tecnología mecánica son fundamentales para tareas que ayudan a ahorrar tiempo y dinero, como la compactación de lechadas (Slurry Seal) y la comunicación es muy importante. Se trata de una tecnología

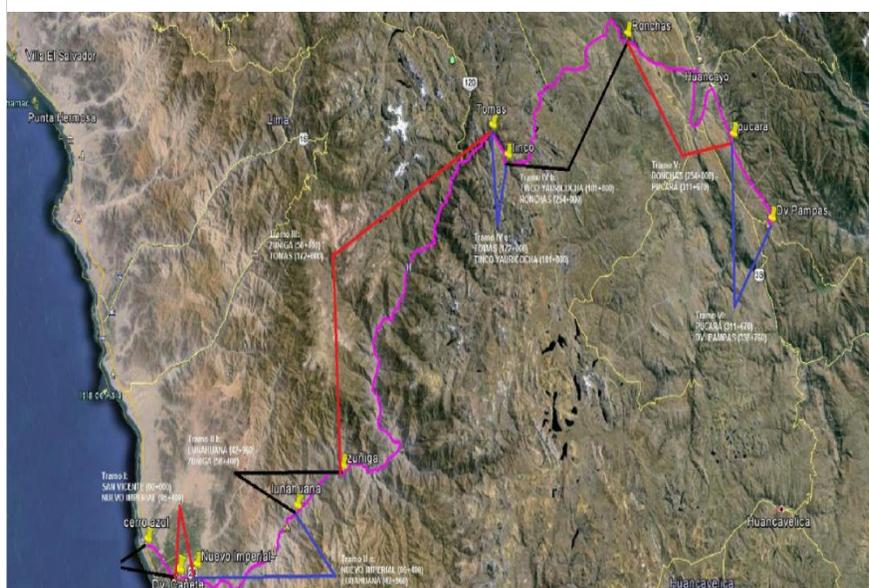
innovadora que ayudará a mantener viables las carreteras y senderos proporcionando una respuesta a la protección del tráfico en autopistas, autopistas o caminos secundarios, lo que dará como resultado un tráfico más limpio y una mejor protección del tráfico, neumáticos para automóviles. Para la compactación de carreteras asfaltadas se utiliza mortero asfáltico compactador o también llamado Slurry Seal.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Delimitación espacial

El estudio se realiza en las áreas geográficas de la carretera Yauyos-Ronchas-Chupaca-Huancayo del libramiento Cañete-Lunahuana. Por su parte Pampas forma parte de las carreteras nacionales PE-24, PE-3SB y PE-3SC, ubicadas en la provincia de Huancayo; Chupaca, Concepción, en la región de Junín; y Tayacaja, en la provincia de la región de Huancavelica, así como en las provincias de Yauyos y Cañete en la región de Lima.

**Figura 1.** Ubicación de la investigación



Fuente: Google Earth (2022)

### 1.4.2. Delimitación temporal

La investigación se realizó en un periodo de dos años (2020 – 2022), en este tiempo se realizó la toma de datos, procesamiento de información y el desarrollo de la investigación.

### 1.4.3. Delimitación económica

Los gastos que cause el estudio ya sea en campo y laboratorio será asumida en su totalidad por el investigador.

## **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones encontradas a lo largo de la investigación fueron el acceso a la zona para la toma de datos de campo.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Comparar el resultado del análisis técnico entre mantenimiento convencional versus la aplicación de Slurry Seal en la vía Cañete - Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Analizar el comportamiento de la colocación Slurry Seal en una vía afirmada.
- b) Analizar el comportamiento del mantenimiento convencional en una vía afirmada.
- c) Establecer el tipo de mantenimiento: convencional o con Slurry Seal en la vía afirmada.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Internacionales**

Según (5) sustento su tesis “Estudios y diseños geométricos del corredor vial calle 10 sur con avenida 18 hasta la avenida 1 ubicado en la comuna 8 del barrio doña Nidia de la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander en la universidad Fraula Santander”– Facultad de ingeniería plan de estudios de ingeniería Civil; con la finalidad de optar el título Ingeniero civil.

Entre los objetivos, que se alcanzaran en el presente proyecto fueron:

- Realizar el estudio y diseño del corredor vial ubicado sobre Avenida 18 con Calle 12 hasta la intersección con la Calle 30 del Barrio Doña Nidia, conforme a la normativa como el manual de carreteras INVIAS del 2008 y el manual de diseños para vías urbanas IDU.y los objetivos específicos son.
- Obtener el levantamiento topográfico en terreno natural, utilizando la estación total con la que se obtiene la planimetría y altimetría del corredor en estudio, para conocer datos de la superficie como secciones transversales, perfil del terreno y curvas de nivel.
- Registrar el número de vehículos que circulan diariamente mediante un aforo vehicular durante una semana en puntos estratégicos del corredor vial, donde se pueda observar el tráfico de la zona y obtener el transito promedio diario semanal y de esta forma poder hacer el diseño de la estructura de pavimento.
- Realizar el diseño geométrico en planta, perfil y secciones transversales.

- Estudiar la caracterización del suelo realizando los ensayos de: Humedad natural, Análisis Granulométrico , Límites de Atterberg y obtener su capacidad de soporte de subrasante CBR (California Bearing Ratio), cumpliendo con la normas de Ensayo de materiales para carreteras establecida por el INVIAS.
- Diseñar la estructura en pavimento flexible por el Método del INVIAS.
- Recomendar y si es necesario diseñar obras para el manejo de aguas superficiales.
- Determinar las cantidades de obra como movimientos de tierras y cantidades de obra para la estructura del pavimento flexible.
- Valorar la propuesta estudiada mediante la estimación de los costos y el presupuesto total del proyecto teniendo como base los valores establecidos en el construprecios de marzo de 2018.

Producto a esta investigación se concluye que, como resultado del levantamiento topográfico se obtuvo el plano con los puntos tomados en la vía, en el que se generó las curvas de nivel y se determinó que el terreno es ondulado ya que su pendiente longitudinal es de 4.71%, así lo clasifica el Manual de Diseño Geométrico de carreteras. Se utilizó el software Civil 3D para el diseño geométrico: del alineamiento horizontal se diseñó 9 curvas horizontales: 5 circulares simples, 3 espiral-espiral y 1 espiral-circulo-espiral cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma, y en perfil se diseñó: 2 curvas cóncavas, 2 curvas convexas, cumpliendo con la longitud mínima para curvas verticales establecido en la norma INVIAS. De acuerdo al análisis del estudio del tránsito, el volumen vehicular fue de 93.02% para autos, 6.98% para camiones y su TPDs fue de 93 Veh/día, cuya proyección a un periodo de diseño de 10 años fue 261.90 Ejes equivalente de 8.2 toneladas

El resultado obtenido de la clasificación de suelos fue: Según la U.S.C indica una arcilla de baja plasticidad (CL) y según la AASHTO indica un suelo arcilloso (A-7-5b) para toda la vía. También se obtuvo el CBR cuyo valor obtenido fue de 3.86%. Se diseñó la estructura del pavimento asfáltico de acuerdo a la norma Invias para vías con bajo volumen de tránsito, que contiene las siguientes capas: 7.5 cm de mezcla densa en caliente Tipo 2, 20 cm de base granular y 35 cm de subbase granular.

En el cálculo de los movimientos de tierras se obtuvo un volumen de corte 3408.7 m<sup>3</sup> y en terraplén de 58.61 m<sup>3</sup> para un corredor vial de 813.65 metros de longitud Se calculó para el

drenaje superficial, la altura de la lámina de agua para el diseño del bordillo, y así, evaluar su capacidad por tramos hasta donde se requiera instalar sumideros. Se valoró el proyecto por un costo de \$623'077.984 con precios ajustados a la industria de construcción construyéndose a precios de septiembre de 2017 de la región.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Según (6) sustentó su tesis “Aplicación de Slurry Seal para la conservación de la carretera Abancay – Sañayca, 2021” En la universidad Cesar Vallejo– Facultad de Ingeniería y Arquitectura escuela Profesional de Ingeniería Civil; con la finalidad de optar el título Ingeniero civil.

Entre los objetivos, que se alcanzaran en el presente proyecto son

- Analizar el tratamiento superficial utilizando Slurry Seal para la Conservación de la carretera Abancay - Sañayca. y los objetivos específicos son:
- Determinar las características de la emulsión adecuado de Slurry Seal para mejorar la condición actual de la superficie asfáltica de la carretera Abancay – Sañayca.
- Determinar las características de los componentes del Slurry Seal para el tratamiento superficial de la carretera Abancay – Sañayca.
- Determinar el contenido óptimo de emulsión asfáltica del diseño de Slurry Seal tipo II, de apertura rápida que genera resultados significativos en el mantenimiento de la superficie asfáltica de la carretera Abancay – Sañayca.

Producto a esta investigación se concluye que:

- El uso de slurry seal para el mejoramiento del tratamiento superficial de la carretera Abancay - Sanjayca, donde: se obtuvo el porcentaje óptimo de emulsión slurry seal, el cual fue utilizado para el mejoramiento de la carretera Abancay - Sanjayca, el cual fue beneficioso, para el mejoramiento de la carretera Abancay-Sañayca, ya que la carretera Sañayca es de gran importancia, para la mejora de los puntajes de adherencia, donde se evaluaron los valores promedio de los diferentes tratamientos (T1 = 11.7%, T2 = 13.7%, T3 = 15.7% y T4 = 17.7%), cada tratamiento se replicó cuatro veces.

La caracterización del sello lechada o slurry seal marca EMULTEC CSS-1HP utilizado para el tratamiento de la carretera Abancay-Sañayca, se han realizado cuatro repeticiones para aumentar la precisión del análisis, se demuestra que el residuo bituminoso según norma

ASTM D 244 permite al menos 60 % y 61.83% de residuos de asfalto. Luego también se realizó una prueba de penetración (25°C, 100g, 5s) y la norma ASTM D 5 permite 85 mm de ancho hasta 100 mm y se encontró que este estudio tenía un estándar . permitiendo 95,38 mm, finalmente se realizó la recuperación de la elasticidad torsional según la norma NLT 329, que especifica un mínimo del 12%, y en las muestras se ha encontrado el promedio del 14,41%, también dentro de los límites permitidos por las normas técnicas. EMULTEC CSS1HP Emulsión por lo tanto cumple con la normativa, por lo que se aprueba su tratamiento en la carretera Abancay-Sañayca para beneficiar a los usuarios y alargar su vida útil.

Se han determinado características de los componentes del pavimento, como estudios de tamaño de partículas de agregados para determinar el porcentaje de roca que pasa a través de una serie de diferentes mallas (3/8 a 9.53 mm, a 74 mm (N° .200), en términos de equivalente de arena se encontró que el equivalente de arena es del 71%, lo que significa que en cuanto al ensayo de cohesión húmeda cumple con ambos criterios, de cada muestra se toman cuatro porcentajes de emulsión (T1 = 11,7) % emulsión, T2 = 13,7% emulsión, T3 = 15,7% emulsión y T4 = 17,7% emulsión) y se determinan según las especificaciones. La norma ISSA TB 139 permite comprobar la consistencia después de 30 minutos, 60 minutos, 90 minutos y 120 minutos, donde se observó que un mayor porcentaje de emulsiones proporciona mayor cohesión, y se obtiene mayor cohesión a tiempos de análisis de emulsión más largos, los cuales pueden superar fácilmente las condiciones estándar analizando al menos 12 kg/kg antes de los 30 minutos de trabajo, y fue de al menos 20 kg/cm durante el análisis de 60 minutos, por lo que podemos concluir que todos los tratamientos cumplen con los criterios técnicos.

Los datos finales de diseño de abridores rápidos sellados con lechada tipo II en la vía Abancay-Sañayca, donde se obtuvo WTAT promedio (gr/m<sup>2</sup>), LWT (gr/m<sup>2</sup>), WTAT máximo y LWT máximo, lo que nos permite determinar la mejor loción en Abancay. – Carretera Sañayca. Para determinar este porcentaje óptimo se utilizaron los valores medios de los diferentes tratamientos (T1 = 11,7%, T2 = 13,7%, T3 = 15,7% y T4 = 17,7%), cada uno con cuatro repeticiones.

Según (7) sustento su Tesis “Mortero asfáltico o Slurry Seal como tratamiento superficial para pavimentos de afirmado en la universidad Ricardo Palma”, Facultad de

Ingeniería y en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil ; con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

- Análisis de normas nacionales e internacionales para la colocación de mortero asfáltico en vías asfaltadas y no pavimentadas. Sus objetivos específicos son:
- Análisis de definiciones de lechada Asfáltica, según normas nacionales e internacionales.
- Análisis de aplicaciones relevantes según normas nacionales e internacionales para lechadas asfálticas, morteros asfálticos, juntas y lechadas en caminos no pavimentados y asfaltados.
- Determine si el diseño verificado por NAASRA permite la colocación de lechada de asfalto, o juntas como supresores de polvo.

Producto de su investigación concluye que:

Después de investigar en la literatura de normas internacionales y nacionales, se concluyó que la compactación de lechada, que se traduce al español como suspensión bituminosa, es sinónimo del término específico mortero bituminoso, el cual se define como: piedra, agua, emulsión bituminosa. Aditivos, polvo mineral, se refiere a la especificación técnica de la International Slurry Sealing Association ISSA A105 (Slurry Seal).

También se concluyó que inicialmente el uso de lechada asfáltica, lechada de compactación y sellado era para el mantenimiento de pavimentos flexibles, pero actualmente su uso se ha extendido al tratamiento superficial de vías de tránsito ligero y como rutina habitual. Aprobación del mantenimiento de control de polvo, que tiene como objetivo garantizar la resistencia al agua y mejorar la adherencia del vehículo a la superficie de la carretera.

En experimentos a escala real, se demostró que el diseño NAASRA permite la colocación de lodo asfáltico, mortero asfáltico y sello de lechada (12 mm) como supresores de polvo sin la necesidad de volver a calcular el espesor del agregado porque las ranuras experimentales eran más pequeñas de lo permitido.

En conclusión, se analizó la definición y aplicación de lechada asfáltica y mortero asfáltico, compactación de lechada y compactación de caminos no asfaltados y asfaltados , se concluyó que debido a la similitud de las normas nacionales e internacionales, el mortero asfáltico se

puede colocar tanto sobre no asfaltados y carreteras asfaltadas; este estudio se centra en su uso como supresor de polvo.

Según (2) sustentó su tesis: “Comportamiento del Slurry Seal para el mantenimiento de la superficie asfáltica, El Tambo” en la Universidad Peruana los Andes – Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Civil; con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

➤ Determinar los resultados obtenidos de la aplicación de lechada para el mantenimiento de las siguientes superficies asfálticas: Avenida Evitamiento, Distrito El Tambo, Huancayo.

Los objetivos específicos son:

➤ Determinar el tipo de capa de sellado adecuada al estado de la superficie asfáltica existente.

➤ Determinación de los resultados de la caracterización de unidades de sellado de lechadas de mantenimiento de superficies asfálticas.

➤ Determinación de los resultados del diseño del sellado con lechada para el mantenimiento.

Producto de su investigación concluye que:

El uso de sellador de suspensión tiene un impacto significativo en el mantenimiento de los pavimentos asfálticos, ya que el diseño realizado garantizará una buena resistencia a los efectos abrasivos del tráfico y una consistencia adecuada para evitar filtraciones en altas cargas de tráfico y aperturas de vías. El flujo ocurre 90 minutos después de la inserción.

El estado actual del pavimento asfáltico en el tramo de evitación de la Av. Mariscal Castilla hasta Av. Huancavelica, En general es el último elemento el que más se nota por la presencia de grietas, manchas, baches, desgaste del pavimento y otros daños, por lo que se requiere el mantenimiento regular de la vía, los daños antes mencionados deben ser reparados y todo el pavimento debe ser restaurado, por lo que el tipo de sello tipo lechada adecuado es el tipo III.

Las propiedades de los componentes de sellado de suspensión son de gran importancia en el mantenimiento de superficies asfálticas, debido a que estos componentes cumplen satisfactoriamente con las especificaciones marcadas por EG 2013 e ISSA A 105.

Diseño de sello de palanca para mantenimiento de superficies asfálticas en etapas de evitación: Desde Av. Mariska Castilla a AV. Huancavelica, que es tipo III, está compuesta por 13% de emulsión asfáltica CQS-1hp, 1.5% de relleno (cemento de silicato tipo I), 10% de agua y 1% de aditivo (sulfato de aluminio). Dado que la emulsión asfáltica contiene polímeros y aditivos, se mejoran las propiedades de la mezcla, proporcionando una mejor resistencia al agrietamiento y al agrietamiento por fatiga.

Según (8) sustento su tesis: “Tratamiento superficial utilizando Slurry Seal para el mejoramiento de la carretera santa rosa a San Francisco de Río Mayo -2016, en la universidad Cesar Vallejo” – Facultad de Ingeniería , Escuela profesional de Ingeniería Civil; con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

- Se recomienda repavimentar la carretera Santa Rosa a San Francisco de Río Mayo utilizando el método de compactación con lechada para lograr los siguientes objetivos específicos:
- Evaluar las características físicas del terreno de la carretera utilizando los estudios de terreno pertinentes.
- Determinar la capacidad de carga del suelo mediante el estudio de la mecánica del suelo.
- Evaluar la idoneidad de los diseños de tratamiento de superficies para métodos de compactación de lodo utilizando estudios de laboratorio relevantes.

Producto de su investigación concluye que:

El uso de técnicas de compactación de pilotes para la preparación de la superficie del pavimento proporciona recomendaciones del mundo real para mejoras en la Autopista de Santa Rosa a San Francisco del Río Mayo.

El levantamiento del terreno de la vía a realizar para tratamiento superficial corresponde a tres tipos de vías del sistema vecinal, el ancho de la superficie de rodadura es de 4,60 metros, la velocidad de diseño es de 30,00 km/h, la mínima el radio normal es 30,00. m y el radio mínimo opcional es 27,00 m, la pendiente máxima es del 14,00% y la pendiente mínima es del 0,5%.

Los estudios de suelos muestran que se prueban las propiedades físicas de los materiales de cantera de roca natural, análisis de tamaño de partículas, límites de consistencia, límites de

líquido y plasticidad, Índice de plasticidad, porcentaje de arcilla, partículas finas son aceptables y pueden usarse como aglutinantes, materiales Granulados sub-base, asimismo, se prueban las propiedades físicas del análisis granulométrico clase B a partir de la construcción de una subbase granular triturada según especificaciones establecidas.

Según (9) sustento su tesis “Evaluación técnica y de costo entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal”, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín – 2019, en la universidad Científica del Perú – Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa académico de Ingeniería Civil; con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

- Determinación de una evaluación técnica y evaluación de costos entre los tratamientos superficiales de compactación OTA y compactación con lechada, carreteras de bajo tráfico en la provincia de Sint Maarten - 2019, los objetivos específicos son:
- Evaluación detallada del impacto de la tecnología de tratamiento de superficies con sellado Ott y sellado con lechada en carreteras de poco tráfico en la provincia de San Martin – 2019.
- Cálculo de la diferencia de costos entre el tratamiento de superficie Otta Seal y Slurry Seal, carreteras asfaltadas con baja intensidad de tráfico en la provincia de San Martin – 2019
- Determinar la Evaluación técnica y de costo entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal.

Producto de su investigación concluye que:

Las superficies de carreteras económicas como Otta Seal y Slurry Seal utilizadas para el mantenimiento programado de la red nacional de carreteras se clasifican como carreteras asfaltadas según el Manual de Carreteras DG-2018.

SLURRY SEAL se denomina lechada asfáltica en el manual de especificaciones técnicas y su aplicación equivale técnicamente al mantenimiento periódico de los pavimentos asfálticos, pero en este caso se coloca sobre la cimentación.

En cuanto a su aplicación, se estudia un tramo carretero sectorial: Lamas-EMP-PE-5N (PUENTE BOLIVIA), comparación teórica del tratamiento superficial del lechada tipo II,

agente sellador de textura superficial general, apto para tránsito medio, utilizado por el tratamiento superficial Otta Seal, tipo doble capa (doble capa), apto para tráfico medio y medio, la conclusión es que ambos se han adaptado a su entorno y a lo que intentaban lograr. El ciclo de diseño de un sello OTTA de doble capa es de 5 años, mientras que el de un sello tipo lechada es de 3 años, una diferencia de 2 años.

Esto refleja la superioridad del sello OTTA sobre el sello en suspensión, la idoneidad de los sellos Ott y los acabados de los sellos de lodo según el servicio es de aproximadamente 3,5

Según (10) sustentó su tesis “Análisis técnico-económico entre el tratamiento superficial con slurry seal y bicapa para la corona de la presa poechos (desde km 3+600 – hasta km 7+500), distrito Lancones, provincia de Sullana, departamento de Piura” en la Universidad Nacional de Piura– Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Profesional de Ingeniería Civil; con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos del estudio fueron:

- Analizar técnica y económicamente los tratamientos superficiales con Slurry Seal y Bicapa para la corona de la presa Poechos en el 2020, los objetivos específicos son:
- Estudiar la condición superficial de la corona de la presa Poechos en el 2020.
- Diseñar un afirmado que se utilizará para la reparación de la corona de la presa Poechos en el 2020.
- Determinar el tratamiento superficial que se ajusta mejor a las condiciones de la corona de la presa Poechos en el 2020.
- Determinar la alternativa de tratamiento superficial más rentable para la corona de la presa Poechos en el 2020
- Determinar el análisis del tráfico actual por tipo de vehículo que transita la corona de la presa Poechos.
- Determinar la dosificación del tratamiento superficial con Slurry Seal para la corona de la presa Poechos en el 2020
- Determinar la dosificación del tratamiento superficial Bicapa para la corona de la presa Poechos en el 2020.

Producto de su investigación concluye que:

Después de aplicar la ecuación del método NAASRA, se determinó que el espesor del pavimento requerido es de 0,15 m, pero el espesor del pavimento existente es de 0,30 m, lo que satisface la ecuación.

Luego de reconocer el camino a la presa de Poechos según la información proporcionada por Constructora Málaga Hnos, se consideró un camino sin pavimentar categoría 3 con poco tránsito S.A., también en pruebas de laboratorio y estudios de tránsito utilizando los manuales de carreteras del MTC – protección vial, se determinó que el estado de la superficie es bueno. El camino hacia la presa Poechos está deformado y erosionado porque no se bombea y está muy alto; no se puede desviar el agua de lluvia. Para corregir el deterioro antes mencionado, se modificará la plataforma existente (para ello se utilizarán los materiales existentes en la parte superior de la presa era Investigación, cuando hagamos las pruebas CBR, definitivamente podremos encontrar diseños con propiedades similares y mejores). Eso significa una invasión de 10 centímetros en el material existente, luego se agregará un bombeo del 2.5 % y una mayor elevación de acuerdo con el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo tráfico del MTC.

Para extender la vida útil de la superficie de la carretera en la presa Poechos, consideramos tratamientos superficiales para mejorar la permeabilidad y brindar un mejor acabado, pero tenga en cuenta que esto no brinda opciones de diseño.

Después de determinar los costes de inversión y mantenimiento, la capa de sellado es más económica que la capa de dos capas porque, en primer lugar, se utiliza una unidad.

El costo del tratamiento superficial de doble capa es mayor que el del tratamiento superficial de lechada, debido a que el costo de construcción del tratamiento de superficie de lechada por metro cuadrado es de S/6.89, sello de lechada por metro cuadrado costo de construcción del doble el tratamiento a dos caras es de S/14.34.

Según (11) sustento su tesis “Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio del corredor vial Av. Velasco Astete –Altura del aeropuerto, calle Los Rosales, calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena aplicando la metodología del HCM 2010 y propuesta de solución en el año 2018, en la Universidad Andina del Cusco” – Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Los objetivos de la investigación fueron:

Determinación de Capacidad Vial y Nivel de Servicio para el Corredor Vial Av. Velasco Astete - Altura Aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena, utilizando metodología HCM 2010 y focalización de condiciones de tránsito existentes para ofrecer soluciones, dado que la zona es muy transitada y presenta elevados retrasos, los objetivos específicos fueron:

- Identificación de las condiciones de tránsito que afectan la capacidad vial en el corredor vial Av. Velasco Astete – elevación aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena utilizando el método HCM 2010.
- Determinación de las condiciones geométricas del corredor vial Av. Velasco Astete – altura del aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena, aplica la metodología HCM 2010 y evalúa la propuesta para aumentar la capacidad y agilizar los procesos de conflicto para reducir demoras.
- Determinación de las Condiciones Semafóricas que Afectan la Capacidad Vial en el Corredor Vial Av. Velasco Astete - Altura Aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena, aplicar la metodología HCM 2010 y determinar las condiciones óptimas para la implementación de nuevas propuestas.
- Determinación de retrasos que afectan el nivel de servicio de los corredores viales Av. Velasco Astete - altura aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena, Aplicación de la Metodología HCM 2010.
- Determinación del volumen y relación de capacidad del corredor vial Av. Velasco Astete - altura del aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, 6 Urb. Agua Buena, aplicando el método HCM 2010 y estimando su nuevo valor con base en las alternativas propuestas.

Producto de su investigación concluye que:

Los principales prerequisites se han cumplido parcialmente con los niveles de servicio en los corredores viales Av. Salvo que el nivel de servicio en el cruce 1 es A. Se cumple la subhipótesis 1, las condiciones del tránsito impactan directamente en el corredor vial Av. Permeabilidad. La capacidad de las carreteras depende de la composición de los vehículos locales, del porcentaje de vehículos pesados, así como de los parámetros de los semáforos y

de la configuración de las curvas. Se cumple hipótesis parcial 2, las condiciones geométricas afectan directamente la capacidad vial del corredor vial Av. Velasco Astete – altura aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Buena agua.

La potencia por llegada se incrementa ampliando el contenido y número de carriles, lo que se puede observar en un gráfico comparativo del retraso en cada caso. Se cumple la subhipótesis 3, las condiciones del semáforo afectan directamente la capacidad vial en el corredor vial Av. Velasco Astete – cota aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, cambiar el tipo de control en las intersecciones 1, 2, 3, 4 y 5 mejoró los retrasos y arrojó valores diferentes. Se cumple parcialmente la Hipótesis 4, los tiempos de demora afectan directamente el nivel de servicio del corredor vial Av. Velasco Astete – altura aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Buena agua.

Según (12) sustento su tesis “Rehabilitación y mejoramiento en vías de bajo volumen de tránsito a nivel tratamiento superficial Slurry Seal Canayre puerto Palmeras-Ayacucho”. En la universidad San Martín de Porras, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil; con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos que se alcanzaron en la investigación se encuentran:

- Se propone 'potenciar la accesibilidad' mediante la reparación y mejora del tratamiento superficial en las vías de baja circulación Canaria-Puerto Palmeiras con objetivos específicos:
- Estudios de suelos para la preparación de vías de bajo tránsito en el tramo Canel-Puerto Palmeiras, para mejorar la accesibilidad.
- Desarrollo del diseño de pavimentos para vías de poco tránsito en el tramo Canel-Puerto Palmeiras y aumento de la capacidad de tránsito.
- Elaboración de obras de arte para vías de poco tránsito en el tramo Canel-Puerto Palmeiras para mejorar la accesibilidad.

Producto de su investigación concluye que:

En el tramo Canel-Puerto Palmeiras se realizaron pruebas de mecánica de suelos y se excavaron nueve hoyos para comprobar el estado del suelo y determinar su idoneidad para la construcción de carreteras. Cantera Unión – Puerto Palmeras, ubicada cerca de la porción del proyecto utilizada para el proyecto aprobado. Se proyectarán obras de arte a lo largo de toda

la vía. Los drenajes serán de acero corrugado, que es más económico, los badenes y drenajes serán de concreto con material de la cantera Canayre – Río Mantaro. Las obras se calculan y diseñan según estándares de investigación hidráulica.

Se han mejorado varias características de la carretera, como el ancho de la carretera, el bombeo, la señalización y los marcadores de kilómetros, se ha aumentado el ancho de la carretera y se han agregado carreteras cuadradas transversales según la Guía de diseño sin pavimentar de poca altura.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Lechadas asfálticas**

La unión asfáltica o lechada asfáltica puede ser una técnica de mantenimiento preventivo o una técnica de mantenimiento correctivo. Este tratamiento no aumenta la resistencia estructural del revestimiento. Todas las áreas localizadas de pavimentos estructuralmente débiles deben repararse antes de la aplicación de la lechada asfáltica (13).

### **2.2.2. Slurry Seal**

La lechada asfáltica Slurry Seal es una mezcla de agregado grado sellador, emulsión asfáltica, arena, agregado, aditivos y agua. Esta mezcla se utiliza como tratamiento superficial. Puede ser una técnica de mantenimiento preventivo o una técnica de mantenimiento correctivo (14).

Cualquier pavimento que sea estructuralmente débil en áreas locales debe repararse antes de usar lechada asfáltica. También se puede utilizar como técnica general de mantenimiento preventivo y reparación de superficies, y se puede utilizar como sellador de superficies para evitar desniveles. El mortero se prueba de diversas formas para que cuando se ponga en servicio tenga la calidad requerida para el vaciado. El espesor de este mortero varía de 0,3 mm a 30 mm de espesor y en ocasiones alcanza un espesor de 2 cm dependiendo de la necesidad para el caso (13).

#### **➤ Clasificación lechada Slurry Seal**

Las lechadas asfálticas líquidas de compactación se clasifican por granulometría, existen tres tipos, y cumplen con las siguientes especificaciones:

**Lechada asfáltica tipo I:** Esto corresponde a una fina capa de sellador que proporciona la máxima penetración en las grietas y buenas propiedades de sellado. También es un

excelente pretratamiento para capas asfálticas en caliente o tratamientos superficiales (sellos baratos). Funciona bien en zonas donde la densidad de tráfico es baja y la compactación es el objetivo principal, como aparcamientos, zonas de aterrizaje de avionetas o bordes de carreteras. Se utiliza en situaciones donde no se dispone de agua superficial y subterránea de calidad y los regímenes de precipitaciones son importantes. Para ello se utiliza el techo de la casa o una superficie impermeable para recolectar y drenar el agua al sistema, cuya capacidad depende de los gastos requeridos y las condiciones pluviométricas (13).

**Lechada asfáltica tipo II:** Esta es la gradación más común de articulaciones. La lechada de tamaño de grano tipo II protege la capa base de la oxidación y el daño por humedad y mejora la fricción de la superficie (15). Se utilizan en carreteras de mucho tráfico. Además, las juntas de tipo II pueden evitar grietas graves, se utilizan en aceras de tránsito moderado (16).

**Lechada asfáltica tipo III:** Es adecuado para grandes volúmenes (82 - 136 kg/m<sup>2</sup>) y altos valores de fricción superficial. La lechada asfáltica tipo III también se utiliza en carreteras de mucho tráfico (15).

**Tabla 1.** *Especificación Granulométrica dependiendo del tipo*

<b>Abertura</b>	<b>% de pase tipo I</b>	<b>% de pase tipo II</b>	<b>% de pase tipo III</b>	<b>Tolerancia de reserva de</b>
-----------------	-------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------------

				<b>materia prima</b>
3/6 (9.5 mm)	100	100	100	+ - 5%
# 4 (4.7 mm )	100	90- 100	70-90	+ - 5%
#8 (2.36 mm)	90-100	65-90	45-70	+ - 5%
#16 (1.18 mm)	65-90	45-70	28-50	+ - 5%
# 30 (600 um)	40-65	30-50	19-34	+ - 5%
# 50 (330 um)	25-42	18-30	12-25	+ - 4%
# 100 (150 um)	15-30	10-21	7-18	+ - 3%
# 200 (75 um)	10-20	5-15	5-15	+ - 2%

*Fuente: (13)*

Las emulsiones bituminosas o asfálticas utilizadas en la suspensión pueden ser emulsiones CSS-1h (CSS-1h) o SS-1 (RL-1) de rotura lenta: Están diseñadas para un tiempo máximo de polimerización, CSS-1 (CRL-1) o SS- 1h (RL- 1h) - emulsión catiónica con sedimentación lenta y rápida, respectivamente, CSS-1h (CSS1h) o CQS-1h (RR QS-1h) - emulsión catiónica con sedimentación lenta, viscosidad de 20 a 100 s CQS-1h y Emulsiones QS-1h, no se requiere prueba de mezcla de cemento (17). La emulsión adecuada para cualquier agregado de lechada asfáltica puede ser verificada mediante una mezcla de diseño (13).

#### ➤ **Ventajas**

- Puede utilizarse eficazmente para el mantenimiento preventivo o correctivo de pavimentos.
- Sella microfisuras y previene la degradación de la superficie.
- Restaurar o proporcionar fricción en la superficie de la carretera, mejorando así la seguridad vial.
- Se puede utilizar como una fina capa rodante sobre una base estable en la construcción de carreteras.
- Su construcción no requiere grandes instalaciones (equipos, adoquines, etc.) y una cuadrilla puede dosificar, mezclar, colocar y terminar la mezcla.

- Se hizo una búsqueda rápida para reabrir las aceras de inmediato. Evitan que los huesos se aflojen.
- Tienen una excelente textura superficial y resistencia a la abrasión.
- Capacidad para corregir pequeñas irregularidades de la superficie.
- Debido a la presencia de pozos y otras estructuras, no es necesaria la regulación.
- Una gran visión barata de las calles de la ciudad, Para uso a temperatura ambiente y a temperaturas elevadas de hasta 5°C.

### 2.2.3. Normalización

El diseño y aplicación están de acuerdo con los lineamientos ISSA A-105 (ISSA - International Slurry Pavement Association) y las normas ASTM D-3910, así como la estandarización de la parte 401 de la norma EG-2013.

El tipo de sello de lodo descrito en este artículo es Tipo II porque es el tipo que describimos en el proyecto de investigación en la Carretera 3N Chile-San Pablo, llamado Kuntur Wasi.

### 2.2.4. Componentes

La lechada asfáltica de sellado se compone de piedra y emulsión: arena, relleno (cemento tipo I), agua y emulsión asfáltica de craqueo lento (CSS).

#### ➤ Agregados.

El relleno de juntas o agregado debe ser limpio, angular, bien graduado y uniforme. Si es posible, se debe utilizar 100% material triturado. Deben observarse las siguientes condiciones:

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas para mortero asfáltico

MATERIAL	ENSAYO	ESPECIFICACIONES	ESPECIFICACION
Arena	Equivalente de Arena	ASTM D2419	AASHTO T176 70% Mínimo
	Durabilidad (Pérdida en Sulfato de Sodio o Magnesio)	ASTM C88	AASHTO T140 12% Máx. con Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y 25% Máx con MaSO <sub>4</sub>
	Adhesividad (Riedel Weber)		6 Mínimo
	Indice de Plasticidad		NP

	Disolventes %		
	Tamizado retenido N° 200		Máx. 0.1%
	Mezcla con cemento %		Máx. 2%
	Carga Particula		Positiva
	Penetración (25°C, 100gr, 5 seg)	ASTM 2397 AASHTO T49	40 – 90 *
	Ductilidad (25°C, 5 cm/m) cm 40		Min 40
	Tricloroetileno %		Min 97.5
Agua	pH	ASTM D-1293	entre 5.5 y 8
	contenido de sulfatos SO4	ASTM D-516	1 gr/l máximo
Slurry Seal	Consistencia	ISSA TB106 – MTC E 416	
	Abrasión en Pista Húmeda	ISSA TB100 – MTC E 416	Máx. 800 g/m2
	Absorción de arena	ISSA TB109 –	Máx. 600 gr/m2
	Prueba de Lavado		
	Espesor de mortero colocado		
	Tasa de Aplicación		Máx +- 15% variación
	Profundidad de Textura		MTC E 1005

Fuente: (13)

### 2.2.5. Características del material.

La clasificación del agregado se determinará de acuerdo con las especificaciones ASTM C136 y ASTM C117, con muestreo en el fondo del pozo (pendiente de aprobación) y en el campamento (a la llegada) de acuerdo con las normas ASTM D75. Si el promedio de

las 5 pruebas está dentro de la tolerancia el material será aceptado, en caso contrario el material será desechado o mezclado con otros agregados hasta lograr el tamaño de partícula deseado. Si se detecta algún cambio en las características inherentes del dispositivo, se verificará si están dentro de las especificaciones. Estas diferencias pueden deberse a diferencias naturales en las fuentes agregadas. Por otro lado, estos parámetros, si bien afectan el rendimiento de sellado, no son motivo para rechazar áridos, salvo en circunstancias especiales, como proyectos de mayores especificaciones. Los parámetros de producción deberían controlarse con mayor frecuencia y mantenerse lo más constantes posible; si se detectan cambios significativos, puede ser necesario cambiar el diseño o rechazar modelos de construcción y nuevos de producción (14).

#### ➤ **Filler o polvo mineral**

Se utilizará cemento Portland, cal hidratada, cenizas volantes o cualquier otro agregado que cumpla con los requisitos de ASTM D242 si el diseño de la mezcla así lo requiere. Debido al tamaño de la masilla, es un material muy sensible a la humedad (especialmente el cemento o la cal hidráulica, porque reaccionan muy rápidamente con el agua), por lo que la masilla debe almacenarse en un almacén limpio para evitar su entrada sin contacto con agua y humedad. Se empleará Cemento Portland, cal hidratada, cenizas volátiles, o cualquier otro filler que cumpla los requerimientos de la norma ASTM D242, si así lo requiere el diseño de mezcla.

### **2.2.6. Emulsión asfáltica**

Las emulsiones bituminosas o asfálticas, consisten en una dispersión de finas gotas de asfalto estabilizadas en la fase acuosa por la presencia de emulsionantes, lo que da como resultado un producto relativamente líquido. Se pueden utilizar sin añadir calor ni disolventes, y se pueden bombear, almacenar y aplicar a temperaturas mucho más bajas que otros tipos de asfalto. Básicamente la emulsión se compone de asfalto, agua, emulsionantes y en algunos casos, según las necesidades, algún tipo de aditivo (13).

#### **A. Clasificación de las emulsiones asfálticas**

##### **a) Por su rompimiento**

##### **a. Emulsiones de rotura rápida**

Las calidades de rotura rápida están diseñadas para reaccionar rápidamente con el agregado y regresar de un estado de emulsión a un estado de asfalto. Se utilizan principalmente en riego (aplicaciones por aspersión) y también se utilizan para preparación de superficies, compactación de arena y saliendo a la superficie. Los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 (quick break) tienen una alta viscosidad para evitar el goteo. En otras versiones, estas emulsiones modificadas con polímeros se usan a menudo en áreas donde se requiere una unión rápida, como áreas de mucho tráfico donde el control del tráfico es mínimo o donde las cargas son altas (18).

**b. Emulsiones de rotura media**

Las emulsiones de rotura media está diseñado para mezclar con agregados clasificados. Dado que esta categoría de emulsiones está diseñada para no desintegrarse inmediatamente al contacto con el agregado, se puede usar para recubrir una variedad de agregados clasificados (18). Las mezclas con demulsionantes moderados pueden seguir siendo efectivas durante minutos o meses, dependiendo de la formulación. Las condiciones se hacen en una licuadora y en un dispositivo móvil o sobre la marcha. En los últimos años, se han utilizado en aplicaciones de procesamiento en frío (19).

**c. Emulsiones de rotura lenta (SS)**

Están diseñados para maximizar el tiempo de mezcla con el relleno. Su largo tiempo de procesamiento asegura una buena cobertura de propiedades densas, con unidad con alto contenido de polvo fino, además de pavimentar carreteras, su uso también incluye otras aplicaciones industriales. Debido a esto, la viscosidad de la emulsión es baja y puede reducirse aún más añadiendo agua. Su largo tiempo de procesamiento garantiza una buena pintabilidad y se aplica en una masa densa de masilla con un alto contenido de partículas finas, asimismo el asfalto de carreteras, su campo de aplicación también abarca otras aplicaciones industriales, con propósitos de la aplicación: La viscosidad de la emulsión es baja y puede reducirse aún más. agregue agua, si es necesario aumentar la velocidad de frenado, se puede utilizar en el proceso de fabricación una pequeña cantidad de cemento de silicato o cal hidratada para la mezcla (20).

Están diseñados para maximizar el tiempo de mezcla con el relleno. Su largo tiempo de procesamiento asegura una buena cobertura de propiedades densas, como unidad con alto contenido de polvo fino.

Otra forma de pavimentación es el cultivo de tierra plantada y fertilizada, el asfalto forma una fina película que mantiene las semillas en su lugar absorbiendo y reteniendo el calor del sol necesario para la germinación. Para usar lechada, loción de liberación lenta (SS). Es un descanso lento (CSS). La Emulsión reactiva baja a media para mezclar con agregados poco finos (mezcla en frío en planta o in situ, lechada asfáltica, lechada, tratamiento de grietas, etc.) una aplicación diferente a la pavimentación ha sido en el tratamiento de suelos que han sido sembrados y fertilizados (13).

El asfalto forma una película que mantiene las semillas en su lugar, absorbiendo y reteniendo el calor del sol necesario para la germinación. Se utilizará una emulsión de fraguado lento (SS) para sellar la lechada, es un descanso lento (CSS), la emulsión reactiva baja a media para mezclar con agregados poco finos (mezcla en frío en planta o in situ, lechada asfáltica, lechada, tratamiento de grietas, etc.) (21).

#### ➤ **Por su carga eléctrica**

Según su carga eléctrica de la emulsión se clasifican en:

##### **a. Aniónicas**

Las emulsiones aniónicas tienen carga negativa y, por tanto, tienen carga negativa. Afinidad por las rocas electropositivas como la piedra caliza y el basalto (22).

##### **b. Catiónicas**

La emulsión catiónica tiene una carga positiva y tiene buena afinidad por los cálculos cargados negativamente, como sustancias similares al silicio (cuarzo) (23).

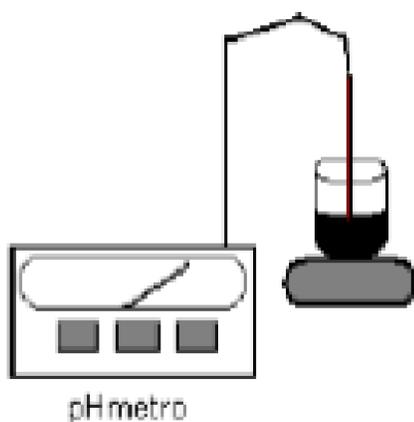
### **3. Pruebas de calidad a las emulsiones asfálticas**

Consisten en una serie de pruebas a una emulsión para determinar si cumple con las especificaciones requeridas para una aplicación en particular. Estas pruebas se utilizan para el control de calidad en la fabricación y las aplicaciones (24).

### c. **Determinación del Ph**

Esta prueba le permite probar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa de surfactante usando un potenciómetro (ver Figura 2). El valor de pH de una emulsión es difícil de determinar porque se adhiere a las paredes de los electrodos del medidor y no se pueden obtener resultados precisos. Sin embargo, dado que el valor de pH de las emulsiones oscila entre 0,5 y 0,8, en comparación con los valores de pH de las soluciones acuosas, se puede obtener una aproximación (20).

**Figura 2.** *Determinación del pH de una emulsión asfáltica*



*Fuente: (20)*

### d. **Destilación (A.S.T.M D244)**

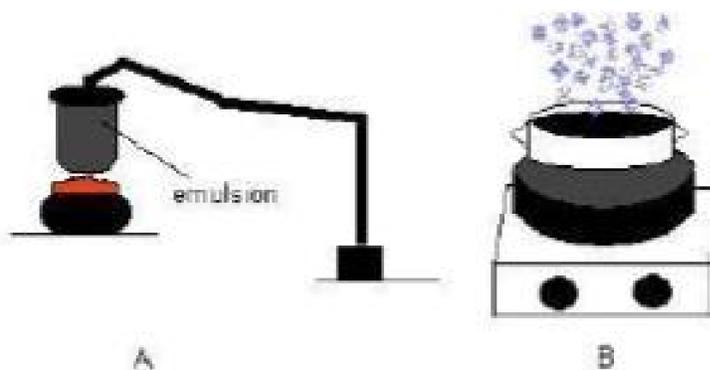
Esta prueba se puede utilizar para determinar la proporción de agua al asfalto residual (y disolvente en el caso de asfalto reductor) en la emulsión. El residuo del asfalto se utiliza luego para realizar pruebas de permeabilidad, elasticidad y solubilidad, este método utiliza el sistema que se muestra en la figura N° 3, para la destilación (25).

### e. **Residuo por evaporación (A.S.T.M 244-Modificado)**

El propósito de esta prueba es determinar la cantidad de emulsión bituminosa que queda por evaporación rápida. Es muy útil determinar el contenido de asfalto en el menor tiempo posible, especialmente cuando se analizan residuos de asfalto en plantas de producción en funcionamiento. La prueba consiste en determinar el contenido de asfalto de una muestra de emulsión pesando las diferencias que se evaporan calentando directamente

un recipiente de tamaño estándar (diámetro 20 cm, altura 5 cm). El residuo obtenido en esta prueba tiende a ser inferior al de la destilación. Los valores de penetración y elasticidad obtenidos en el residuo son menores, por lo que no se puede utilizar este equilibrio para este tipo de ensayos (26).

**Figura 3.** Equipos para (A) Destilación, (B) Determinación de residuo por evaporación de una emulsión asfáltica

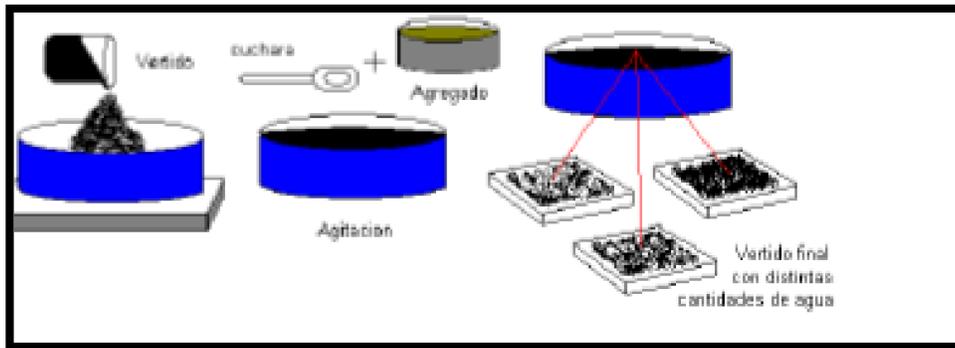


Fuente: (20)

**f. Adhesividad (A.S.T.M. D 244 50/50)**

El objetivo de esta prueba es determinar con qué facilidad una emulsión puede cubrir completamente un determinado material (masilla), dejando una fina película sobre la masilla que resiste los efectos del agua de mezcla y lavado, la mezcla está completa. Esta prueba es adecuada para emulsiones que se rompen de moderada a lenta y también se puede utilizar para determinar la estabilidad química de una emulsión evaluando su capacidad para cubrir uniformemente el relleno o desecante de interés que desea probar en un ambiente seco. ciertos trabajos (20).

**Figura 4.** Prueba de adhesividad en una emulsión asfáltica en sus distintas fases



Fuente: (20)

### g. Penetración

La prueba se realizó sobre el asfalto residual después de la demulsificación y eliminación de la fase acuosa. El proceso es similar al que se realiza sobre el asfalto sólo que antes de la emulsificación. Existen otros ensayos para emulsiones asfálticas y residuos asfálticos (27):

- ✓ Demulsibilidad (A.S.T.M D 244 25/28)
- ✓ Miscibilidad con cemento Portland (A.S.T.M D 244 33/37)
- ✓ Miscibilidad con agua (A.S.T.M. D 244)
- ✓ Ductilidad del asfalto residual

**Figura 5.** Herramientas y equipo de laboratorio para procesar materiales



Fuente: Elaboración propia, 2022

#### **h. Uso de emulsiones asfálticas**

Las emulsiones bituminosas tienen una gran utilidad en la industria de materiales de construcción. Se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones dependiendo de si contienen polímeros (20):

✓ **Sin agregados**

- Riegos
- Tratamientos y sellado

✓ **Con agregados**

- Tratamientos superficiales.
- Tratamientos anti fisuras.
- Lechadas o Slurry.
- Reciclados.
- Mezclas en frío.
- La emulsión utilizada en el proyecto será una emulsión catiónica de rotura lenta del tipo CSS1H.

✓ **Agua**

El agua debe ser blanda, potable y libre de materia orgánica. La calidad debe ser tal que no interfiera con el proceso normal de producción, trituración y endurecimiento del sellador. Tiene un pH de cinco y medio a ocho (5.5-8.0) medido por ASTM D-1293 y un contenido de sulfato (expresado como  $SO_4$  y medido por la norma de prueba ASTM D-516) de no más de un gramo por litro ( 1 g/l) (28).

#### **i. Aditivos**

Cuando las características del proyecto requieran un control específico de los tiempos de descanso y apertura al tráfico, se utilizarán aditivos y sus propiedades se definirán en el pliego de condiciones específico de construcción (7).

A la mezcla de mortero se pueden añadir cantidades relativamente pequeñas de aditivos líquidos o en polvo. Tales aditivos pueden usarse para mejorar las propiedades de mezcla, propiedades de desintegración u otras propiedades que se vuelven evidentes después del curado. Estos materiales incluyen cemento portland, cal y sulfatos, así como algunos productos químicos orgánicos. El desempeño de cualquier aditivo debe quedar evidente en

la combinación de diseño. El agua utilizada en la lechada de sellador debe ser potable y compatible con la mezcla (13).

#### **j. Mezcla de diseño**

Un paso importante a la hora de elegir materiales adecuados y mezclas compatibles es diseñar la mezcla en el laboratorio antes de su aplicación (29).

El Boletín “Técnico de Diseño de la Asociación Internacional de Pavimentos de Lodo” proporciona más información sobre el diseño de mezclas. La combinación correcta de materiales debe producir una lechada con una textura cremosa y uniforme que fluya suavemente sobre la regla como una ola. Las manos no deben tener drenaje (13).

#### **4. Especificaciones para el diseño de mezcla**

**Tabla 3.** *Especificaciones para Diseño de Mezcla*

<b>Ensayos</b>	<b>Slurry Seal</b>
Tiempo de mezcla	>182
Tiempo de rotura	12 horas max
Tiempo de trafico	24 horas max
WTAT g/m <sup>2</sup>	807 max
1 hora de inmersión	Ninguno
LWT g/m <sup>2</sup> –adhesión	538 max
Desplazamiento lateral	Ninguno

*Fuente:* (14)

#### **k. Dosificación y proyecto**

Esto incluye determinar la receta de trabajo, determinar las proporciones apropiadas de rellenos, aglutinantes y aditivos opcionales. La fórmula debe garantizar que responde bien a las exigencias del tráfico, de la carga, de los factores atmosféricos y se mantiene en el tiempo. El diseño se realizó utilizando el equipo ofrecido por la International Slurry Surface Association (I.S.S.A.). Para el mortero de sellado en suspensión, también es necesario especificar la cantidad de agua, lo que facilitará la aplicación y dará la consistencia adecuada

para una buena trabajabilidad con la prueba de conformidad del cono de Kansas, es posible.

Receta para el Mortero de Compactación de Lechada.

➤ **Equipo y personal**

- 01 camión Slurry Seal (Macropaver)
- 01 cisterna de Agua 5000 gal.
- 01 compresora de aire de 250 PCM, con manguera 30 m y tubo  $\Phi\frac{1}{2}$
- 01 tanque Estacionario 9000 gal. Para emulsión
- 01 tanque Estacionario Cisterna 3000 a 4000 gal. Para agua
- 01 retroexcavadora
- 01 zaranda metálica  $\Phi\frac{1}{2}$ " / DIM: 3m x 4m
- 02 motobombas de  $\Phi 4$ " con mangueras
- 01 camión Volquete 3 t
- 01 camioneta Couster o Combi
- 02 camioneta 4x4

➤ **Camión Slurry Seal**

La máquina utilizada para mezclar y aplicar es una máquina mezcladora de flujo continuo autónoma, suministra cantidades medidas con precisión de áridos, áridos minerales, aditivos, agua y emulsión asfáltica a la cámara de mezcla. La máquina de purín tiene una unidad de mezcla continua con elementos mezcladores simples o dobles. La lechada de asfalto se envía desde el mezclador a la caja de distribución. La caja de distribución está equipada con un raspador de goma flexible con ancho ajustable. La caja de distribución puede equiparse con un sinfín de expansión hidráulica o variable para distribuir el material uniformemente en todo el ancho. Las cajas de agujeros son particularmente útiles cuando se utiliza QS o cuando la superficie de la carretera es superior al 8% (30).

Cada conector debe calibrarse utilizando los mismos materiales del proyecto, al calibrar, es necesario observar las proporciones de materiales que corresponden al diseño de la mezcla. (31)

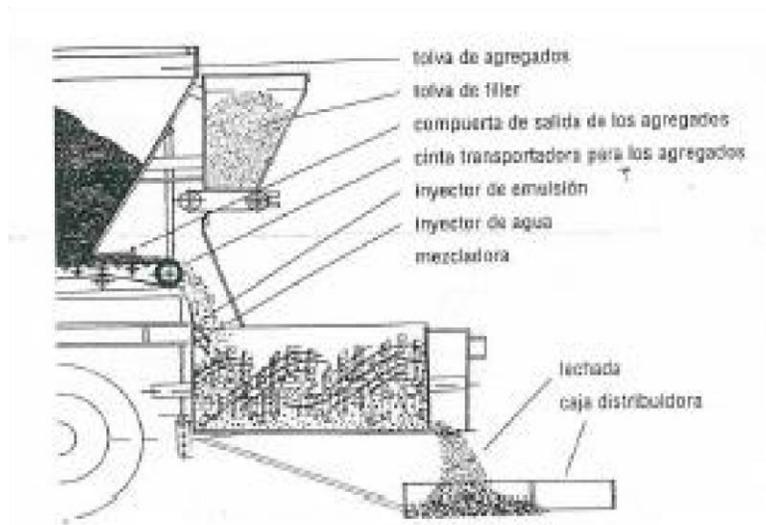
Se aceptan informes de calibración anteriores utilizando los mismos materiales si se realizaron dentro del año calendario actual. La aplicación del ensayo debe servir como prueba final de consistencia y trabajabilidad del mortero (13).

**Figura 6.** Unidad de mezcla de Slurry Seal



*Fuente.* (13)

**Figura 7.** Diagrama de una típica Mezcladora para lechadas asfálticas



*Fuente:* (13)

El equipo debe incluir elementos para selección de áridos pétreos; mezcladores móviles para preparación y aplicación de mortero. Elementos para limpieza de la superficie, elementos para humedecer la superficie y elementos para realizar juntas durante la extensión. Pequeña herramienta para corrección local. Se incluye con el Sistema de camión macropavimentadora (32).

El mezclador móvil será continuo, equipado con los recipientes, tanques y dispositivos necesarios para la medición de áridos, áridos, agua, emulsiones y aditivos necesarios para la lechada simultánea; contará además con una capa mezcladora y esparcidora dotada de dispositivos para evitar pérdidas laterales, y una placa principal de caucho regulable que garantiza la correcta distribución, extensión y buen acabado del mortero. Está incluido en el sistema de camión Macropaver (7).

#### **Pavimentadoras montadas sobre camión SLURRY SEAL**

La serie M2 presenta un diseño probado, controles convenientemente ubicados y una excelente visibilidad para el operador. La unidad está propulsada por un motor diésel Cummins de 99 hp ubicado en la cabina delantera cerrada, lo que reduce el ruido y la vibración para el conductor y la tripulación. Se puede añadir un eje adicional en la parte trasera del tándem rodante para cumplir con los límites legales de carga y peso (14).

**Tabla 4.** Especificaciones por tipo de camión Slurry Seal

	<b>M206</b>	<b>M208</b>	<b>M210</b>	<b>M212</b>
<b>Agregado</b>	2 yd (4.5 m <sup>3</sup> )	8yd (6.2 m <sup>3</sup> )	10.5 yd (8.0 m <sup>3</sup> )	9 yd (4.5 m <sup>3</sup> )
<b>Emulsión</b>	267 galones (1011 litros )	435 galones (1647 litros )	600 galones (2271 litros )	691 galones (1011 litros )
<b>Agua</b>	267 galones (1011 litros )	450 galones (1700 litros )	600 galones (2250 litros )	700 galones (2650 litros )
<b>Aditivo</b>	65 galones (246 litros )	65 galones (246 litros )	65 galones (246 litros )	65 galones

Fuente: (33)

### **Otras características técnicas**

- La proporción de adición de la emulsión de agua se ajusta a medida que se bombea al mezclador donde se mezcla con el agregado para lograr un diseño de mezcla más preciso.
- Mezclador hidráulico de doble eje y velocidad variable.
- Garantiza un buen flujo de material y una mezcla uniforme.
- Para evitar deslizamientos, el árido se alimenta a la mezcladora a través de un alimentador de cadena.
- Los muros con pendiente pronunciada reducen los problemas de huecos en el agregado.
- El tanque de aditivos de acero inoxidable y el tanque de fluido extraíble facilitan la limpieza.

### **Equipamiento adicional**

- Cebado de la bomba antes de la loción
- Tanques de agua de acero inoxidable y tanques de emulsificación de asfalto
- Sistema de aditivos resistentes a la corrosión
- Puertas en mezcladores/trituradores de acero.
- Barras auxiliares asimétricas en la caja esparcidora
- Sistema de lona de cubo recogido
- Sistema de control electrónico
- Juego de repuestos
- Sistema de colección

### **5. Equipo opcional**

- Bomba frontal de carga de emulsión
- Tanques de agua y emulsión asfáltica en acero inoxidable
- Sistema de aditivo resistente a corrosión
- Compuerta en mezclador/Vertedor de acero
- Barra secundaria asimétrica en caja esparcidora

- Sistema de lona en tolva de agregados
- Sistema electrónico de control de funcionamiento
- Juegos de partes de repuesto

### Sistema de agregados

- **Tolva:** Fabricado en chapa de acero de 10 pulgadas. Las paredes laterales tienen un ángulo de 55° y están revestidas de polietileno, lo que permite que el material óseo fluya libremente sin necesidad de vibradores.
- **Banda alimentadora de agregados:** La correa está diseñada con una cadena estructural para una mejor capacidad de alimentación y resistencia al desgaste. La correa se acopla al embrague neumático y se cambia a través de un eje de control compartido con la bomba de loción. Ancho de la cinta 61 cm (24 pulgadas). La estructura modular se puede retirar del tanque.
- **Calibración del agregado:** Apertura de compuerta intercambiable en la parte trasera del tanque. Polea impulsora del sensor de proximidad del tacómetro digital, indicador digital de kg/min (lbs/min) en el panel de control. Contadores de aire para calibrar y controlar cantidades de material.
- **Bastidor del transportador:** Construcción modular, que son desmontable para mantenimiento.
- **Compuerta de agregado:** Apertura de puerta variable. Un alimentador de agregados impulsado por un eje de transmisión combinado con una bomba de emulsión garantiza una proporción uniforme de emulsión y agregado. La puerta de reciclaje tiene un sensor que detiene toda la producción cuando el contenedor está vacío.

**Tabla 5.** Tipos de Tolva – Camión Slurry Seal

Modelo	M206	M208	M210	M212	M216
Tolva	4.6 m <sup>3</sup>	6.1 m <sup>3</sup>	8.0 m <sup>3</sup>	5.2 m <sup>3</sup>	12.2 m <sup>3</sup>

Fuente: (33)

### Sistema de emulsión

- **Tanque:** Fabricado en acero calibre 10 con deflector interno. Doble soldadura. El contenedor es extraíble y tiene una tapa de trampilla extraíble y un filtro de línea de alimentación fácil de limpiar. Fabricado en acero inoxidable.
- **Bomba:** Bomba de engranajes de desplazamiento positivo con dos camisas térmicas modificada para trabajar con emulsiones especiales con accionamiento con eje de transmisión de velocidad variable compartido con transportador de áridos. La bomba se conecta al acoplamiento neumático (antideslizante). La bomba descarga el líquido directamente en el mezclador.
- **Válvula:** El tubo de succión de la bomba es de tipo mariposa y se controla neumáticamente de encendido/apagado según el interruptor del mezclador.
- **Medida:** Un eje de transmisión dividido impulsa la bomba de emulsión y el alimentador de relleno para garantizar una proporción constante de emulsión y relleno.

**Tabla 6.** Capacidad de Bomba para emulsión

<b>Modelo</b>	<b>M206</b>	<b>M208</b>	<b>M210</b>	<b>M212</b>	<b>M216</b>
Tanque de emulsión	1.01 L (267 gal)	1.64 L	2.27 L	2.61 L	2.83 L

*Fuente:* (33)

### **Sistema de aditivo líquido**

- Tanque de agua: Capacidad 246 litros (65 galones), Desmontable, fabricado en acero inoxidable con doble soldadura.
- Bombas: Dos bombas de engranajes de cilindrada, de accionamiento hidráulico, acoplado mecánicamente para proporcionar una mezcla de agua y aditivo de 10:1.
- Bomba auxiliar: Tipo peristáltica de desplazamiento positivo con conexiones de acero inoxidable para aditivos corrosivos.
- Control y seguimiento: El control de caudal del motor hidráulico determina la cantidad de aditivo y agua suministrada al mezclador. El monitor de flujo de la consola del operador permite ajustes precisos.

### **Sistema de agua**

- Tanque: Removible, fabricado en chapa de acero calibre 10 con escudo interno y tapa de escotilla removible. Revestimiento interno resistente a la corrosión con doble soldadura en acero inoxidable opcional. M216 solamente.
- El tanque de combustible de plástico está montado en la parte delantera del remolque para una buena distribución del peso.
- Bomba de alimentación de agua del mezclador, desplazamiento positivo de desplazamiento hidráulico.
- Control y seguimiento del agua de mezcla: El control de velocidad del motor hidráulico determina la cantidad de agua suministrada al mezclador, un medidor de flujo en la consola del operador permite un ajuste preciso.
- Bombas de Manguera y Jeringa: Bombas centrífugas independientes de accionamiento hidráulico con válvula de seguridad incorporada.
- Barras antiniebla de carretera y neumáticos: Las barras antiniebla de carretera están detrás del eje motriz. Las barras antiniebla de neumáticos están delante del eje delantero.
- Proporcione cobertura de extensión completa con control de encendido/apagado en la consola del operador. Revise las válvulas para evitar goteos de la boquilla, sistema de llenado del depósito con el sistema de llenado Flowless, mando a distancia del capó y enganche rápido en el orificio de llenado del lado del pasajero del camión.

**Tabla 7.** Capacidad y especificaciones de tanque

<b>Modelo</b>	<b>M206</b>	<b>M208</b>	<b>M210</b>	<b>M212</b>	<b>M216</b>
	1.01 L	1.64 L	2.27 L	2.61 L	3.785 L
	(267 gal)	(435 gal)	(600 gal)	(691 gal)	(1000 gal)
Tanque de agua	Placa de acero calibre 10 soldadura doble	Plástico			
Puerta de Llenado	Escotilla de apertura remota	Escotilla de apertura remota			

Fuente: (33)

### 2.2.7. Sistema de mezclado

- **Mezclador:** Ejes dobles de múltiples cuchillas con almohadillas reemplazables. Impulsado por dos motores hidráulicos. Funcionamiento reversible, con indicador digital de cambios de velocidad. Paleta de ángulo fijo, donde el avaro es extraíble y el ángulo se puede ajustar. Máquina de colada de poliuretano: con control neumático
- **Motor Central Motor:** Motor diésel turboalimentado electrónico Cummins QSB3.3 de 3,3 L; 99 BHP (75 kW, 2200 rpm) alojados en un gabinete cerrado y aislado para reducir el ruido del conductor y del operador. Manómetro en el armario de control que muestra la presión del aceite y la temperatura del agua cuando el motor está parado, tacómetro e indicador de presión del sistema hidráulico con un motor está certificado para funcionar con diésel.

### 2.2.8. Sistema hidráulico

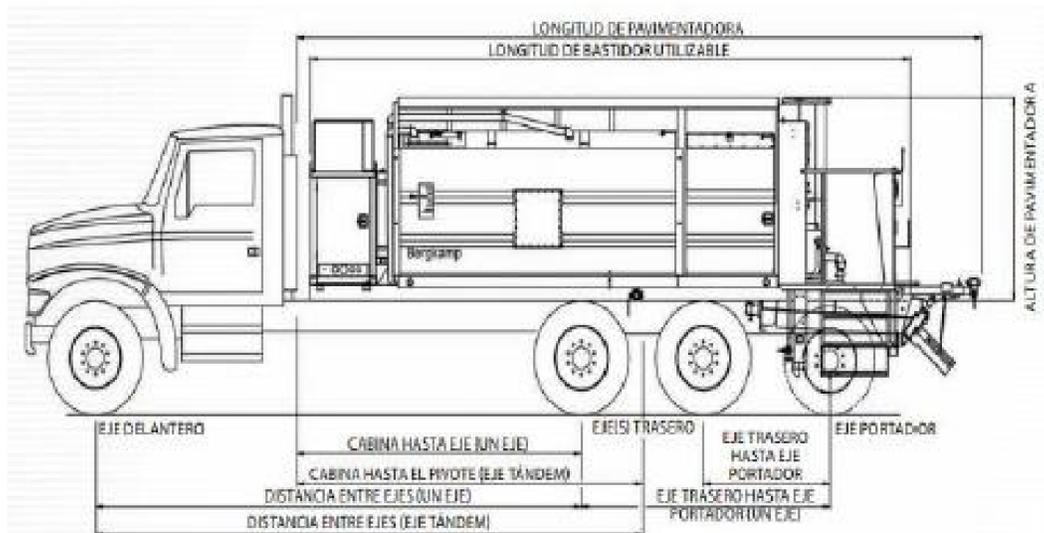
- Bombas: Dos bombas de desplazamiento positivo, bomba de pistón con compensador de presión, caudal variable y sensor de carga 1850 PSI (128 bar) y bomba de engranajes 3000 PSI (207 bar).
- Tanque de repuesto: Capacidad 246 litros (65 galones) con rejilla interna y filtro de 10 micras. Se utilizan bombas eléctricas para transferir el aceite de los tambores a los tanques para garantizar la limpieza, y sólo se transfiere aceite limpio y filtrado al sistema hidráulico.
- Enfriador de aceite: Instalado frente al radiador. Sistema de filtración: Elemento con elemento filtrante reemplazable de 10 micras.
- Sistema: Incluye una alarma que indica cuando se acumulan demasiadas partículas

### 2.2.9. Plataforma de operación y control

- **Ubicación:** localizada en la parte trasera y a todo lo ancho de la unidad.
- **Controles posteriores del operador:** La consola de operación y control, incluye el interruptor de arranque/paro para control de operación secuencial de mezclado con palanca de mando, controles hidráulicos manuales para elevación y posicionamiento de caja esparcidora, desplazamiento lateral, control de velocidad, arranque/paro y adelante/reversa sin fin, control direccional derecha/izquierda de vertedor del mezclador, controles y medidores de flujo para agua y aditivo (34).

- **Gabinete de controles con seguro en puertas:** Incluye interruptores y selectores de tablero de control de lógica neumática, filtro y regulador neumático, control de velocidad y flujo para eje de mando, mezclador y sistema de cemento, contadores para agregado, emulsión y finos, manómetro de presión del eje de mando, arranque/paro de motor central, acelerador, manómetro de presión de aire, voltímetro y contador de horas (14).
- **Consola localizada abajo del gabinete de control:** Incluye válvulas hidráulicas manuales apertura/cierre para mezclador, motor del eje de mando y control de la barra de rociador de agua
- **Accesorios de la Caja Esparcidora**
- **Barra de elevación:** A todo ancho para la seguridad, con extensión para cajas esparcidora expandibles. Accionado por dos cilindros hidráulicos capaces de levantar todas las cajas esparcidoras con extensión trasera proporcionada para la operación de cajas recuperadora de ahuellamientos (Rut Box), Control remoto de desplazamiento lateral en la barra de elevación de caja esparcidora (ambos lados) para la operación del operador.
- **Conexiones hidráulicas rápidas:** Proporciona potencia a sinfines de caja esparcidora. Incluye válvula para permitir que el personal de tierra pueda desactivar el circuito hidráulico de los sin fines.
- **Desplazamiento lateral:** desplazamiento lateral positivo, 51 cm (20 pulg) de movimiento lateral.
- **Sistema Eléctrico**
- **Sistema eléctrico:** 12 VDC, 60 Amp, tierra negativa
  - **Transmisión:** Se recomienda una transmisión manual dual de rango bajo. La relación de transmisión final de la marcha inferior (relación de la marcha inferior multiplicada por la marcha trasera) es 120 o mayor

**Figura 8.** *Diagrama camión Slurry Seal y sus partes*



Fuente:(33)

**Tabla 8.** Especificaciones de acuerdo a tipo de camión Slurry

Modelo	M206	M208	M210	M212	M216
Longitud	5.79 m	6.95 m	7.53 m	7.99 m	9.60 m
Ancho	2.44 m	2.44 m	2.44 m	2.44 m	2.44 m
Altura	1.93 m	1.93 m	1.93 m	1.93 m	1.93 m
Peso en vacío	6.124 kg	6.350 kg	6.55 77 kg	6.804 kg	7.031 kg

Fuente: (33)

- Caja Esparcidora de Expansión Variable en Movimiento (VSB)
- Aplicación: Micro pavimentos y morteros asfálticos de curado rápido
- Expansión:
  - VSB813: 2,4 a 4,0 m (8 a 13 ft)
  - VSB914: 2,7 a 4,3 m (9 a 14 ft)
  - VSB1015: 3,0 a 4,6 m (10 a 15 ft)

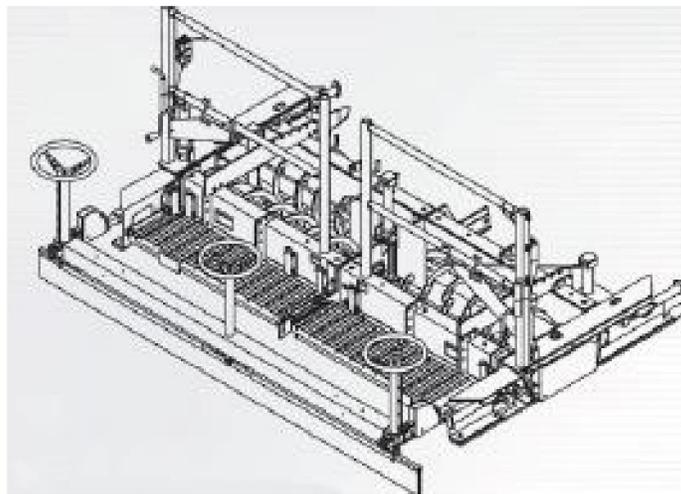
Cajas con expansiones hasta de 4,9 m (16 ft) están disponibles bajo orden especial.

- **Características Claves.**

- De expansión ajustable en movimiento mientras pavimenta

- Sin fines de cordón impulsado hidráulicamente expansible y con ángulo de paso de 30 cm (12 in)
- La expansión es hidráulicamente ajustada por válvulas localizadas en la estructura de la caja
- La barra primaria para control de espesores y barra secundaria de acabados, se deslizan dentro de una guía mientras la caja se expande o contrae durante pavimentaciones
- Deslizadores (patines) internos proveen juntas longitudinales perfectas

**Figura 9.** Diagrama de expansión y deslizadores de barra primaria



Fuente: (33)

Un total de cuatro sinfines, de 230 mm de diámetro, se expanden y contraen en respuesta a los cambios en la expansión del casco. El sistema de accionamiento consta de cuatro motores hidráulicos, uno para cada sinfín (cuatro motores en total). Cada lado está controlado por un circuito hidráulico y está conectado a la extendidora mediante un acoplamiento rápido. El sistema de corredera consta de: dos (2) correderas exteriores, una (1) corredera central y dos (2) correderas interiores ajustables para aplicar conexiones de correderas longitudinales (superpuestas). Todos los patines tienen manivelas ajustables a las que se puede acceder desde un canal extraíble o desde la parte posterior de la caja. Todos los patines tienen placas deslizantes resistentes al desgaste (33).

- **Barra primaria de espesor:** La correa de poliuretano, de 10 mm x 170 mm (3/8 x pulgadas), se extiende a todo el ancho de la caja y mantiene la correa en su lugar mientras se

adapta a la expansión. Con tres (3) posiciones para ajuste de espesor; perillas de ajuste en el centro y en ambos extremos permiten variar el flujo en la aplicación (33).

- **Barra secundaria de acabado:** Una correa de poliuretano, de 10 mm x 130 mm (3/8 x 5 pulgadas), se extiende a todo el ancho de la caja y asegura continuamente la correa mientras se ajusta a la expansión. "Construcción de aluminio" con "varillas de presión" en tres (3) posiciones; hacia el centro y en cada extremo el ajuste del ángulo se realiza mediante posiciones de bloqueo. Se expande y contrae a medida que la caja esparcidora se expande y contrae. (33).
- **Camión Slurry Seal (Macropaver):** Es el camión donde se introdujeron los materiales para ser mezclados dentro de éste y se utilizó para que la mezcla sea esparcida en la carretera.
- **Compresora de Aire:** Se usó para sopletear la vía, para quitarle el exceso de polvo o tierra que pudiera existir en ella.
- **Tanque estacionario 9000 gal:** Se utilizó para almacenar la emulsión en el campamento del proyecto.
- **Tanque estacionario cisterna 3000 a 4000 gal:** Se utilizó para almacenar el agua en el campamento del proyecto.
- **Retroexcavadora:** Sirvió como ayuda para zarandear el material apilado en el campamento.
- **Zaranda metálica:** Se usó la zaranda para escoger el material que pasa por ella para la mezcla del material a utilizar para el mantenimiento de la vía.
- **Motobomba de  $\Phi 4$ " con mangueras:** Se utilizó como ayuda para bombear al agua al interior del camión Bituper para mezclarse con los demás materiales del diseño de mezcla del mortero asfáltico.
- **Cisterna de agua:** Sirvió para regar la vía después del sopleteo y antes de la lechada del mortero asfáltico Slurry Seal.
- **Camión Volquete:** Se utilizó para transportar material de la ciudad ó cantera hacia el campamento del proyecto.
- **Camioneta Couster o combi:** Sirvió para transportar al personal de campo y técnico de la ciudad a la obra y viceversa.

#### **Proceso constructivo y ejecución**

Como primer paso, es importante revisar el camión que se encuentre en buenas condiciones, igualmente la inspección y dosificación de los materiales a ser introducidos en el camión de Slurry Seal.

a. **Superficie existente:** La superficie debe estar libre de materiales sueltos, aceite, vegetación y otras materias extrañas, cualquier método de limpieza estándar es aceptable, en este caso se utilizó un compresor.

b. **Riego de agua** Rocíe una capa muy fina de agua frente a la caja del distribuidor para humedecer ligeramente la superficie. Esto se hace usando un frasco para ayudar a que el mortero se adhiera. La superficie fue ligeramente humedecida con una muy fina aspersión de agua por delante de la caja distribuidora. Se llevó a cabo mediante una cisterna para ayudar a la adherencia del mortero.

Si se emplea agua, las fisuras deberían estar secas antes de la aplicación de la lechada asfáltica, debiera evitarse una excesiva aspersión que origina charcos delante de la caja distribuidora.

c. **Aplicación de Slurry Seal:** Durante la construcción de la lechada asfáltica, no debe haber grumos ni materiales pegajosos sin mezclar en la caja del distribuidor. Cada parte de la caja dispensadora debe tener suficiente material para lograr una cobertura completa. Tuvimos mucho cuidado para evitar una acumulación excesiva de lechada asfáltica en las juntas longitudinales y transversales. Para juntas longitudinales, la superposición máxima permitida es de 150 milímetros (6 pulgadas). Los eslabones transversales deben ser lo suficientemente flexibles para garantizar un movimiento cómodo del vehículo.

d. **Apertura al tráfico:** La posibilidad de abrir el tráfico normalmente depende del clima y la temperatura ambiente. Si la temperatura es superior a 10°C, normalmente se abrirá el tráfico dentro de las dos primeras horas después de la inyección. Al mismo tiempo se abre el mortero recién vertido. estará protegido a través del cono.

e. **Que tenemos que tener en cuenta al proyectar y ejecutar el mortero asfáltico Slurry Seal para conseguir buenos resultados.**

Las juntas de asfalto se pueden aplicar y tratar inmediatamente con un raspador manual. Hay que tener cuidado para que el lugar hecho a mano no luzca feo. La aplicación de mortero asfáltico a mano debe limitarse y sólo debe realizarse en zonas que no sean accesibles a las máquinas. Las juntas bituminosas, como las juntas de asfalto, no deben colocarse cuando la

superficie de la carretera o la temperatura del aire son inferiores a 10 °C (50 °F) y están descendiendo, Sin embargo, se pueden utilizar cuando las temperaturas de la carretera y el aire son superiores a 7 °C (45 °F) y creciendo. No se debe aplicar lechada asfáltica si existe riesgo de que el producto final se congele dentro de las 24 horas posteriores a su colocación. El mortero asfáltico no debe utilizarse en caso de niebla intensa o lluvia.

#### **f. Mantenimiento convencional**

- **Mantenimiento vial**

En general, el mantenimiento vial es un conjunto de actividades que se realizan para mantener en buen estado el estado físico de diversos tramos de la vía, garantizando así un tránsito conveniente, seguro y económico. En la práctica, intentamos proteger el capital invertido en la carretera y evitar el desgaste físico prematuro. Las actividades de mantenimiento generalmente se clasifican por frecuencia de repetición: rutinarias y periódicas. De hecho, todos son cíclicos y se repiten en el mismo elemento de vez en cuando, sin embargo, en realidad, las actividades rutinarias se refieren a actividades repetidas que se realizan de forma continua en diferentes etapas del viaje, mientras que las actividades periódicas se realizan cuando se repiten durante un período de tiempo más largo, que dura varios meses o más de un año. Con base en estas consideraciones, el mantenimiento rutinario y el mantenimiento programado se definen de la siguiente manera: El mantenimiento general es un conjunto de actividades que se realizan constantemente a lo largo de la vía y se llevan a cabo en diferentes etapas de la vía todos los días. El objetivo principal es proteger todas las partes de la carretera, minimizar los cambios o daños y preservar el estado tanto como sea posible después de la construcción o reparación. Debe ser preventivo y parte del mantenimiento, planta de tratamiento de efluentes. Trabajos de limpieza, remoción de vegetación y reparación de defectos puntuales en la plataforma, entre otros. El sistema de mantenimiento vial subcontratado también incluye actividades sociales y ambientales, atención a accidentes viales menores, mantenimiento y vigilancia de carreteras. El mantenimiento planificado se refiere a una serie de actividades, generalmente realizadas a lo largo de un año, con el objetivo de evitar la aparición o agravamiento de defectos importantes, mantener las propiedades del pavimento, preservar la integridad de la estructura de la carretera y eliminar algunas deficiencias específicas importantes. Ejemplos de este

mantenimiento incluyen modificaciones a las plataformas existentes y reparaciones a varios elementos físicos de la carretera.

Los sistemas de mantenimiento vial subcontratados también incluyen actividades sociales y ambientales, atención a emergencias viales menores, mantenimiento y monitoreo de carreteras.

**g. Hacia una cultura preventiva para el mantenimiento vial**

Implementar las bases conceptuales del mantenimiento vial y con ello proteger la condición física de la vía. Es fácil de usar, se centra en aplicaciones administradas y los privilegios funcionan de acuerdo con estándares prudentes. Se trata de un cambio de una forma tradicional de trabajar para reparar daños a una forma de trabajar para prevenir daños. Es decir, se trata de cambiar gradualmente el trabajo actual del sistema, que se centra en medidas correctivas, para centrarse en medidas preventivas (35).

**Figura 10:** Cambio hacia una cultura preventiva en el mantenimiento vial



*Fuente:* (36)

En la práctica, se trata de realizar el mantenimiento rutinario con intervenciones diarias con el propósito de preservar las condiciones de los elementos del camino y de evitar que se produzca su deterioro prematuro.

Asimismo, efectuar el mantenimiento periódico en forma cíclica, con operaciones oportunas para recuperar la condición vial afectada por el uso.

Esto significa que las obras de drenaje deben mantenerse siempre limpias, los canales deben estar limpios para mantener la capacidad hidráulica de las obras, los taludes deben

estabilizarse y protegerse, la vegetación debe mantenerse constantemente. La señalización debe mantenerse adecuadamente, los caminos deben mantenerse estructuras, reemplazos regulares confirman y corrigen los errores de plataformas que aparecen etc. Siguiendo el planteamiento anterior, una vez que una carretera ha sido construida, reparada o reconstruida y por tanto se encuentra en buen estado, se debe mantenerla de forma continua mediante el mantenimiento rutinario y cuando su estado cambie de bueno a bueno. condición normal y luego realizar un mantenimiento regular para restaurarlo a su condición original (36). Al respecto, es de mencionar que en algunos países se utiliza el Índice de Rugosidad Internacional -IRI - para definir cuándo se deben implementar la intervención de mantenimiento periódico Para la Red Vial Departamental No Pavimentada se ha establecido la clasificación del Estado de la Superficie de Rodadura en función de ciertos criterios sobre los elementos y condiciones del camino y un cierto valor referencial del IRI, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 9.** Criterios y condiciones de camino

ESTADO DEL CAMINO		SUPERFICIE DE RODADURA IRI	CRITERIOS Y CONDICIONES DEL CAMINO
Muy mal estado	MM	>18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura presenta elevado deterioro, grandes deformaciones, hundimientos y baches.</li> <li>• De circulación muy restringida durante la mayor parte del año</li> <li>• Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas</li> <li>• La velocidad de circulación es menor a 10 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>
Mal estado	M	14-18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura presenta deterioro, ciertas deformaciones apreciables, hundimientos y baches</li> <li>• De circulación restringida durante ciertos periodos del año</li> <li>• Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas</li> <li>• La velocidad de circulación es menor a 20 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>
Regular estado	R	10-14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura presenta deterioro superficial y presencia de baches y hundimientos puntuales</li> <li>• De circulación sin restricciones durante el año</li> <li>• Obras de arte con daños menores y obras de drenaje parcialmente colmatadas</li> <li>• La velocidad de circulación es aproximadamente entre 20 y 40 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>
Buen estado	B	6-10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La superficie de rodadura no presenta deterioro apreciable.</li> <li>• De circulación sin restricciones durante el año</li> <li>• Obras de arte en buen estado y obras de drenaje limpias.</li> <li>• La velocidad de circulación es aproximadamente entre 40 y 60 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>
Muy buen estado	MB	4-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad. Superficial.</li> <li>• De circulación sin restricciones durante el año</li> <li>• Todas las obras de arte y de drenaje en muy buen estado y limpias.</li> <li>• La velocidad de circulación puede llegar a ser mayor a 60 kilómetros por hora en tramos rectos</li> </ul>

*Fuente:* (36)

**Nota:** La velocidad de circulación se entiende como la velocidad que puede alcanzar un vehículo ligero (auto o camioneta) circulando en forma confortable

El Índice Internacional de Rugosidad-IRI es un índice de referencia para medir los patrones de deformación de las superficies de las carreteras. El IRI mide el efecto del perfil longitudinal sobre la calidad de marcha expresada por la respuesta dinámica de un vehículo en movimiento. El IRI se expresa en metros/km, que es el desplazamiento vertical promedio por unidad de distancia

- **Las características físicas a mantener en los caminos**

Las propiedades físicas más importantes que deben mantenerse en una carretera para proporcionar condiciones satisfactorias de circulación de vehículos son la capacidad de carga y la regularidad del pavimento. La capacidad de carga se refiere a la resistencia estructural de una carretera para soportar cargas repetidas de vehículos, para ello es necesario utilizar materiales granulares con partículas duras, resistentes al desgaste y duraderas, sin partículas planas, blandas o quebradizas y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias nocivas. Estas características están determinadas por las especificaciones técnicas, la regularidad superficial se refiere a las condiciones físicas tales como rugosidad, deformación, textura, condición y limpieza de la superficie sobre la que circula el vehículo. En este sentido, cabe destacar que los baches, olas, tiza, surcos, defectos sueltos como piedras u obstáculos, afectan en gran medida a la comodidad, seguridad y economía del usuario. Esta propiedad de regularidad de la superficie está determinada por el Índice Internacional de Rugosidad – IRI, las consideraciones anteriores dictan el uso de materiales granulares que se seleccionan y compactan adecuadamente para proporcionar las condiciones necesarias de soporte y circulación.

- **Actividades generales para el mantenimiento rutinario de la red vial no pavimentada**

En la red de vías no pavimentadas se definen las medidas de mantenimiento rutinario más importantes con el fin de proteger las inversiones realizadas y lograr un servicio vial eficiente con los menores costos totales posibles, que se reflejan en la accesibilidad, la seguridad vial y el confort vial. Las actividades generales previstas para el mantenimiento regular de la red vial no pavimentada del departamento (que en este caso se realizarán a través de microempresas) tienen como objetivo retrasar al máximo los procesos de degradación de las propiedades físicas y funcionales de los elementos viales, para prevenir y corregir las posibles consecuencias de la realización de actividades o el impacto negativo sobre el medio ambiente. También está destinado a abordar cuestiones operativas de carreteras relacionadas con emergencias viales menores, el uso y protección de la carretera. Alcanzar estos objetivos requiere mantenimiento.

- i) Los elementos de la vía que comprenden: la plataforma, las obras de drenaje y subdrenaje, el derecho de vía, las obras, la señalización y los elementos de seguridad vial
- ii) Los aspectos socio- ambientales
- iii) La operación vial que incluye las emergencias viales y el cuidado y vigilancia del camino.

#### **Los elementos de la vía que requieren de atención y mantenimiento rutinario**

Los principales elementos que componen un camino no pavimentado que deben ser:

- La plataforma
- Las obras de drenaje y subdrenaje
- El derecho de vía
- Las obras de arte
- La señalización y los elementos de seguridad vial

#### **• La plataforma**

La plataforma en la vía sin asfaltar consiste básicamente en la banda de rodadura, que es el carril utilizado para la circulación de vehículos. En algunos casos, la plataforma es lo suficientemente ancha para la superficie de rodadura y los lados adyacentes. Con correas, estas correas laterales pueden considerarse como bermas para ayudar a estacionar vehículos, Además, pueden usarse como cinturones de seguridad si es necesario. En lo que respecta al conductor. La plataforma atiende básicamente al tráfico vehicular, por lo que es necesario

un especial cuidado para mantenerla en buenas condiciones para que los usuarios puedan viajar en ella de forma segura, cómoda, fluida y económica, en carreteras pavimentadas, la plataforma consiste en una capa de material granular colocada sobre la base de la carretera, el mantenimiento rutinario de la plataforma incluye la limpieza diaria con herramientas manuales para retirar todo tipo de elementos que hayan caído sobre ella, como rocas, escombros, cadáveres de animales, vegetación, desechos sólidos y elementos similares. También cuando están dañados o desgastados. Si la zona es pequeña y aislada, se hacen reparaciones menores con parches, si la superficie de la carretera en la plataforma se ha deteriorado en más del 20%, será necesario un mantenimiento regular, reparación o reconstrucción con maquinaria pesada, dependiendo de la extensión y gravedad del daño. En algunos casos, las reparaciones viales se realizan aproximadamente una vez al año. Las actividades de perfilado se consideran mantenimiento mecanizado rutinario y esta es la norma que se utilizará en el Plan Vial Departamental (PKD).

### **Las obras de drenaje**

Las obras de drenaje y subdrenaje, configuran un sistema que se destina a recibir y encauzar el agua para sacarla, en forma eficiente y rápida, fuera del camino. De no hacerlo, la vía puede deteriorarse prematuramente, pues el agua lluvia cuando fluye por la plataforma arrastra el material de afirmado, puede ocasionar inestabilidad de los taludes; socavar alcantarillas, puentes, pontones, badenes y muros; erosionar los terraplenes y el terreno natural y, además, causar numerosos daños adicionales (37).

La limpieza y el buen estado de las obras de drenaje son un requisito previo esencial para la protección de las carreteras y su funcionamiento eficiente. Es una de las operaciones clave en el mantenimiento diario, garantizar que todos los elementos del sistema de drenaje funcionen correctamente para que el agua superficial y subterránea pueda fluir libre y eficientemente, fluir rápidamente. El sistema de drenaje consta de las siguientes partes (38):

- **Drenaje superficial**
  - Bombeo o pendiente transversal de la plataforma
  - Cunetas
  - Zanjas de coronación
  - Alcantarillas
  - Canales

- **Subdrenaje**

- Filtros longitudinales
- Otros: drenes de penetración transversal, capas drenantes, drenes de piedra, etc

- **El bombeo**

El bombeo es la disposición de un talud lateral en la capa de refuerzo de la plataforma para facilitar el flujo directo del agua de lluvia sobre ella y el drenaje eficaz de la misma en acequias, desagües o relieves naturales. Normalmente en caminos sin pavimentar, la pendiente transversal se determina en función de las características de lluvia del área. Normalmente, en este tipo de carreteras, se considera aceptable un bombeo de alrededor del

En el mantenimiento rutinario mediante el bacheo del afirmado se pretende mantener esta pendiente transversal.

Es una zanja transversal construida paralelamente al eje de la vía entre el borde de la plataforma y el talud del talud. La función de este proyecto de recuperación es capturar y drenar eficientemente el agua de lluvia superficial de los firmes y pendientes de las carreteras. Durante el mantenimiento rutinario se limpian las zanjas, se renuevan las zanjas sin revestimiento y se realizan reparaciones menores.

- **Las zanjas de coronación**

Las zanjas de techo se excavan en la parte superior de taludes aserrados en terreno natural para recoger y desviar el agua de lluvia superficial que fluye cuesta abajo desde elevaciones más altas, tiene la función de evitar la erosión de taludes, la obstrucción de las zanjas y el impacto del agua y el acarreo de materiales en la plataforma Impacto (39). Como parte del mantenimiento regular, se limpian las zanjas de coronación, se restauran las zanjas sin revestimiento y se realizan reparaciones menores.

- **Las alcantarillas**

Alcantarillado es aquella parte del sistema de drenaje que consta de tuberías que permiten y facilitan el paso del agua, de cauces, canales o acequias naturales, que fluyen de un lado a otro del camino. Suelen estar hechos de piedra, hormigón o metal. Están fabricados en forma de tubos y cajas. Durante el mantenimiento de rutina, se limpiará el alcantarillado y se realizarán reparaciones menores. Las alcantarillas son elementos del sistema de drenaje constituidos por ductos que permiten y facilitan el paso del agua, proveniente de cauces naturales, canales o cunetas, de un lado a otro del camino

Suelen ser estructuras de piedra, hormigón o metal. Se construyen en forma de tubos y cajas. Durante el mantenimiento de rutina, se limpiarán las tuberías de alcantarillado y se realizarán reparaciones menores (40).

### **El derecho de vía**

La ampliación consta de la calzada y carril lateral adyacente a la plataforma viaria con obras auxiliares, incluye obras auxiliares, servicios y taludes de corte y terraplén (41).

El mantenimiento de esta zona contribuye a la seguridad de los usuarios y a la estabilidad de la carretera. El mantenimiento suele ser una actividad diaria, aunque pueden ser necesarias algunas medidas periódicas. Las principales actividades de mantenimiento rutinario a realizar en la zona de vía son las siguientes:

Limpieza de toda el área, incluyendo la remoción de basuras, escombros y objetos extraños de cualquier tipo

Tratamiento de la vegetación incluyendo fregado de la vegetación secundaria, control de la vegetación primaria mediante poda.

Tala y/o remoción cuando sea posible que afecte la visibilidad o afecte a los árboles existentes causando daños a los caminos.

La protección de taludes incluye principalmente el control de la erosión, la limpieza o mantenimiento de taludes y la eliminación de pequeños deslizamientos de tierra de menos de 50 metros cúbicos.

### **2.3. Definición de términos**

- **Superficie asfáltica:** capa superior asfáltica enrollada es una capa aplicada sobre una capa granular y puede ser: mortero asfáltico, revestimiento, microrevestimiento, mezcla asfáltica en frío, macadán asfáltico, mezcla asfáltica en caliente (42).
- **Deformación Permanente:** Es el deterioro de las mezclas asfálticas consistente en ahuellamientos o roderas como consecuencia de la acumulación de esfuerzos cortantes (4)
- **Emulsión Asfáltica:** Este es el resultado de pequeñas partículas de asfalto dispersas en una matriz de agua. Las emulsiones generalmente contienen entre un 40% y un 75% de asfalto y tienen una consistencia de líquida a muy viscosa a temperatura ambiente. Los tamaños de partículas varían de 1 a 10 micrómetros de diámetro. Existen emulsiones catiónicas o aniónicas con demulsificación lenta, media o rápida (23).

- **Fatiga:** Consiste en una serie de grietas interconectadas provocadas por cargas repetidas de vehículos durante la vida de la capa (40) .
- **Fisura:** Es el deterioro de la capa asfáltica, formándose pequeñas grietas, cuyo espesor no supera los 6 mm (14).
- **Lanamme UCR:** El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelado Estructural de la Universidad de Costa Rica, de conformidad con el artículo 20 del Decreto Administrativo N° 37016 del 7 de marzo de 2012, artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria N° 8114, a la autoridad para crear una función de manual de especificaciones integral.
- **Conglomerante asfáltico:** Es un producto natural que también se puede obtener de la destilación del petróleo crudo y se utiliza para preparar mezclas asfálticas (10).
- **Mezcla Asfáltica:** La mezcla asfáltica es una combinación de asfalto y agregados minerales clasificados que se mezclan y compactan a una temperatura adecuada para formar una capa relativamente densa que forma parte de la estructura del pavimento (4).

## **CAPITULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis general**

El resultado del análisis técnico indica que el tratamiento superficial con la aplicación de Slurry Seal ofrece ventajas respecto mantenimiento convencional en la vía Cañete - Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022,

#### **3.2 Hipótesis específicas**

- a) El comportamiento de la colocación Slurry Seal es muy amigable con el ambiente, fácil aplicación, lo cual permitirá una mejor vida útil de la vía afirmada.
  
- b) El comportamiento de la colocación de un mantenimiento convencional es mucho más complicado la aplicación, la vida útil es menos que la del Slurry Seal y sus costos son un poco más caros esto claramente será negativo para dicho mantenimiento de una vía afirmada.
  
- c) El tipo de mantenimiento será el Slurry Seal ya que aportará mejores ventajas a la vía afirmada.

### **3.3 Variables**

#### **3.3.1 Definición conceptual de la variable**

##### **a) Variable independiente:**

#### **3. Análisis técnico**

Es un enfoque del análisis bursátil diseñado para facilitar la toma de decisiones. A diferencia del análisis fundamental, se basa en el historial de precios del activo analizado, en lugar de tener en cuenta datos internos de la empresa o índices macroeconómicos generales.

##### **b) Variable dependiente**

#### ➤ **Mantenimiento aplicando Slurry Seal**

Mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, filler, aditivos y agua. Tiene un espesor de 1.00 cm.

#### ➤ **Mantenimiento convencional**

Es un conjunto de tareas realizadas para mantener en buen estado los diversos componentes del estado físico de la carretera y, de este modo, garantizar un transporte cómodo, seguro y rentable.

#### **3.3.2 Definición operacional de la variable**

##### **a) Variable independiente**

#### ➤ **Análisis técnico**

Es un enfoque del análisis bursátil diseñado para facilitar la toma de decisiones. A diferencia del análisis fundamental, se basa en el historial de precios del activo analizado, en lugar de tener en cuenta datos internos de la empresa o índices macroeconómicos generales.

##### **a) Variable dependiente**

#### ➤ **Mantenimiento aplicando Slurry Seal**

Slurry Seal se aplica a una superficie existente por medio de una caja esparcidora conectada a una unidad mezcladora de lodos Road Saver. La lechada se introduce en la caja esparcidora, que luego deposita el revestimiento de la lechada a medida que avanza el mezclador / esparcidor

#### ➤ **Mantenimiento convencional**

Es el conjunto de tareas que se llevan a cabo continuamente junto a la carretera y que se realizan a diario en los distintos carriles. Su principal objetivo es la conservación de todos

los componentes de la carretera con el menor número de ajustes o daños y manteniendo, en la medida de lo posible, las condiciones que tuvo en su día

### 3.3.3 Operacionalización de la variable

<b>Variable independiente 1</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Unidades de Medición</b>
Análisis tecno-económico	Es un enfoque del análisis bursátil diseñado para facilitar la toma de decisiones. A diferencia del análisis fundamental, se basa en el historial de precios del activo analizado, en lugar de tener en cuenta datos internos de la empresa o índices macroeconómicos generales	Es un enfoque del análisis bursátil diseñado para facilitar la toma de decisiones. A diferencia del análisis fundamental, se basa en el historial de precios del activo analizado, en lugar de tener en cuenta datos internos de la empresa o índices macroeconómicos generales	Calidad	Durabilidad	S/U
Variable dependiente 1	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos	Unidades de Medición

Mantenimiento aplicando SLURRY SEAL	Mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, filler, aditivos y agua. Tiene un espesor de 1.00 cm.	El tratamiento superficial con SLURRY SEAL tiene mayores ventajas tecnológicas y económicas que el mantenimiento convencional	Presupuesto	Tablas de Costos Unitarios	Análisis Costos Unitarios
					Presupuesto
				Tablas de comparación	Costo Directo, Gastos Generales
			Proceso Constructivo		Secuencia constructiva
		Maquinaria y Equipos			
		Norma Técnica	Información MTC	Pruebas de laboratorio	
Mantenimiento convencional	Es el conjunto de tareas que se llevan a cabo continuamente junto a la carretera y que se realizan a diario en los distintos carriles. Su principal objetivo es la conservación de todos	Es el conjunto de tareas que se llevan a cabo continuamente junto a la carretera y que se realizan a diario en los distintos carriles. Su principal objetivo es la conservación de todos los componentes	Presupuesto	Instrumentos Tablas de Costos Unitarios	Análisis Costos Unitarios
					Presupuesto
				Tablas de comparación	Costo Directo Gastos Generales
			Proceso Constructivo		Secuencia constructiva
				Maquinaria y	

	los componentes de la carretera con el menor número de ajustes o daños y manteniendo, en la medida de lo posible, las condiciones que tuvo en su día.	de la carretera con el menor número de ajustes o daños y manteniendo, en la medida de lo posible, las condiciones que tuvo en su día	Norma Técnica		Equipos
				Información MTC	Pruebas de laboratorio

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGIA**

#### **4.1 Método de investigación**

El enfoque de la investigación es científico, basado en un proceso metódico que se sigue tanto para recopilar datos como para procesar e interpretar los resultados (Hernandez et al., 2014).

#### **4.2 Tipo de investigación**

Tiene una base tecnológica, ya que su objetivo es producir información que pueda aplicarse a la industria manufacturera mediante sistemas de tuberías

#### **4.3 Nivel de investigación**

Es explicativo-correlacional, ya que el objetivo de este estudio es examinar y explicar la conexión entre las variables independientes y dependientes

#### **4.4 Diseño de investigación**

En la fase de investigación cuasiexperimental se describe el planteamiento de la recogida de datos y el tratamiento de la información para determinar la relación entre las variables.

$$\frac{GE:0_1 X 0_2}{GC:0_3 X 0_4}$$

➤ Donde

- G.E. grupo experimental
- G.R. grupo de control
- $O_1 \times O_2$  pre test
- $O_3 \times O_4$  post test
- X: Manipulación de la variable independiente

## **4.5 Población y muestra**

### **4.5.1 La población:**

La población para la investigación fue la superficie asfáltica de la carretera Cañete - Lunahuaná – desvío Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvío Pampas, región Junín.

### **4.5.2 La muestra:**

El tipo de muestreo es no probabilístico, direccional y intencional según el propósito del estudio, muestreando el pavimento asfáltico de la Pampa Yauyos-Ronchas-Chupaca-Huancayo del libramiento carretero Cañete-Lunahuaná.

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

### **4.6.1 Técnicas de recolección de datos**

- Observación experimental
- Encuesta
- Análisis documental
- Entrevista

### **4.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

- Guía de observación de campo
- Encuesta personal
- Ficha de registros de datos
- Entrevista estructurada

## **4.7 Procesamiento de la información**

### **➤ “Fase pre campo”**

- Recopilación de información bibliográfica
- Elaboración de los instrumentos de recolección de datos

➤ **“Fase campo”**

- Reconocimiento de la vía en estudio
- Evaluación de la condición actual de la vía en estudio
- Estudio de tráfico
- Caracterización de los componentes del Slurry Seal
- Diseño del Slurry Seal

➤ **“Fase gabinete”**

- Procesamiento de datos durante la fase de campo en Excel, Word
- Análisis del aspecto técnico económico del Slurry Seal

**4.8 Técnicas y análisis de datos.**

- Los datos para la evaluación actual del estado de la carretera se procesan utilizando Microsoft Excel 2017.
- Se utiliza Microsoft Excel 2017 para procesar los datos recopilados de los recuentos de vehículos.
- Se utiliza Microsoft Excel 2017 para procesar los datos recopilados de la caracterización de los componentes del Slurry seal.
- Se utiliza Microsoft Excel 2017 para procesar los datos recopilados del diseño del Slurry Seal.
- El plan presupuestario S10 2005 incluye APU para el suministro, montaje e instalación de unidades de sellado de lechada de apertura rápida Tipo III.
- Utilizando AutoCAD Civil 3D 2018, se crearon mapas de ubicación, planos de planta y celdas de muestreo para el diseño.

## CAPITULO V

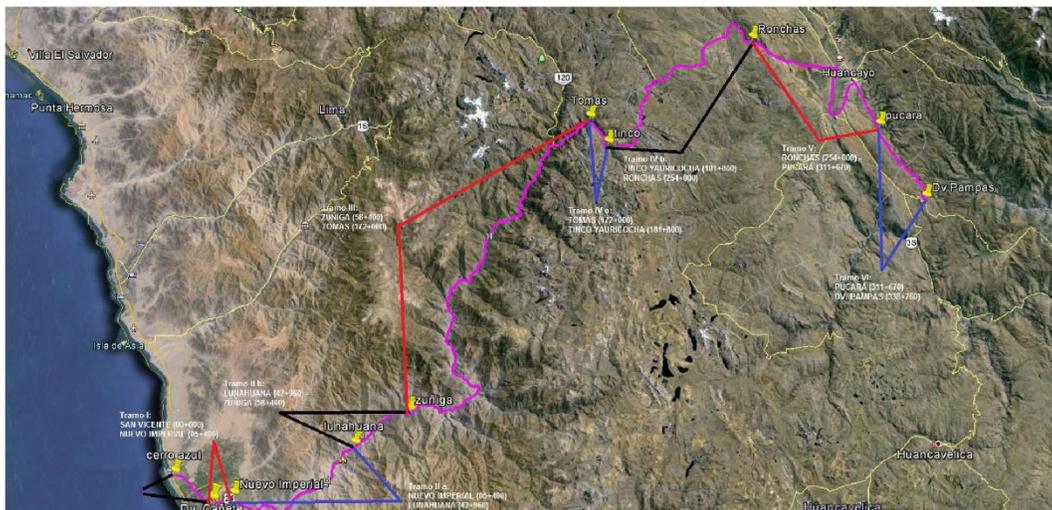
### RESULTADOS

#### 5.1 Resultados específicos

##### a) Evaluación del tipo de Slurry Seal adecuado para la condición actual de la superficie asfáltica

El análisis de la condición actual de la superficie asfáltica de Corredor Vial: Cañete - Lunahuana - desvió. Yauyos - Ronchas - Chupaca-Huancayo-desvió Pampas, se realizó de acuerdo al método PCI, en la siguiente figura se muestra el grafico de localización y ubicación del estudio.

**Figura 11.** Ubicación de la vía en estudio



*Fuente:* Google maps

**Tabla 10.** Características principales de la vía en estudio para la evaluación

N	Características de la vía	Descripción
1	Ubicación	Corredor Vial: Cañete - Lunahuana - Dv. Yauyos - Ronchas - Chupaca-Huancayo-Dv Pampas
3	Punto de inicio para la evaluación	Corredor Vial: Cañete - Lunahuana - Dv. Yauyos - Ronchas - Chupaca-Huancayo-Dv Pampas
4	Punto final para la evaluación	Corredor Vial: Cañete - Lunahuana - Dv. Yauyos - Ronchas - Chupaca-Huancayo-Dv Pampas
5	Longitud de la vía	96.00 km
6	Ancho de calzada	11.25 m

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota.** Características de la vía en estudio

El uso de la ecuación de la unidad de muestreo da como resultado 34 unidades de muestreo, como se muestra en la siguiente formula

$$N = \frac{L * C}{203 \text{ m}^2} N = \frac{96000 \text{ m} * 11.25 \text{ r}}{230 \text{ m}^2} = \frac{7897 \text{ m}^2}{230 \text{ m}^2} = 4695 \text{ unidades de muestreo}$$

Dónde: Ver tabla 12

**Tabla 11.** Áreas de las unidades de muestreo

<b>Unidades de muestreo</b>	<b>Progresivo inicial</b>	<b>Progresivo Final</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área PCI (m<sup>2</sup>)</b>
U-1 a U-9	0+ 000	0+ 144	13.25	16	212	230+-93
U-10 a U-19	0+ 144	0+ 161	13.25	17	225.25	230+-93
U-20 a U-29	0+ 314	0+ 332	13.25	18	238.5	230+-93
U-29 a U-34	0+ 476	0+ 496	13.25	20	265	230+-93

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Áreas de las unidades de muestreo respecto al área sugerido por el PCI

Para obtener detalles sobre la distribución de las unidades de muestreo, consulte el Apéndice 5: Planificación de las unidades de muestreo de las vías de estudio.

Se examinaron las 4.695 unidades de muestreo y se descubrieron los siguientes daños: grietas longitudinales y transversales, parcheado y conexiones de servicio, huecos y meteorización/desprendimiento de áridos, siendo este último el daño más notable porque afecta a casi cada centímetro cuadrado de cada unidad de muestreo, como puede verse en los resultados que siguen.

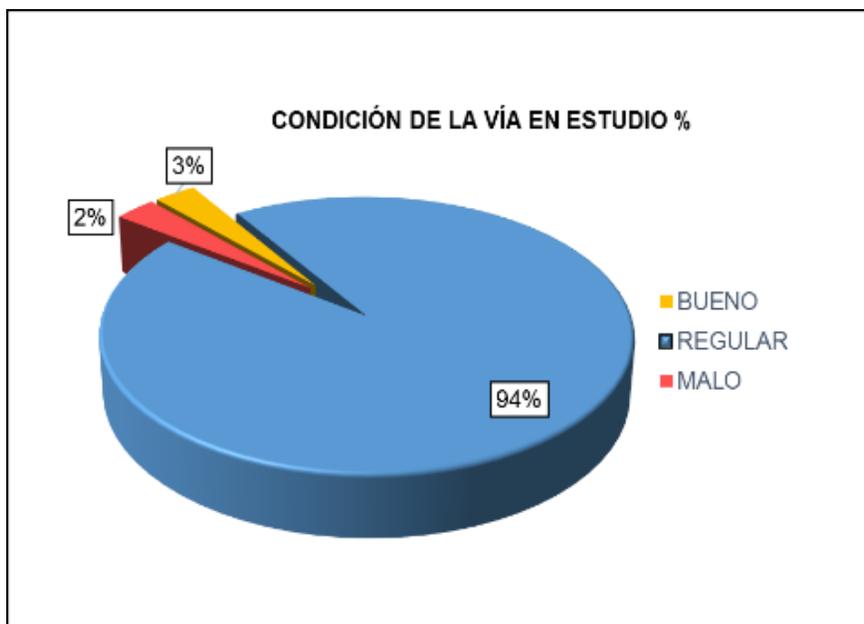
Tabla 12. Resumen de la evaluación de las unidades de muestreo

Unidad de muestreo	Egresiva		Sección	Area (m <sup>2</sup> )	Valor PCI	Condición	
	inicial (Km)	Final (Km)					
A-1	0+	000	0+ 016	1	212	52.90	Regular
A-2	0+	016	0+ 032	2	212	50.81	Regular
A-3	0+	032	0+ 048	3	212	52.76	Regular
A-4	0+	048	0+ 064	4	212	52.71	Regular
A-5	0+	064	0+ 080	5	212	47.64	Regular
A-6	0+	080	0+ 096	6	212	54.81	Regular
A-7	0+	096	0+ 112	7	212	56.75	Bueno
A-8	0+	112	0+ 128	8	212	54.72	Regular
A-9	0+	128	0+ 144	9	212	54.74	Regular
A-10	0+	144	0+ 161	10	225.25	54.75	Regular
A-11	0+	161	0+ 178	11	225.25	53.02	Regular
A-12	0+	178	0+ 195	12	225.25	54.79	Regular
A-13	0+	195	0+ 212	13	225.25	51.95	Regular
A-14	0+	212	0+ 229	14	225.25	52.96	Regular
A-15	0+	229	0+ 246	15	225.25	54.75	Regular
A-16	0+	246	0+ 263	16	225.25	52.74	Regular
A-17	0+	263	0+ 280	17	225.25	53.35	Regular
A-18	0+	280	0+ 297	18	225.25	47.43	Regular
A-19	0+	297	0+ 314	19	225.25	52.74	Regular
A-20	0+	314	0+ 332	20	238.5	51.61	Regular
A-21	0+	332	0+ 350	21	238.5	44.82	Regular
A-22	0+	350	0+ 368	22	238.5	52.74	Regular
A-23	0+	368	0+ 386	23	238.5	51.09	Regular
A-24	0+	386	0+ 404	24	238.5	49.26	Regular
A-25	0+	404	0+ 422	25	238.5	52.95	Regular
A-26	0+	422	0+ 440	26	238.5	52.89	Regular
A-27	0+	440	0+ 458	27	238.5	51.08	Regular
A-28	0+	458	0+ 476	28	238.5	48.64	Regular
A-29	0+	476	0+ 496	29	265	42.65	Regular
A-30	0+	496	0+ 516	30	265	53.01	Regular
A-31	0+	516	0+ 536	31	265	52.95	Regular
A-32	0+	536	0+ 556	32	265	53.74	Regular
A-33	0+	556	0+ 576	33	265	47.13	Regular
A-34	0+	576	0+ 596	34	265	39.95	Malo

Fuente: Elaboración propia. Nota: Resumen de valores PCI de las unidades de muestreo

El 94% de las 4.695 unidades de muestreo están en buen estado, el 3% en mal estado y el 2% en regular estado, según el siguiente gráfico.

**Figura 12.** Porcentaje de condición actual de la vía en estudio



Con estos valores de PCI recogidos de cada unidad de muestreo, calculo el valor de PCI ponderado con respecto a los rangos de calificación del PCI, con el que se evaluó el estado actual de la carretera, y con el que se determinó que esta carretera requería mantenimiento periódico.

**Tabla 13.** Condición actual de la vía en estudio

<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
Sumatoria de valores PCI (Unidades de muestreo)	1750.84
Cantidad de unidades de muestreo	34
PCI ponderado	51.50
<b>Condición actual</b>	<b>Regular</b>

Fuente: Elaboración propia. *Nota:* Condición de vía

**Tabla 14.** Rangos y clasificaciones

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Fuente: (Vázquez) *Nota:* Rangos de calificación PCI.

**Tabla 15.** Tipo de conservación según calificación de condición

Condición Mala	Condición Regular	Condición Buena
Reconstrucción o rehabilitación	Mantenimiento periódico	Mantenimiento rutinario
		

Fuente: (12)

Se obtuvo un valor de PCI ponderado de 51 al utilizar el método de PCI para evaluar el estado actual de la carpeta asfáltica de los tramos Cañete - Lunahuana - Dv. Yauyos - Ronchas - Chupaca - Huancayo - Dv. Pampas. Se debe diseñar un sello de suspensión Tipo III para mejorar la superficie de desgaste, ya que la carretera tiene una clasificación PCI de 50, lo que significa que requiere mantenimiento regular. Se deben parchar las áreas críticas, sellar las grietas y restaurar toda la superficie.

**b) Determinación de los componentes del Slurry Seal para el mantenimiento de la superficie asfáltica**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos realizados a los componentes para un Slurry Seal tipo III.

➤ **Agregado**

En la siguiente tabla se muestran los detalles de la muestra

**Tabla 16:** Detalles de la muestra

Procedencia	Planta de Asfalto y chancadora de la DRTC Junín
Tipo de muestra considerada	Arena Chancada 3/8 “

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis granulométrico**

Las pruebas se realizaron de acuerdo con el Manual de Ensayos de Materiales - 2016 (E 204) Análisis del tamaño de partículas de agregados gruesos y finos, donde en la Tabla 27 se muestran los resultados del análisis del tamaño de partículas de los agregados producidos en fábrica. En la trituradora de bitumen y DRTC Junín se observó que el agregado que pasa por la criba cumple satisfactoriamente con los requisitos ISSA A105 y EG 2013 para compactación de lodos Tipo III.

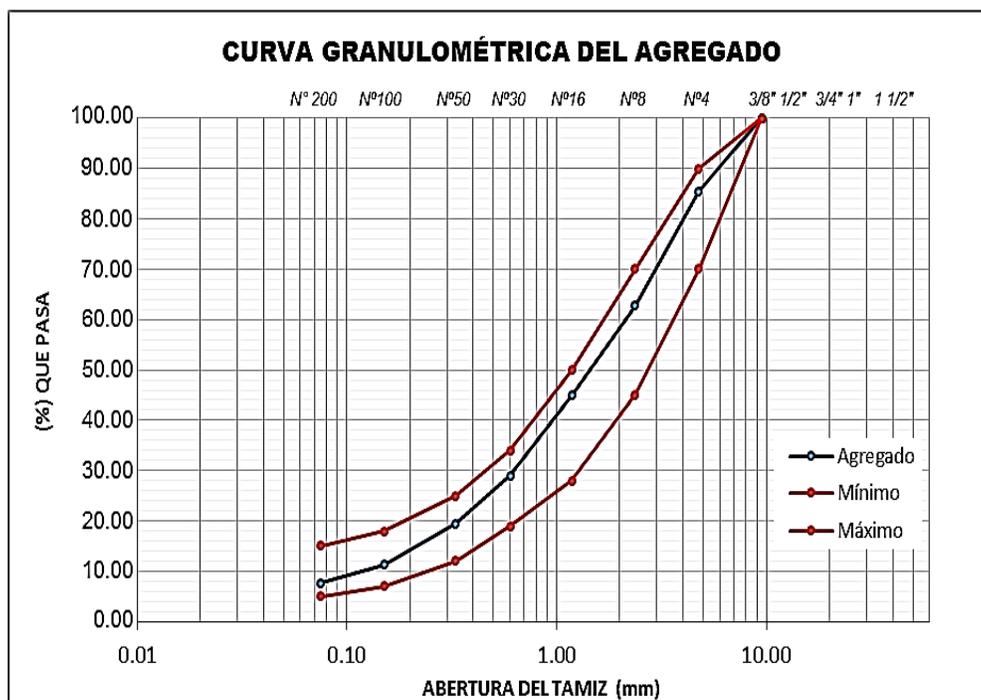
**Especificación para Slurry Seal tipo III**

*Tabla 17:* Análisis granulométrico del agregado

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura del Tamiz</b>	<b>Peso retenido (gr)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% que pasa</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
3/8"	9.50 mm				100.00	100	100
N° 4	4.75 mm	208.3	14.48	14.48	85.52	70	90
N° 8	2.36 mm	328.0	22.80	37.28	62.72	45	70
N° 16	1.18 mm	255.9	17.79	55.08	44.92	28	50
N° 30	600 um	230.0	15.99	71.07	28.93	19	34
N° 50	300 um	135.8	9.44	80.51	19.49	12	25
N° 100	150 um	118.5	8.24	88.74	11.26	7	18
N° 200	75 mm	52.2	3.63	92.37	7.63	5	15
Fondo		109.7	7.63	100.00	0.00		
	<b>SUMA</b>	<b>1438.40</b>			<b>100</b>		

*Fuente:* Elaboración propia ISSA A 105 - EG 2013. *Nota:* Granulometría de la arena chancada 3/8,

**Figura 13.** Curva granulométrica del agregado



➤ **Durabilidad a los sulfatos de sodio o magnesio**

Cuando se probó con una solución de sulfato de magnesio según E 209, el resultado de pérdida total general fue del 7,672 % como se muestra en la Tabla 28, que cumple satisfactoriamente con las especificaciones ISSA A105 y EG 2013, consulte la Tabla 19.

Este resultado muestra que el agregado tiene buena resistencia a la degradación debido a factores climáticos locales durante su vida.

**Tabla 18.** Pérdidas totales del agregado

Fracción Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (gr)	Peso retenido después del ensayo (gr)	Pesos totales %	Pérdida corregida %
3/8"	N° 4	19.55	300	273.46	8.85	1.737
N° 4	N° 8	29.25	100	96.91	3.09	0.900
N° 8	N° 16	22.59	100	96.68	3.32	0.749
N° 16	N° 30	18.94	100	90.69	9.31	1.766
N° 30	N° 50	9.75	100	84.38	15.62	1.520
Totales		100.00				6.672

Fuente: Elaboración propia .Nota: Pérdida total de la arena chancada 3/8.

**Tabla 19. Resultado del ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio**

Ensayo	Resultado	Especificación	
		ISSA A 105	EG 2013
Durabilidad al sulfato de magnesio	7672 %	25% máximo	
		AASHTO T 104	18% máximo
		ASTM C 88	MTC E 209

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Durabilidad al sulfato de magnesio de la arena chancada 3/8

➤ **Ensayo de abrasión los ángeles**

En el manual de pruebas de materiales -2016 (E 207), Los Ángeles(L.A) Abrasión de materiales minerales de menos de 37,5 mm (1 1/2"), Métodos de prueba similares a los agregados (3/8 de arena triturada), después al realizar las pruebas luego de su clasificación mediante el método D, el grado de desgaste fue de 19.6%, lo que cumple satisfactoriamente con las especificaciones de EG 2013, como se muestra en la Tabla 21.

Este resultado demuestra que el agregado tiene buena resistencia al desgaste durante el proceso de fabricación y cuando se coloca la mezcla sobre la superficie a tratar, También tiene buena resistencia a las fuerzas del tránsito vehicular durante su vida útil.

**Tabla 20. Desgaste del agregado**

Fraccion	Retiene	Peso ( gr)
Pasa	N°8	
N°4		5000
Peso total (gr)		5000
Peso retenido en el tamiz N°12 (gr)		4019.5
Peso retenido en el tamiz N°12 (gr) 1-2		981.5
Numero de esperas		6
Numero de revoluciones		500
Tiempo de rotación		15
Peso de esferas (gr)		2500
Porcentaje de desgaste		20

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Desgaste de la arena chancada 3/8

**Tabla 21.** Resultados de ensayo de abrasión los Ángeles

Ensayos	Resultado	Especificación	
		ISSA A 105	EG 2013
Abrasión los	20.6 %	35% máx.	25% máx.
Ángeles		AASHTO T 96 -ASTM C	MTC E 207
		131	

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Desgaste de la arena chancada 3/8

### ➤ **Equivalente de arena**

Las pruebas se realizaron de acuerdo con el Manual de Ensayo de Materiales – 2016 (E 114). Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Valor Equivalente de Arena en Suelos y Agregados Finos y los resultados obtenidos fueron iguales al 60,65%, satisfactorio según AISS A105 y EG 2013. Especificaciones, consulte la Tabla 23.

**Tabla 22.** Equivalente de arena del agregado

N muestra	M1	M2	M3
Muestra seca pasante la ma N°4	150 gr	150 gr	150 gr
Lectura de arcilla	6.38	7.00	7.10
Lectura aparente de arena	14	14.23	14.20
Lectura de arena	4	4.22	4.20
Equivalente de arena	62.70	60	59.12
Equivalente de arena promedio		60.65 %	

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Equivalente de arena promedio de la arena chancada 3/8.

**Tabla 23.** Resultado del ensayo de equivalente de arena

Ensayo	Resultado	Especificaciones	
		ISSA A 105	EG 2013
Equivalente de arena	60.65 %	45 % min	40 % min
		AASHTC 176-ASTM D2419	MTC E114

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Equivalente de arena de la arena chancada 3/8

➤ **Azul de metileno**

En esta prueba para azul de metileno, se realizó según ISSA TB 145-AASHTO TP 57 Azul de metileno, Según las especificaciones ISSA A, a una concentración de 11 mg/gr, se puede obtener un anillo azul de aprox. agua. 105 Este valor indica que el material es relativamente reactivo, pero es aceptable, Pero para la especificación EG 2013, este valor indica que el material es reactivo, consulte la tabla 24. La prueba de azul de metileno no solo analiza el relleno, Además, sus propiedades también se determinan si la mezcla necesita aditivos. En función de los altos valores conseguidos, se utilizará el aditivo sulfato de aluminio para retrasar el tiempo de agrietamiento y curado, debido al alto contenido en partículas finas, si se utiliza una emulsión bituminosa de rápida rotura (que es lo que buscábamos). la mezcla se descompondrá más rápido de lo esperado, por lo que una emulsión asfáltica adecuada sería una emulsión asfáltica CQS de fractura controlada.

**Tabla 24.** Resultados del ensayo de azul de metileno

Ensayos	Resultado	Especificaciones	
		ISSA A 105	EG 2013
Azul de metileno	11.1 m gr/gr	13 max	8 Max

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Azul de metileno de la arena chancada 3/8

➤ **Ensayo de adherencia Riedel Weber**

El ensayo se realizó de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales — 2016 (E 220), Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (procedimiento Riedel weber) donde se obtuvo un resultado de Adherencia Riedel Weber igual a 7, cumpliendo satisfactoriamente con las especificaciones de la EG 2013, tal como se muestra en la tabla 25.

El resultado obtenido indica un alto grado de afinidad entre el agregado y la emulsión asfáltica que se usará.

**Tabla 25.** Resultado del ensayo de adherencia Riedel Weber

Ensayo	Resultado	Especificaciones EG 2013
Adherencia Riedel Weber	7	4 minino MTC 220

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Adherencia de la arena chancada 3/8 y la emulsión asfáltica

➤ **Emulsión asfáltica**

El proveedor de emulsión asfáltica utilizado en el proyecto de lechada tipo III planeado es EMULTEC TDM ASFALTOS, donde se requiere la emulsión asfáltica, CQS-1hp, donde 1 significa baja viscosidad, h significa base asfáltica más dura, p indica la presencia de un polímero (SBS). Todo esto se debe a que las vías donde se realizaron los estudios tienen una alta intensidad de tránsito y por lo tanto se tiene que optimizar el tiempo de trabajo, ver tabla 26. Las pruebas realizadas al CQS- Las emulsiones asfálticas de 1 hp demostraron que son satisfactorias. Cumple con las especificaciones marcadas por ISSA A 105 y EG 2013.

**Tabla 26.** Resultados de las características de la Emulsión asfáltica

Pruebas	Unidades	Resultado	Especificaciones ISSA A 105 Y EG 2013	
			Min	Max
Prueba de emulsión				
Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C	Ssf	30		99
Destilacion				
% Asfalto residual	%	62.5	21	1.1
Estabilidad de almacenamiento 24 h,%	%	0.7	56	0.2
Prueba de tamiz	%	0.00	-	

Carga de particular		positivo	-	
Prueba sobre el residuo de destilación				
Penetración 25°C, 100 g, 5S	Dmm	54	41	
Punto de ablandamiento	°C	56.2	58	92
Ductibilidad, 25 °C, 5 cm-/min, cm	Cm	74	41	
Solubilidad en tricloretileno	%	99.5	96.5	

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Resultados de la emulsión asfáltica

### ➤ Agua

Durante el diseño del sello lodo se utilizó CQS tipo III, el agua potable según normativa EG 2013 e ISSA A 105 no requiere ningún tipo de análisis de agua, pero en laboratorio Perú TDM ASPHALTOS Primer Desarrollo Tecnológico Center (PCDT), analizó el agua usada y obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la Tabla 28.

**Tabla 27.** Resultados de Análisis de agua

Ensayo	Resultado	Especificadores ISSA A 105
Potencial de hidrógeno PH	7.9	5.5 – 8
		ASTM D 1293
Dureza	286 “ppm”	380 ppm máximo
		ASTM D 1126

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Características del agua

La composición del medio sello cumple satisfactoriamente con las especificaciones de ISSA A 105 y EG 2013, lo que dio resultados significativos en las carreteras investigadas. Se determinó que el componente principal del sello tipo lechada es el agregado (trituración 3/8)). Dado que el tipo de emulsión bituminosa (emulsión bituminosa CQS) se define en función de sus propiedades, y se determinó que para obtener una mezcla trabajable será

importante agregar un aditivo (sulfato de aluminio), según se estudió debido a la pesada tráfico en las carreteras y el clima de la región (templado y seco), la emulsión bituminosa, que resultó ser la adecuada para esta mezcla fue la CQS-1hp.

**c) Diseño del Slurry Seal para el mantenimiento de la superficie asfáltica.**

Después de determinar las condiciones del camino en estudio y caracterizar el sello lechado, se implementó el diseño del sello de espuma de apertura rápida CQS 1hp.

**d) Diseño del Slurry Seal tipo III de apertura rápida:**

➤ **Cálculo del contenido teórico de emulsión asfáltica por el método Diurez**

Calcular el contenido teórico de emulsión asfáltica mediante el método de Diuresis; determinado por el tamaño de partícula del relleno. Obtenido al caracterizar el relleno, Calcular el área de superficie específica con base en el método de Diuresis.

**Tabla 28.** *Granulometría del agregado*

<b>Arena chancada 3/8" – Planta de Asfalto y Chancadora DRTC Junín</b>			
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura del tamiz</b>	<b>Peso retenido (gr)</b>	<b>% Retenido</b>
3/8"	9.51 mm		
N° 4	4.76 mm	209.3	14.49
N° 8	2.38 mm	329.0	22.81
N° 16	1.16 mm	256.9	17.78
N° 30	600 um	231.0	15.90
N° 50	300 um	132.8	9.45
N° 100	150 um	116.5	8.25
N° 200	75 um	54.2	3.64
Fondo		108.7	7.64

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Granulometría del agregado

La Tabla 29, muestra el peso con sus respectivos porcentajes retenido para cada fracción, con la finalidad de aplicar la ecuación 6 para el cálculo de la superficie asfáltica SE.

**Tabla 29.** Porcentaje de agregado retenido respecto al tamiz

Valores	gr	%
G(3/8"-N°4)	206.3	14.49
g( N°4- N°50)	1156.0	66.03
K(N° 50-N°200)	305.5	11.88
F (<N°200)	107.7	7.64

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Pesos para aplicar la formula se superficie específica

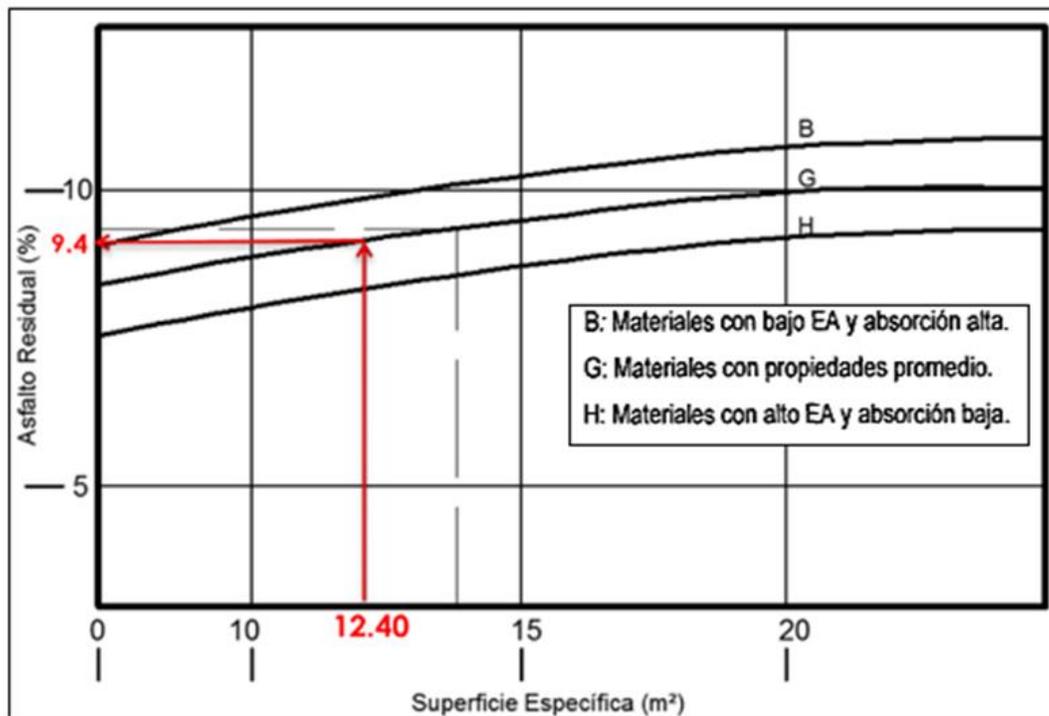
Ecuación N° 6: Superficie específica método Diurez

$$SE = \frac{0.372 * G + 2.0943g + 16.6667 * K + 117.8 * F}{100}$$

$$SE = 12.45 \text{ m}^2$$

El valor SE igual a 12.45 m<sup>2</sup> se ingresa en el gráfico del cual se obtuvo el porcentaje de asfalto teórico residual con un valor de 9.42%.

**Figura 14.** Contenido teórico de asfalto residual



Mediante los datos de la tabla 31, se aplica la ecuación N° 6, para obtener el contenido teórico de emulsión asfáltica

**Tabla 30** Contenido teórico de emulsión asfáltica

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
% Asfalto residual	9.45 %
Destilación -% Asfalto residual	62.53 %

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Contenido teórico de emulsión asfáltica

Ecuación N° 7: Contenido teórico de emulsión asfáltica

$$\% \text{ teórico de emulsión asfáltica} = \frac{\% \text{ asfalto teórico residual} * 100}{\% \text{ residuo por dest.}}$$

$$\% \text{ teórico de emulsión asfáltica} = 15.05 \%$$

Con la finalidad de generar problemas en el momento de cuantificado los componentes de la mezcla en el proceso de diseño se redondea el valor a 14%.

$$\% \text{ teórico de emulsión asfáltica} = 14\%$$

➤ **Ensayo de consistencia**

El ensayo de consistencia se realizó para determinar el contenido óptimo de agua, con la finalidad de formar una mezcla trabajable y estable. Se tomó el valor del % teórico de emulsión asfáltica igual a 15% para elaborar tres mezclas preliminares, con 1.5% de filler (cemento portland tipo I), y con 8%, 10%, 12% de contenido de agua respectivamente. Tal como se muestra en la tabla N° 32.

**Tabla 31:** Mezclas preliminares de Slurry Seal tipo III de Apertura Rápida

<b>Material</b>	<b>Dosificación</b>	<b>Mezcla</b>	<b>Mezcla</b>	<b>Mezcla</b>
		<b>preliminar 1</b>	<b>preliminar 2</b>	<b>preliminar 3</b>
Emulsión	15 %	60	60	60
Agregado	100 %	400	400	400
Filler	1.5 %	4	4	4
Agua	Variable %	32	40	48
		8%	10%	12%

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Diferentes contenidos de agua

La consistencia de las mezclas anteriores 1, 2 y 3 son 2 cm, 3 cm, 37 cm respectivamente, donde el valor promedio es 2.9 cm, en este sentido sé cómo el contenido de humedad óptimo es el diseño premilitar 2do. Cumplido, totalmente compatible con las especificaciones ISSA A 105 como se muestra en la Tabla 33.

**Tabla 32:** Contenido óptimo de agua

Contenido de agua (%)	Resultado Lectura (cm)	Especificaciones ISSA A 105
8	2.0	2.0-3.0 cm
10	3.0	2.0-3.0 cm
12	3.7	2.0-3.0 cm

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Contenido óptimo de agua % contenido de agua = 11%

➤ **Ensayo de tiempo de mezcla**

Se eligió el diseño de la mezcla preliminar 2, con un 11% de agua, 15% de emulsión asfáltica y 1.5% de filler con respecto a 200 gr de agregado seco, dicha mezcla no cumplió con lo establecido por la ISSA 105 y la EG 2013.

Los tres polímeros (SBR) se agregaron en diferentes proporciones, para mejorar las propiedades de la mezcla también se agregó un aditivo (sulfato de aluminio) al 1% en peso con respecto al agua, optimizando así la trabajabilidad de la mezcla como se muestra en la tabla 34.

**Tabla 33.** Contenido de polímero

Componentes	Dosificación	M-1	M-2	M-3
Emulsión	1 % polímero	15%	30 gr	
	2 % polímero	15%		30 gr
	3 % polímero	15%		30 gr
Agregado	100%	200 gr	200gr	200gr
Filler	1.5%	3 gr	3 gr	3 gr
Agua	10%	20 gr	20 gr	20 gr
Aditivo	1%	2 gr	2 gr	2 gr
Tiempo de mezcla		178 seg.	186 seg.	198 seg.

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Contenidos distintos de polímero

Resultados del tiempo de mezclado de la muestra, se eligió la adición de 3% de polímero para asegurar una buena cohesión. Los resultados cumplen satisfactoriamente con las especificaciones ISSA A 105 y EG 2013, esto se muestra en la Tabla 35.

**Tabla 34.** Resultado del ensayo de tiempo de mezcla

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Especificaciones ISSA A 105- EG 2013</b>
Tipo de mezcla (1 % polímero)	176 seg	180 seg.Minimo
Tipo de mezcla (2 % polímero)	188 seg	180 seg.Minimo
Tipo de mezcla (3 % polímero)	196 seg	180 seg.Minimo

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Contenido óptimo de polímero

➤ **Ensayo de desprendimiento en húmedo**

La mezcla utilizada en las pruebas anteriores tuvo un recubrimiento de emulsión asfáltica del 95% sobre el agregado, cumple satisfactoriamente con los requisitos de ISSA A 105 y EG 2013 como se muestra en la Tabla 36, con los resultados, se puede concluir que la emulsión bituminosa o asfálticas utilizado fue suficiente para esta prueba.

**Tabla 35.** Resultado del ensayo de desprendimiento en húmedo

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Especificaciones ISSA A 105 –EG 2013</b>
Desprendimiento	95%	90 % min

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Desprendimiento de la mezcla

➤ **Ensayo de abrasión en húmedo WTAT**

Esta es la primera vez que se prueban tres prototipos de sellos tipo lechada de apertura rápida Tipo III para determinar la cantidad mínima de emulsión bituminosa requerida.

En la Tabla 37 se muestran tres planos iniciales para esta prueba en base a 800 gramos de árido seco.

**Tabla 36.** Diseños preliminares de Slurry Seal tipo III de apertura rápida

Componente	Dosificación	Diseño preliminar I	Diseño preliminar II	Diseño preliminar III
	6.8 % Asfalto residual modificado con polímero	12%	86	
Emulsion asfáltica	8.3 % Asfalto residual modificado con polímero	13%		
	9.5 % Asfalto residual modificado con polímero	14 %		
Agregado	100 %	800 gr	800 gr	800 gr
Filler	1.5%	12 gr	12 gr	12 gr
Agua	10%	80 gr	80 gr	80 gr
Aditivo	1%	8 gr	8 gr	8 gr

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Contenidos distinto de emulsión asfáltica

En la Tabla 38 se muestran los resultados obtenidos de cada diseño preliminar, donde se muestra los pesos antes y después de haber realizado el ensayo

**Tabla 37.** *Peso de probetas de los diseños preliminares*

<b>Componente</b>	<b>Diseño preliminar 1</b>	<b>Diseño preliminar 2</b>	<b>Diseño preliminar 3</b>
Peso inicial (gr)	561.92	55.84	579.24
Peso final ( gr)	544.24	543.83	572.64
Diferencia (gr)	17.66	12.04	6.62

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Pérdida por abrasión

En la tabla 48 se muestran los resultados de abrasión corregidas por un factor de 40.2 m<sup>2</sup>, lo cual lo establece la ISSA A 105

**Tabla 38.** *Factor de corrección según la ISSA*

<b>Factor de corrección</b>	<b>Diseño preliminar</b>	<b>Diseño preliminar</b>	<b>Diseño preliminar</b>
10.2 m <sup>2</sup>	580.9 gr/m <sup>2</sup>	395.5 gr/m <sup>2</sup>	217.5 gr/m <sup>2</sup>

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Perdida por abrasión por metro cuadrado

En la Tabla 40 se muestran que resultados de abrasión en húmedo de los tres diseños de mezcla, donde cumplen satisfactoriamente con las especificaciones de la ISSA A 105 y la EG 2013.

**Tabla 39.** *Resultados de la abrasión en húmedo WTAT*

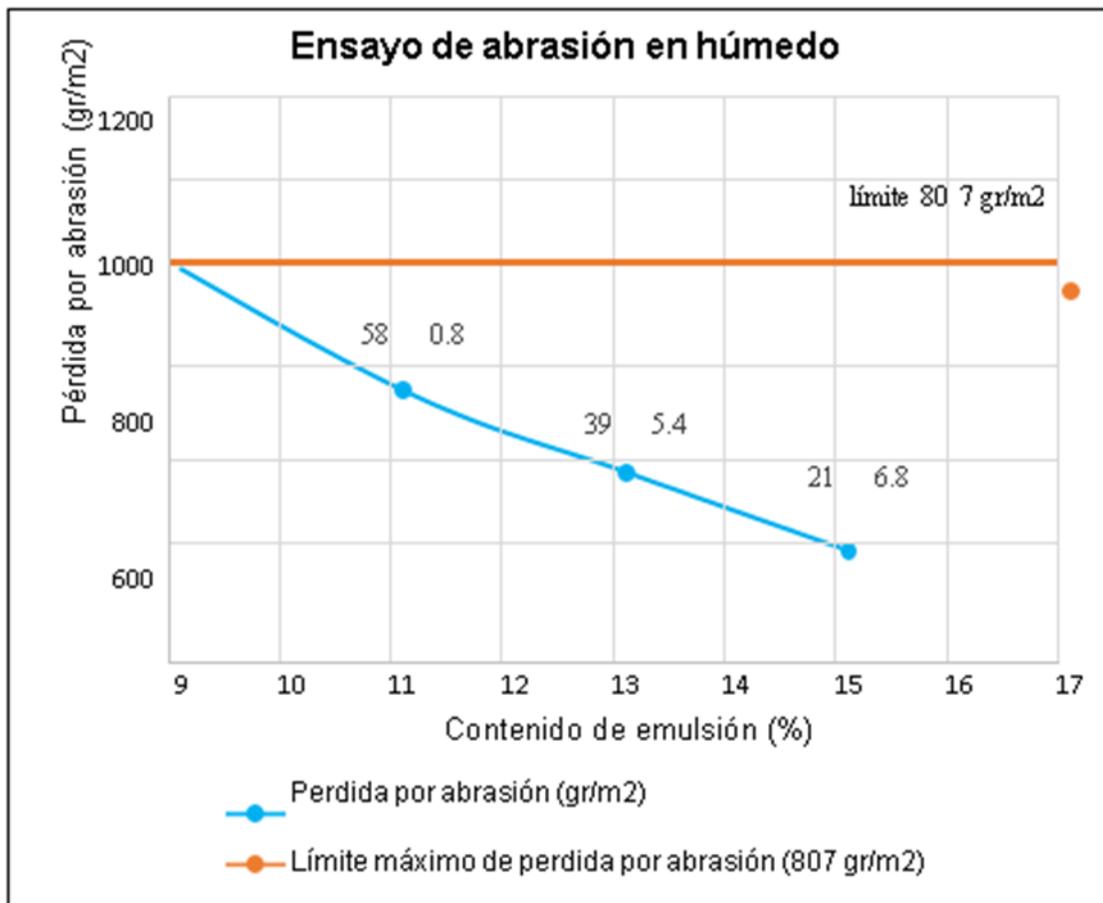
<b>Diseño preliminar</b>	<b>Cemento asfáltico modificado con polímero (%)</b>	<b>Emulsión</b>	<b>WTAT (gr/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Especificación ISSA A 105-EG 2013</b>
1	6.9	11	580.7	807 g/m <sup>2</sup> máximo
2	8.2	13	395.3	807 g/m <sup>2</sup> máximo
3	9.4	15	216.9	807 g/m <sup>2</sup> máximo

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Pérdida por abrasión

La Figura 16 muestra la tendencia del valor de pérdida por desgaste previo al diseño por debajo del límite máximo de desgaste de ISSA A 105 y EG 2013, lo que muestra que, si el contenido de

asfalto es arbitrario, no ocurrirán problemas de desgaste. Utilice lociones con un contenido mínimo del 13%.

**Figura 15** Tendencia de la abrasión en húmedo WTAT



➤ **Ensayo de rueda cargada LWT**

El contenido máximo de emulsión asfáltica se determinó en una segunda prueba de rendimiento utilizando los tres diseños originales de apertura rápida Mud Seal Tipo III de la primera prueba. El límite máximo para esta prueba será de 538 g/m<sup>2</sup> ya que su IMDA bidireccional es de 15.396 vehículos/día. El carril de entrada es de 6.982 vehículos/día y el de salida es de 8.512 vehículos/día, donde ver Anexo 8 (IMDA de caminos ensayados). Estos datos se determinan a partir de la Tabla 41: Este es el porcentaje máximo de arena adherida en el ensayo de rueda cargada especificado en ISSA A 105.

**Tabla 40.** Valores máximos de arena adherida

<b>Intensidad de trafico</b>	<b>IMDA</b>	<b>%Arena adherida (gr/m<sup>2</sup>)</b>
Ligero	0-300	750
Medio	300-1500	640
Pesado	1500-3000	590
Muy pesado	>3000	538

*Fuente:* (ISSA, 2010). *Nota:* Valores máximos de arena adherida

En la tabla N° 42, se muestran los tres diseños preliminares

**Tabla 41.** Diseños preliminares de Slurry Seal tipo III de apertura rápida

<b>Componente</b>	<b>Dosificación</b>	<b>Diseño preliminar I</b>	<b>Diseño preliminar II</b>	<b>Diseño preliminar III</b>
Emulsión asfáltica	11 %	44 gr		
	13 %		52 gr	
	15 %			60 gr
Agregado	100 %	400 gr	400 gr	400 gr
Filler	1.5 %	6 gr	6 gr	6 gr
Agua	10 %	40 gr	40 gr	40 gr
Aditivo	1 %	4 gr	4 gr	4 gr

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Contenido de emulsión asfáltica diferentes

En la Tabla 43 se muestran los resultados obtenidos de cada diseño preliminar, donde se muestra los pesos antes y después de haber realizado el ensayo.

**Tabla 42.** *Peso de probetas de los diseños preliminares*

<b>Componentes</b>	<b>Diseño Preliminar</b>	<b>Diseño preliminar</b>	<b>Diseño preliminar</b>
	<b>I</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso inicial (gr)	371.88	372.01	372.69
Peso final (gr)	376.51	377.06	378.77
Diferencia (gr)	4.63	5.05	5.88

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Arena adherida

En la Tabla 44 se muestran los resultados de arena adherida por el ensayo de rueda cargada corregidas por un factor de 1 entre en área de la probeta, la cual es de 0.01354745 m<sup>2</sup>.

**Tabla 43.** *Factor de corrección según la ISSA*

<b>Factor de corrección</b>	<b>Diseño preliminar</b>	<b>Diseño preliminar</b>	<b>Diseño preliminar</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1/0.01354836	341.6 gr/m <sup>2</sup>	372.6 gr/m <sup>2</sup>	434.1 gr/m <sup>2</sup>

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Factor de corrección respecto al área del molde

En la Tabla 45 se muestran que resultados de arena adherida por el ensayo de rueda cargada corregidas, donde los tres diseños de mezcla cumplen satisfactoriamente con las especificaciones de la ISSA A 105 y la EG 2013.

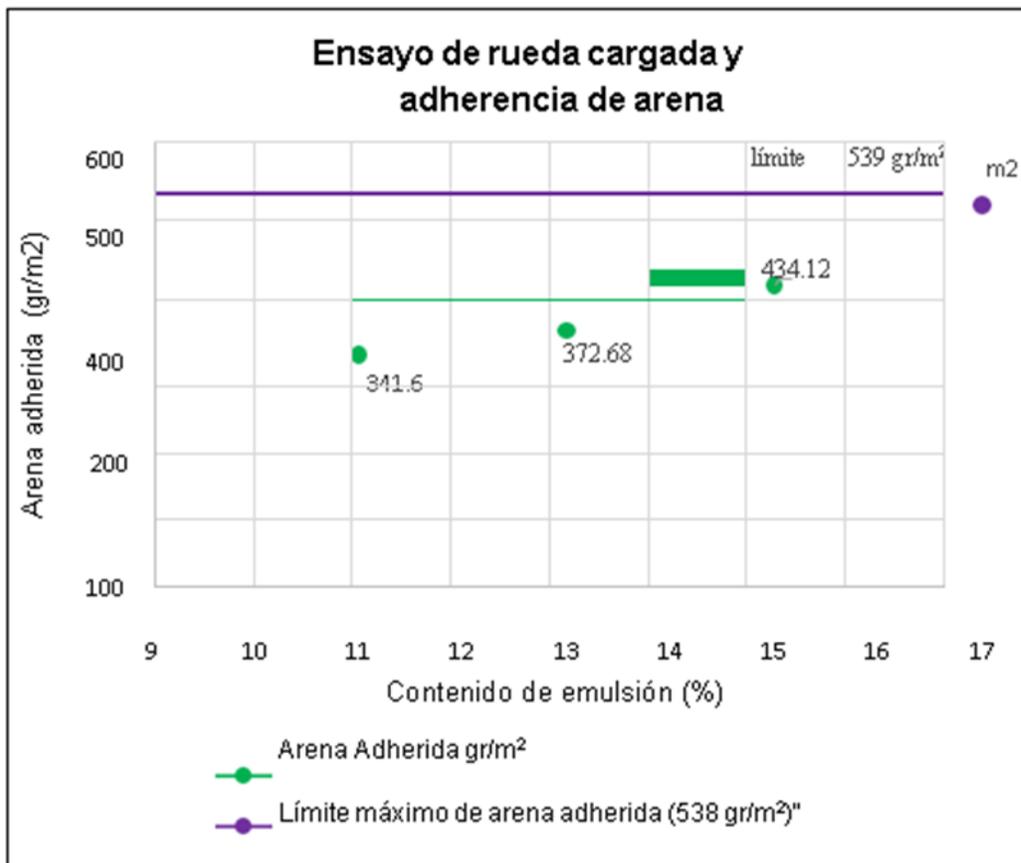
**Tabla 44.** *Resultados de la rueda cargada LWT*

<b>Diseño preliminar</b>	<b>Cemento asfáltico</b>			<b>LWT(gr/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Específicos ISSA A 105- EG 2013</b>
	<b>Modificado con polímero</b>	<b>Emulsión</b>			
1	6.9	11	341.6	538 g/m <sup>2</sup> máximo	
2	8.2	13	372.6	538 g/m <sup>2</sup> máximo	
3	9.4	15	434.1	538 g/m <sup>2</sup> máximo	

*Fuente:* Elaboración propia *Nota:* Arena adherida.

La Figura 16 muestra la tendencia de los valores de pérdida por desgaste que están por debajo de los valores límite máximos establecidos por ISSA A 105 y EG 2013. Esto demuestra que, si ambas estructuras se realizan con no más del 15% de emulsión bituminosa, no se producirán fugas de asfalto.

**Figura 16.** Tendencia de la arena adherida LWT



**Nota:** Diseño final del Slurry Seal tipo III de apertura rápida

El contenido ideal de emulsión asfáltica se estableció aplicando la Ecuación 8 a los resultados del ensayo de abrasión en húmedo y de rueda cargada, que se resumen en la tabla 46.

**Tabla 45: Resultados WTAT – LWT**

Diseño preliminar	Emulsión(%)	Abrasión en húmedo WTAT (gr/m <sup>2</sup> )	Rueda cargada LWT (gr/m <sup>2</sup> )	Especificación ISSA A 105-EG 2013	
				Mínimo	Máximo
1	11	580.7	341.6	538 g/m <sup>2</sup> máximo	807 g/m <sup>2</sup> máximo
2	13	395.3	372.6	538 g/m <sup>2</sup> máximo	807 g/m <sup>2</sup> máximo
3	15	216.9	434.1	538 g/m <sup>2</sup> máximo	807 g/m <sup>2</sup> máximo

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Contenido óptimo de agua

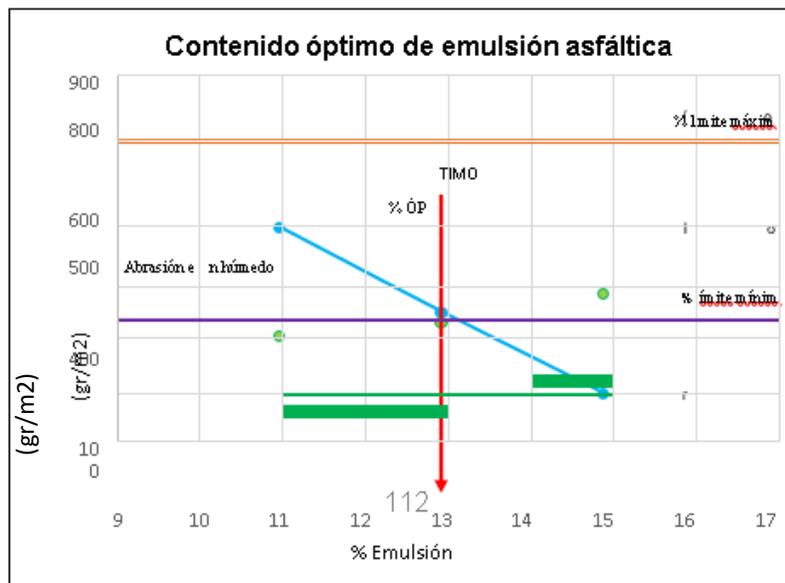
Ecuación N° 8: Contenido óptimo de emulsión asfáltica ISSA A 105

$$\% \text{ óptimo emulsión asfáltica} = \frac{\% \text{ emulsión máx.} - \% \text{ emulsión mín}}{2} + \% \text{ emulsión mín}$$

$$\% \text{ óptimo emulsión asfáltica} = 13\%$$

La Figura 18 nos muestra el contenido mínimo de asfalto es 13% y el máximo contenido de asfalto es 15%, del cual se determinó 13% como contenido óptimo de emulsión asfáltica.

**Figura 17. Contenido óptimo de emulsión asfáltica**



Por lo tanto, en este estudio, la dosis final y el contenido óptimo del diseño de sello tipo lechada de apertura rápida tipo III para mantener la capa superficial de asfalto de la

carretera se muestran en la Tabla 47.

**Tabla 46.** *Diseño de Slurry Seal tipo III de apertura rápida*

<b>Componente</b>	<b>Dosificación</b>
Emulsión asfáltica CQS-1hp	15 %
Agua	10%
Aditivo (sulfato de aluminio)	1%
Filler(cemento Portland tipo I)	1.5 %

**Fuente:** Elaboración propia. **Nota:** Contenido óptimo de agua

Compuesto por 13 % de emulsión asfáltica CQS-1hp, 1,5 % de agregado (cemento Portland tipo I), 10 % de agua y 1 % de aditivo (sulfato de aluminio), el diseño de sello de lechada tipo III de apertura rápida proporcionará resultados notables. De Resultados del mantenimiento asfáltico del tramo Evitamiento. Avenida Mariscal Castilla y Avenida Huancavelica; El diseño desarrollado es satisfactorio

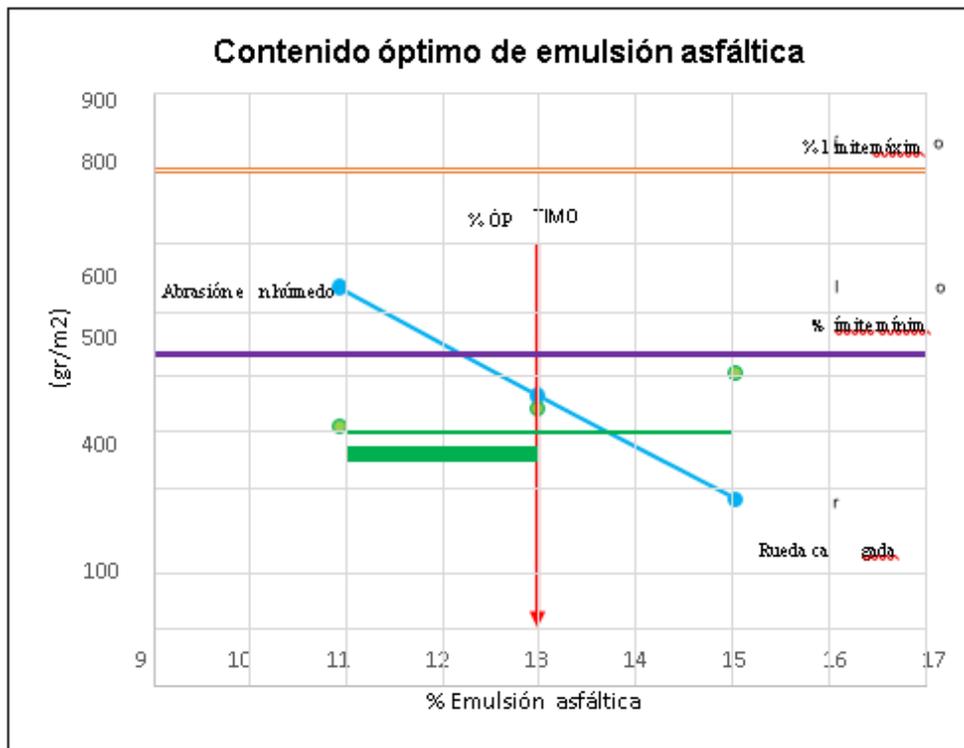
➤ **Resultado general**

La aplicación del Slurry Seal para el mantenimiento de la superficie asfáltica en la carretera Cañete - Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas – Chupaca - Huancayo – desvió Pampas.

➤ **Evaluación del comportamiento por los ensayos de desempeño**

El uso de sellos tipo lechada de liberación rápida tipo III fue confirmado por la prueba de desgaste húmedo WTAT. tendrá un impacto significativo ya que tendrá una buena resistencia al desgaste a medida que la superficie del asfalto se satura durante esta prueba. Exposición del vehículo al agua Cuando se probó en ruedas cargadas con ruedas ligeras, se determinó que el rendimiento de sellado de la suspensión de liberación rápida Tipo II era significativo debido a su buena resistencia a las fugas, ya que esta prueba simula una superficie de asfalto expuesta al tráfico Vehículos pesados.

**Figura 18.** Contenido óptimo de emulsión asfáltica



➤ **Ensayo de cohesión en húmedo**

Es el ensayo final con el cual se determinó el tiempo de apertura al tráfico, para lo cual se realizaron 4 probetas con el diseño óptimo de Slurry Seal tipo III de apertura rápida donde se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 48.

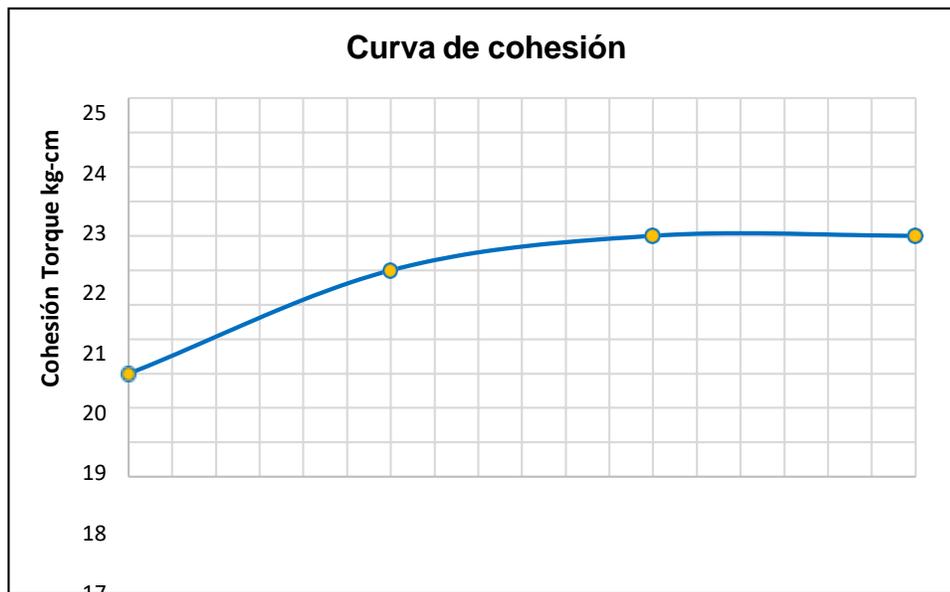
**Tabla 47:** *Ensayo de cohesión en húmedo*

Temperatura del laboratorio	Especificaciones EG 2013	Resultados de cohesión (kg-cm)			
		30 min	60 min	90 min	120 min
27 °C	30 minutos, 12 kg/cm min  60 minutos, 20 kg/ cm	16	18	20	21

*Fuente:* Elaboración propia. *Nota:* Contenido óptimo de agua.

La Figura 20 muestra una curva de correlación que muestra que el pavimento asfáltico en la carretera de estudio estaba listo para el tráfico 90 minutos después de la aplicación del sello tipo lechada de liberación rápida Tipo III.

**Figura 19.** *Curva de cohesión en húmedo*



El contenido máximo de emulsión asfáltica se determinó en una segunda prueba de rendimiento utilizando los tres diseños originales de apertura rápida Mud Seal Tipo III de la primera prueba. Dispositivo de Apertura Rápida Slurry Seal Tipo III está diseñado para mantener la superficie asfáltica en el tramo Avenida Evitamiento: Cañete - Lunahuana - Dv Yauyos - Ronchas - Chupaca - Huancayo-Dv. Pampas ofrecerá resultados notables ya que

se desempeña bien en las pruebas de rendimiento y garantiza una buena resistencia a la abrasión (determinada mediante pruebas de abrasión húmeda). También garantiza una buena resistencia a la abrasión. Se determina mediante pruebas de ruedas de carga; y finalmente, mediante la realización de una prueba de cohesión, se demostró que esta tecnología de mantenimiento optimiza el tiempo de circulación. determinado mediante una prueba de cohesión que se realiza 90 minutos después de haber sido colocado sobre la superficie asfáltica.

## **CAPITULO VI**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

a) Evaluando el estado actual de la ruta de desvío entre Cañete y Lunahuana. Desvío vía Yauyos, Ronchas, Chupaca y Huancayo. De acuerdo a la calificación del PCI, Pampas por el método del PCI arrojó un valor ponderado del PCI de 49.58, lo que indica que la carretera se encuentra en regular estado. En consecuencia, la carretera requiere de un mantenimiento periódico, en el que se deben bachear los puntos críticos, sellar las grietas y renovar toda la superficie en general. Como resultado, debería diseñarse un Slurry Seal tipo III para conseguir una superficie de rodadura mejorada, se acepta a este respecto la hipótesis específica de que un tipo adecuado de lechada produce resultados significativos en el estado actual de la superficie asfáltica, lo que se confirma con los siguientes estudios (6) aplicación de Slurry Sealing para Proteger la Carretera Abancay-Sañayca, 2021, el cual concluye que es claro que el uso de Slurry Sealing para mejorar el tratamiento superficial de la Carretera Abancay-Sañayca se puede evaluar utilizando el porcentaje óptimo de emulsión para mejorar El Abancay - Mejoramiento del Índice de Adhesión del sello de licuefacción en la carretera Sañayca es de gran importancia, con valores promedio para los diferentes tratamientos (T1=11.7%, T2=13.7%, T3=15.7% y T4= 17.7). %) fueron usados en las cuatro repeticiones. Las características del Slurry Seal de la marca CSS-1HP utilizado para el tratamiento de la carretera Abancay-Sañayca, del cual se realizaron cuatro réplicas para aumentar la precisión del análisis, muestran que el residuo bituminoso según la norma ASTM D 244 permite al menos Se ha encontrado al menos un 60% y 61.83% de residuos de asfalto y luego también

se realizó una prueba de penetración (25°C, 100g, 5s), la norma ASTM D 5 permite de 85mm a 100mm y se encuentra que para este estudio. , la norma permite 95,38 mm, y finalmente la recuperación de la elasticidad torsional según la norma NLT 329, que indica al menos un 12%, y las muestras arrojaron un promedio de 14,41%, que también está en el área permitida por las normas técnicas. , por lo que la emulsión Emultec CSS1HP cumple con los requisitos regulatorios, por lo que está aprobada para su tratamiento en la carretera Abancay-Sañayca en beneficio de los usuarios y alargar su vida.

Se han determinado las propiedades de los componentes de licuefacción del pavimento, como estudios de tamaño de partículas de agregados para determinar el porcentaje de roca que pasa por varios tamices (3/8" a 9,53 mm, a 74 mm (p. N°. 200), en términos de equivalente de arena. , se encontró que el equivalente de arena es 71%, lo que significa que cumple con ambos criterios, considerando la prueba de cohesión húmeda, que es una muestra de emulsión al 4% (T1 = 11.7% emulsión, T2 = 13.7% emulsión, T3 = 15.7% emulsión y T4=17,7% de emulsión) y se determinó según las reglas estándar ISSA TB 139, Esto permite comprobar la correlación después de 30 minutos, 60 minutos, 90 minutos y un mayor porcentaje de emulsiones da más cohesión y en tiempos de análisis de emulsión más largos, la cohesión es mayor y puede superar fácilmente los estándares analíticos de al menos 12 kg/cm para un análisis de 30 minutos y al menos 20 kg/cm para un análisis de 60 minutos, por lo que se puede concluir que todos los procedimientos cumplen con los estándares técnicos.

b) Los componentes del sello tipo lechada cumplen satisfactoriamente con las especificaciones de ISSA A 105 y EG 2013, lo que brindará resultados significativos en los caminos investigados. Se determinó que el componente principal del sello tipo lechada es el agregado (arena triturada 3/8" ), debido a que el tipo de emulsión bituminosa (emulsión bituminosa CQS) se define por sus propiedades, y se determinó que es importante la adición de aditivos (sulfato de aluminio) para obtener una mezcla utilizable y finalmente cómo se hace. estudió el intenso tráfico rodado y el clima de la Región (templado seco), adecuado para esta mezcla bituminosa emulsionada CQS-1hp. Se hicieron ciertas suposiciones al respecto a la caracterización de la composición selladora de la lechada asfáltica producida para el tratamiento de superficies "Resultados notables ". Esto está respaldado por (5) el documento Tratamiento de superficie mediante sellado con lechada para mejorar la autopista

de Santa Rosa a San Francisco de Río en mayo -2016, que concluyó que el método de sellado con lechada para preparar la superficie del pavimento es un propuesta viable para mejoras de la Autopista Santa Rosa a San Francisco de Río Río Mayo.

c) El diseño de Slurry Seal para el mantenimiento de la superficie asfáltica de la Av. Evitamiento tramo: desde la carretera Cañete -Lunahuaná – desvió. Yauyos - Ronchas – Chupaca-Huancayo - desvió. Pampas, será del tipo III, el cual va a generar resultados significativos, ya que está compuesto con de 13% de emulsión asfáltica CQS-1hp, 1.5% de filler (cemento portland tipo I), 10 % de agua y 1% de aditivo (sulfato de aluminio); donde el diseño desarrollado cumple satisfactoriamente con las especificaciones tanto de la ISSA A 105 y la EG 2013, debido a que la emulsión asfáltica usada para el diseño, contiene polímeros y aditivos, los cuales han mejorado las propiedades de la mezcla, garantizando una mejor resistencia al desprendimiento, al agrietamiento por fatiga, en tal sentido se acepta la hipótesis específica. El diseño del Slurry Seal genera resultados significativos para el mantenimiento de la superficie asfáltica, lo cual se sostiene con la tesis de (8).Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio del corredor vial Av. Velasco Astete –altura del aeropuerto, calle los rosales, calle gardenias, av. evitamiento, urb. agua buena aplicando la metodología del HCM 2010 y propuesta de solución en el año 2018, donde concluyo que se ha cumplido parcialmente la hipótesis principal, los niveles de servicio del corredor vial Av. Velasco Astete –altura del aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena, están en el rango de E y F, tal como se observa en el análisis operacional 2018, con excepción de la intersección 1 donde el Nivel de Servicio es A.

### **Discusión general**

El sellado superficial está diseñado para mantener la superficie asfáltica en el tramo de Avenida Evitamiento: Cañete-Lunahuaná - circunvalación. Yuyos - Ronchas - Chupaca - Huancayo - Libramiento. Pampas ofrecerá resultados notables ya que se desempeña bien en las pruebas de rendimiento, garantiza una buena resistencia al desgaste (según lo determinado por la prueba de desgaste en húmedo) y también garantiza una buena resistencia a las fugas de asfalto (según lo determinado por las ruedas cargadas). Finalmente, en la prueba de cohesión, Se comprobó que esta tecnología de mantenimiento optimiza el tiempo de apertura, el cual se producirá dentro de los 90 minutos posteriores a la aplicación a la superficie

asfáltica, según lo determinado por la prueba de cohesión, dijo en este sentido, se acepta la hipótesis del comportamiento de la suspensión. El sello ha brindado importantes resultados en la carretera Cañete-Lunavana-Libramento Yauyos-Ronchas-Chupaca-Huancayo-Desvío para mantenimiento de asfalto. Pampas apoyada por investigaciones de (45), Análisis Tecnoeconómico del Tratamiento Superficial de la Presa Poechos (Km 3.600 a 7.500) con Sellos Lodosos y Dobles Capas en la Región de Rancones, Provincia de Surán, Provincia de Piura , concluye con base en la información brindada. por la constructora Málaga Hnos. S.A., incluyendo pruebas de laboratorio y estudios de tránsito de la carretera de la presa de Poechos está reconocida como vía no pavimentada categoría 3 de bajo tránsito, y adicionalmente cuenta con una condición de pavimento adecuada Manual de Carreteras del MTC - Protección Vial luego de aplicar el método. definido como "bueno".

## CONCLUSIONES

1. El uso de Slurry Seal produce resultados significativos para el mantenimiento de la superficie asfáltica porque el diseño asegura una buena resistencia a la acción abrasiva del tráfico y una cohesión adecuada que evita la exudación bajo las cargas del tráfico pesado, y la apertura al tráfico se da 90 minutos después de la aplicación.
2. Los Cañete-Lunahuaná-desvió. Yauyos-Ronchas-Chupaca-Huancayo-dv. Pampas se encuentra en regular deterioro debido a la presencia de daños como grietas, parches, huecos y desgaste superficial, siendo este último el más notorio. En consecuencia, la carretera requiere de un mantenimiento periódico, donde se deben realizar reparaciones de dichos daños y la renovación de toda la superficie en general.
3. Dado que los componentes del Slurry Seal cumplen satisfactoriamente los requisitos tanto de EG 2013 como de ISSA A 105, su caracterización tiene importantes implicaciones para el mantenimiento de la superficie asfáltica.
4. El diseño de Slurry Seal para el mantenimiento de la carpeta asfáltica de la carretera Cañete-Lunahuaná-dv. Yauyos-Ronchas-Chupaca-Huancayo-dv. Pampas será del tipo III, el cual está compuesto por 13% de emulsión asfáltica CQS-1hp, 1.8% de filler (cemento portland tipo I), 11% de agua, y 1.5% de aditivo (sulfato de aluminio).

## RECOMENDACIONES

1. La compactación con Slurry Seal es recomendada para el mantenimiento de la capa asfáltica en la variante Cañete-Lunahuaná-Yauyos-Ronchas-Chupaca-Huancayo-Pampas, ya que no sólo es eficiente, sino que optimiza el tiempo de trabajo y es amigable con el medio ambiente. Porque la emulsión asfáltica es uno de sus componentes y es beneficiosa. Por tanto, se recomienda esta técnica de mantenimiento cuando se trabaja en vías urbanas.
2. Para convertir un círculo vicioso en uno virtuoso y evitar hacer grandes desembolsos económicos en su reparación o reconstrucción, es fundamental identificar lo antes posible cualquier problema existente en la superficie asfaltada, así como el tipo y la técnica de mantenimiento adecuada que se necesita.
3. Dado que el objetivo principal del Slurry Seal es proteger la superficie existente y resistir la acción abrasiva del tráfico y los agentes externos, es fundamental preparar la superficie sobre la que se aplicará. Esto garantizará que la estructura del pavimento flexible cumpla correctamente su función de soporte de cargas, que depende de los componentes y el diseño del Slurry Seal.
4. Se aconseja que el Slurry Seal contenga polímeros porque esto mejora las propiedades de la mezcla y garantiza años de vida útil. Esta vida útil puede aumentarse utilizando los materiales adecuados, siguiendo los procedimientos de construcción correctos y utilizando el equipo adecuado al aplicar el Slurry Seal a la superficie de asfalto. También es crucial que el Slurry Seal tenga una apertura rápida porque su objetivo es evitar largos cortes de tráfico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VASQUEZ, Arturo and BENDEZU, Luis. *Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú*. Online. 2008. ISBN 9789972804830. Available from: <https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/dyp-39.pdf> investigación sobre el desarrollo de las inversiones, mirando su desarrollo en el tiempo, su economía etc en el Peru
2. TORRES, Yvone. *Comportamiento de Slurry seal para el mantenimiento de la superficie asfáltica, El tambo*. Online. Universidad Peruana Los Andes, 2016. Available from: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1592> Tesis de segunda especialidad
3. PEÑALOZA, Keyner. *Aplicación del programa modelo desarrollo y gestión de carreteras -4 en gestión para el mantenimiento de la Av. Amancaes*. Online. Universidad Peruana Los Andes, 2020. Available from: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1592> Tesis de segunda especialidad
4. CAMPANA, Juan. *Mantenimiento Vial. Informe Sectorial*. Online. 2010. ISBN 9789806810495. Available from: [http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS\\_Mantenimiento\\_vial.pdf](http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS_Mantenimiento_vial.pdf)
5. ORTEGA, Sandra and ANGULO, Kairy. *Estudio y diseño geométrico del corredor vial calle 10 Sur con Avenida 1 Ubicado en la comuna 8 del Barrio Doña Nidia de la ciudad de San José de Cucuta, Norte de Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander, 2018.
6. CALIZAYA, Angel and SOTO, Wilfredo. *Aplicación de Slurry Seal para la Conservación de la Carretera Abancay-Sañayca, 2021*. Online. Universidad Cesar Vallejo, 2021. Available from: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79409/Calizaya\\_AAY-Soto\\_PW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79409/Calizaya_AAY-Soto_PW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
7. QUINTANA, Jackeline. *Mortero asfáltico o Slurry Seal como tratamiento superficial para pavimentos de afirmado*. Online. Universidad Ricardo Palma, 2018. Available from: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1521> Tesis
8. TORRES, Moises. *Tratamiento superficial utilizando Slurry Seal para el mejoramiento de la carretera Santa Rosa a San Francisco de Rio Mayo -2016*. Online. Universidad Cesar Vallejo, 2018. Available from: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>
9. RAMIREZ, Alvaro. *Evaluación técnica y de costos entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín - 2019*. Online. Universidad Científica del Perú, 2020. Available from: [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1017/TESIS\\_ING.CIVIL\\_ALVARO RAMIREZ\\_TITULO\\_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1017/TESIS_ING.CIVIL_ALVARO_RAMIREZ_TITULO_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

10. CRIOLLO, Cristhopher. *Análisis técnico-económico entre el tratamiento superficial con slurry seal y bicapa para la corona de la presa poechos (desde km 3+600 – hasta km 7+500), distrito Lancones, provincia de Sullana, departamento de Piura.* . Universidad Nacional de Piura, 2020. Comportamiento de la mezcla asfáltica agregando caucho reciclado en pavimentos flexibles, Ate, Lima-Perú, 2018 Agustín Nicolás ROBLES ROMERO
11. PALOMINO, Melanie and ARRIAGA, Américo. *Determinación de la Capacidad Vial y Nivel de Servicio del Corredor Vial Av. Velasco Astete Altura del Aeropuerto, Calle los Rosales, Calle Gardenias, Av. Evitamiento, Urb. Agua Buena Aplicando la Metodología del HCM 2010 (Tesis).* Online. Universidad Andina del Cusco, 2019. Available from: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3483>
12. SALDAÑA, Bryan and TAIPE, Wyler. *Rehabilitación Y Mejoramiento En Vías De Bajo Volumen De Tránsito a Nivel Tratamiento Superficial Slurry Seal Canayre- Puerto Palmeras-Ayacucho.* Online. Universidad San Martin de Porras, 2018. Available from: [https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/4545/saldana\\_taipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/4545/saldana_taipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
13. ASPHALT INSTITUTE. Manual Basico de asfalto. *Asphalta institute.* 2010. Vol. 19.
14. PEQUEÑO, Daniel. *Comparacion De Costos Y Tecnologia De Mantenimiento Utilizando Slurry Seal Y Mantenimiento Convencional En Un Pavimento Flexible.* . Universidad Privada del norte, 2015. El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por el(la) Bachiller Daniel Andrés Pequeño Otoya, denominada: Ing. Irene Ravines Azañero ASESOR
15. GUERREROS, Shermaly. *Influencia Del Agregado Y Del %Asfalto Para La Recuperación De La Textura De Pavimentos Flexibles" Presentado Por.* Online. Universidad Peruana Los Andes, 2020. Available from: [https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1735/T037\\_70245523\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1735/T037_70245523_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
16. YARANGO, Eduardo. *Rehabilitación De La Carretera De Acceso a Reflexión De Grietas Y Prolongar La Vida Útil del pavimento.* Online. Universidad Ricardo Palma, 2014. Available from: [https://www.academia.edu/36930942/UNIVERSIDAD\\_RICARDO\\_PALMA\\_REHABILITACIÓN\\_DE\\_LA\\_CARRETERA\\_DE\\_ACCESO\\_A](https://www.academia.edu/36930942/UNIVERSIDAD_RICARDO_PALMA_REHABILITACIÓN_DE_LA_CARRETERA_DE_ACCESO_A)
17. VERA, Juan Carlos. *Mejoramiento Con Emulsión Asfáltica De Bases Granulaes, Para Pavimentos En La Región Lambayeque.* Online. 2015. P. 225. Available from: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/612/BC-TES-4736.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. BALLENA, Chystian. *Utilizacion de fibras de polietileno de botella de palastico para su aplicacion en el diseño de mezclas asfálticas ecologicas.* Online. Universidad Señor de Sipan, 2016. Available from:

<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/2256/TESIS - DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO CON POLIETILENO.pdf?sequence=1>

19. GONZALES, Wilfredo, JIMENES, Mario and LOPEZ, Ruby. *Guia basica para el uso de emulsiones asfalticas en la estabilizacion de bases en caminos de baja intensidad en el salvador*. Online. Universidad de el Salvador, 2007. Available from: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/2256/TESIS - DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO CON POLIETILENO.pdf?sequence=1>
20. MERCADO, Ronald, BRACHO, Carlos and AVENDAÑO, Jorge. *Emulsiones asfalticas Uso-Rompimiento*. Online. 2008. Available from: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S365A.pdf>
21. CERON, Jasmin, MARTINES, Sergio and MORALES, Marjorie. *Tratamiento superficial simple tipo cape seal como tecnica de preservacion en pavimento flexible*. Online. Universidad de el Salvador, 2013. Available from: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15309/1/TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE TIPO CAPE SEAL COMO TÉCNICA DE PRESERVACIÓN EN PAVIMENTO FLEXIBLE.pdf>
22. HERNANDEZ, Jose, SANCHEZ, Victor, CASTILLO, Irene, DAMIAN, Sergio and TELLEZ, Rodolfo. *Impacto ambiental de proyectos carreteros, efectos por la construccion y conservacion de superficies de rodamiento: I pavimentos Flexibles*. Ciudad de Mexico, 2001.
23. GUTIERREZ, Gabriel and BRAVO, Julian. *Tendido de carpeta asfáltica*. Online. 2006. Available from: [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/16368/decd\\_4613.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/16368/decd_4613.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
24. ROLANDO, Freddy. *Estudio comparativo entre mezclas asfalticas con diluido RC- y emulsiòn*. Online. Universidad de Piura, 2002. Available from: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1334/ICI\\_076.pdf?sequence=1%3F](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1334/ICI_076.pdf?sequence=1%3F)
25. ORELLANA, Mauricio, PEÑA, Edgar and PEREZ, Blanca. *Propuesta de diseño y proceso constructivo de lechada asfaltica en el mantenimiento de obras viales en el Salvador*. Online. Universidad de El Salvador, 2015. Available from: <https://docplayer.es/58924579-Propuesta-de-diseno-y-proceso-constructivo-de-lechada-asfaltica-en-el-mantenimiento-de-obras-viales-en-el-salvador.html>
26. REYNOSO, William and ZELAYA, Nixon. *Estudio de los agregados de la cantera de (Cagari) para la elaboracion de la mezcla asfaltica para pavimento flexible en la provincia de Huanta-Ayacucho*. Online. Universidad Nacional de Huancavelica, 2014. Available from: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/13e92727-f9e5-40f1-b4fe-55571f4f6956/content>

27. GIOCONDA, G de Celis and ALBORNOZ, Yucely. Emulsiones asfálticas. . 2014.
28. HUARCAYA, Yaneth and HUACHO, Franklin. *Propuesta técnica para un área deportiva de multiuso con la utilización de micropavimento en la I.E N° 36214 de Bellavista-Lircay*. Online. Universidad Nacional de Huancavelica, 2015. Available from: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4668571a-2aa8-4531-8c4f-e659f16f9fbc/content>
29. LAURA, Samuel. *Diseño de Mezclas de Concreto*. 2006. Puno-Perú.
30. SALAZAR, Marcelo. Preparación del mortero asfáltico.-slurry seal. . 2011.
31. TEREZON, Sugely. *Programa de mantenimiento basado en la técnica de pavimentos perpetuos para la gestión municipal, con aplicación específica para la ciudad de Armenia*. Online. Universidad de El Salvador, 2007. Available from: [https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4388/1/Programa de mantenimiento basado en la técnica de pavimentosperpetuos para la gestión municipal, con aplicación específica para la ciudad de Armenia.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4388/1/Programa%20de%20mantenimiento%20basado%20en%20la%20t%C3%A9cnica%20de%20pavimentos%20perpetuos%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20municipal,%20con%20aplicaci%C3%B3n%20espec%C3%ADfica%20para%20la%20ciudad%20de%20Armenia.pdf)
32. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos. Online. 2012. Available from: [https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4388/1/Programa de mantenimiento basado en la técnica de pavimentosperpetuos para la gestión municipal, con aplicación específica para la ciudad de Armenia.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4388/1/Programa%20de%20mantenimiento%20basado%20en%20la%20t%C3%A9cnica%20de%20pavimentos%20perpetuos%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20municipal,%20con%20aplicaci%C3%B3n%20espec%C3%ADfica%20para%20la%20ciudad%20de%20Armenia.pdf)
33. BERGKAMP. Pavimentadoras de mortero asfálticas y micropavimentos. . 2012. Vol. 3.
34. CASTRO, Bryan and ZAMBRANO, Sharon. *Propuesta de empleo de diferentes tecnologías de capa de rodadura para pavimento flexible y en reforzamiento con diferentes tipos de sellado usando el equipo de riego con Slurry Seal y Micro pavimento de la Prefectura del Guayas*. Online. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2020. Available from: [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51690/1/T-70522 CASTRO-ZAMBRANO.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51690/1/T-70522%20CASTRO-ZAMBRANO.pdf)
35. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES REPÚBLICA DEL PERÚ. Manual técnico de mantenimiento rutinario para la red vial departamental no pavimentada. . 2006.
36. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES REPÚBLICA DEL PERÚ. Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. . 2006.
37. CARDENAS, John. *Estudio comparativo de metodologías de Relevamiento de fallas en caminos no pavimentados*. Online. Universidad Ricardo Palma, 2012. Available from: [https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok\\_es/000/691/691409.pdf.pdf?X-](https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/691/691409.pdf.pdf?X-)

Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20230926%2Fdc%2Fs3%2Faws4\_request&X-Amz-Date=20230926T095621Z&X-Amz-SignedHeaders=

38. VASALLO, Claudia. *Modelo de Gestion de conservacion vial para el mantenimiento vial del camino vecinal CA-538 Empalme San Agustin Huaral, Provincia de Jaen, Cajamarca*. . Universidad Privada Antenor Obrego, 2020.
39. ARONES, Percy and HUAMAN, Nancy. *manual en el tramo Luricocha - Huayllay - Pacchancca Tramo I , región Ayacucho - Periodo 2017*. Online. Universidad Cesar Vallejo, 2018. Available from:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26884/arones\\_ap.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26884/arones_ap.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
40. FERREYRA, Julio. *Actividades de Mantenimiento rutinario y periodico en una carretera del Peru*. . Universidad Nacional de Piura, 2012.
41. ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS. *Manual de diseño de conservacion vial*. . 2011. Vol. 5.
42. GARCIA, Eduardo. *Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales*. . 2009.
43. HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos and BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación*. . Sexta Edic. Mexico D.F, 2014.
44. VÁSQUEZ, Luis Ricardo. *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras*. *Ingepav*. Online. 2002. P. 90. Available from: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>
45. MOOTT, Robert. *Mecanica de fluidos*. . sexta edic. Mexico, 2006.

## ANEXOS

### ANEXO N° 01 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es el resultado del análisis técnico entre mantenimiento convencional versus la aplicación de Slurry Seal en la vía Cañete - Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿Cuáles son los comportamientos de la colocación Slurry Seal en una vía afirmada?</p> <p>b) ¿Cuáles son los comportamientos de la colocación en un mantenimiento convencional en una vía afirmada?</p> <p>c) ¿Cómo definir el tipo de mantenimiento: convencional o con Slurry Seal En la vía afirmada?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Comparar el resultado del análisis técnico entre mantenimiento convencional versus la aplicación de Slurry Seal en la vía Cañete - Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Analizar el comportamiento de la colocación Slurry Seal en una vía afirmada.</p> <p>b) Analizar el comportamiento del mantenimiento convencional en una vía afirmada.</p> <p>a) Establecer el tipo de mantenimiento: convencional o con Slurry Seal En la vía afirmada</p>	<p><b>Hipótesis general</b> El resultado del análisis técnico indica que el tratamiento superficial con la aplicación de Slurry Seal ofrece ventajas respecto mantenimiento convencional en la vía Cañete - Lunahuaná – desvió Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo – desvió Pampas -2022,</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) El comportamiento de la colocación Slurry Seal es muy amigable con el ambiente, fácil aplicación, lo cual permitirá una mejor vida útil de la vía afirmada.</p> <p>b) El comportamiento de la colocación de un mantenimiento convencional es mucho más complicado la aplicación, la vida útil es menos que la del Slurry Seal y sus costos son un poco más caros esto claramente será negativo para dicho mantenimiento de una vía afirmada.</p> <p>c) El tipo de mantenimiento será el Slurry Seal ya que aportará mejores ventajas a la vía afirmada.</p>	<p><b>Variable independiente (x):</b></p> <p><b>Variable dependiente (y):</b> <b>Mantenimiento con Slurry Seal</b></p> <p><b>Dimensiones:</b> Presupuesto Proceso Constructivo Norma Técnica</p> <p><b>Mantenimiento convencional</b></p> <p><b>Dimensiones:</b> Presupuesto Proceso Constructivo Norma Técnica</p>	<p><b>Método de investigación</b> Científico</p> <p><b>Tipo de investigación</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Explicativo – correlacional</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Cuasi experimental</p> <p><b>Población:</b> Superficie asfáltica de la carretera Cañete - Lunahuaná – dv. Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo - dv. Pampas, región Junín</p> <p><b>Muestra</b> Muestra no probabilística Superficie asfáltica de la carretera Cañete - Lunahuaná – dv. Yauyos - Ronchas –Chupaca-Huancayo - dv. Pampas, región Junín</p>

### Anexo Operacionalización de la variable

<b>Variable independiente 1</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Unidades de Medición</b>
Análisis tecno-económico	Es un enfoque del análisis bursátil diseñado para facilitar la toma de decisiones. A diferencia del análisis fundamental, se basa en el historial de precios del activo analizado, en lugar de tener en cuenta datos internos de la empresa o índices macroeconómicos generales	Es un enfoque del análisis bursátil diseñado para facilitar la toma de decisiones. A diferencia del análisis fundamental, se basa en el historial de precios del activo analizado, en lugar de tener en cuenta datos internos de la empresa o índices macroeconómicos generales	Calidad	Durabilidad	S/U
Variable dependiente 1	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos	Unidades de Medición
Mantenimiento aplicando SLURRY SEAL	Mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, filler, aditivos y agua. Tiene un espesor de 1.00 cm.	El tratamiento superficial con SLURRY SEAL tiene mayores ventajas tecnológicas y económicas que el mantenimiento convencional	Presupuesto	Tablas de Costos Unitarios	Análisis Costos Unitarios
					Presupuesto
			Proceso Constructivo	Tablas de comparación	Costo Directo, Gastos Generales
					Secuencia constructiva

					Maquinaria y Equipos
					vida util
			Norma Técnica	Información MTC	Pruebas de laboratorio
Mantenimiento convencional	Es el conjunto de tareas que se llevan a cabo continuamente junto a la carretera y que se realizan a diario en los distintos carriles. Su principal objetivo es la conservación de todos los componentes de la carretera con el menor número de ajustes o daños y manteniendo, en la medida de lo posible, las condiciones que tuvo en su día.	Es el conjunto de tareas que se llevan a cabo continuamente junto a la carretera y que se realizan a diario en los distintos carriles. Su principal objetivo es la conservación de todos los componentes de la carretera con el menor número de ajustes o daños y manteniendo, en la medida de lo posible, las condiciones que tuvo en su día	Presupuesto	Instrumentos Tablas de Costos Unitarios	Análisis Costos Unitarios
					Presupuesto
					Costo Directo, Gastos Generales
			Proceso Constructivo	Tablas de comparación	Secuencia constructiva
Norma Técnica	Maquinaria y Equipos				
				Información MTC	Pruebas de laboratorio