



Universidad Científica del Perú - UCP

*Registrado en el Asiento N° A00018 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

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”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. José Luis Noriega Dávila

AUTOR:

RAMÍREZ TRIGOZO, Álvaro

TARAPOTO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo Dios, por darme la vida en primer lugar y acompañarme en cada uno de mis proyectos, por dotarme de inteligencia y sabiduría para conducirme en esta vida, y por haberme dado una linda familia quienes me ayudaron en este proceso de terminar y titularme satisfactoriamente.

El Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero manifestar mi agradecimiento sincero a mis padres, porque siempre me han inculcado esa fuerza de superación, de seguir adelante para obtener mis metas, me inculcaron valores y principios que me han ayudado convivir en sociedad. Agradezco a mi familia a mi esposa Vilma y a mis hijos David y Álvaro, quienes con su comprensión y afecto me ayudaron a concluir este proyecto.

A la UCP, a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial al M. Sc. Ing. Caleb Ríos Vargas por sus orientaciones y por compartir conocimientos.

El Autor

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

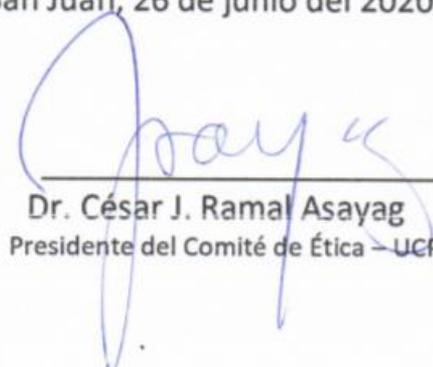
La Tesis titulada:

**"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"**

Del alumno: **ÁLVARO RAMÍREZ TRIGOZO**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **10% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 26 de junio del 2020.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_INGENIERIA CIVIL_2020_TESIS_ALVARORAMIREZ_V1.pdf
(D75624868)
Submitted: 6/25/2020 6:32:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 10 %

Sources included in the report:

16063--Cernades Acosta, Cristina Paola.pdf (D49058081)
2A_ MOSTACERO_VENTURA_ERWIN_PAUL_TÍTULO_2018.docx (D40643743)
15827--Cerna García, Janett Roselyn.pdf (D51979105)
16159--Ramos Salazar, César Alfonso.pdf (D49732914)
15241--Rodriguez Pinillos, Carlos Arturo.pdf (D54453752)
16085--Fuentes-Rivera, Aldo Calero.pdf (D49177872)
11-04-20 Vilchez Olivera - TESIS.pdf (D68129501)
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf
<https://docplayer.es/77369165-Universidad-tecnica-particular-dc-loja-la-universidad-catolica-de-loja-caratula-area-tecnica.html>

Instances where selected sources appear:

22

“Año de la Universalización de la Salud”
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 903-2019-UCP-FCEI del 26 de noviembre de 2019, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Caleb Ríos Vargas, M. Sc. | Presidente |
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc. | Miembro |

Como Asesor: el **Ing. José Luis Noriega Dávila, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 20:30 horas del día 12 de agosto del 2020, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la 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”**

Presentado por el sustentante:

ÁLVARO RAMÍREZ TRIGOZO

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: ABSUELTAS
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADO POR MAYORÍA CON NOTA DE 15 (QUINCE).**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

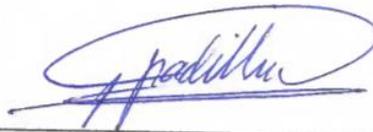
APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 12 de agosto del 2020 a las 08.30-p.m.



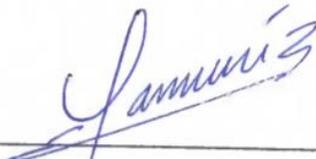
M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS

PRESIDENTE DEL JURADO



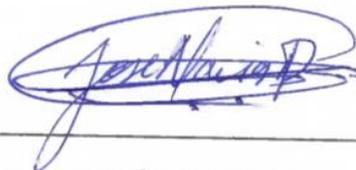
M.Sc. Ing. JOEL PADILLA MALDONADO

MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA

MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. JOSÉ LUIS NORIEGA DÁVILA

ASESOR

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRAC	iv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. TÍTULO:.....	1
1.2. ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:.....	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.4. PROBLEMAS.....	2
1.4.1. PROBLEMA GENERAL.....	2
1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	2
1.5. OBJETIVOS.....	2
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:.....	3
1.6.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:.....	3
1.6.2. ANTECEDENTES NACIONALES:.....	4
1.7. BASES TEÓRICAS.....	5
1.7.1. MARCO NORMATIVO DE CARRETERAS EN EL PERÚ.....	5
1.7.2. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.....	7
1.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	35
1.9. HIPÓTESIS:.....	37
1.10. VARIABLES:.....	37
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	38
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
2.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
2.4. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	39
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	42
3.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA:.....	42
3.1.1. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.....	42

__ 3.1.2. PERIODO DE DISEÑO Y DURABILIDAD.....	45
__ 3.1.3. SERVICIALIDAD.....	46
3.2. EVALUACIÓN DE COSTO PARA TRATAMIENTO SUPERFICILA SLURRY SEAL Y EL OTTA SEAL.....	58
__ 3.2.1. SLURRY SEAL.....	58
__ 3.2.2. OTTA SEAL.....	64
3.3. RESULTADOS:.....	69
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
4.1. CONCLUSIONES:.....	71
4.2. RECOMENDACIONES:.....	73
CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
CAPÍTULO VI: ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de funcionamiento Planta de Agregado.....	16
Ilustración 2: Camión Imprimador	16
Ilustración 3: Esparcidora de Agregados Autopropulsado.....	17
Ilustración 4: Equipos de Compactación	17
Ilustración 5: Sección Transversal Otta Seal Simple.....	28
Ilustración 6: Sección Transversal Otta Seal Doble	28
Ilustración 7: Proceso Constructivo Otta Seal	31
Ilustración 8: Expectativa de Vida Útil	33
Ilustración 9: Mapas de Ubicación Carretera Departamental Lamas - EMP-PE 5N (Puente Bolivia)40	
Ilustración 10: Sección transversal Tratamiento Superficial Slurry Seal	44
Ilustración 11: Sección transversal Tratamiento Superficial Otta Seal	44
Ilustración 12: Diagrama Gantt Otta Seal	56
Ilustración 13: Diagrama Gantt Slurry Seal	57
Ilustración 14: Diagrama de Barras Comparativo Costo	69
Ilustración 15: Diagrama de Barras Comparativo Costo por m2.....	70
Ilustración 16: Diagrama de Barras Comparativo Tiempo de Ejecución.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Exigencias de Calidad Agregados Pétreos	9
Tabla 2: Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales.....	10
Tabla 3: Rangos de Temperatura de Aplicación (°C)	10
Tabla 4: Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración	11
Tabla 5: Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Viscosidad.....	11
Tabla 6: Requisitos de Material Bituminoso Diluido de Curado Medio	12
Tabla 7: Requisitos de Material Bituminoso Diluido por Curado Rápido.....	13
Tabla 8: Especificaciones para Emulsión Catiónicas	14
Tabla 9: Especificaciones para Emulsiones Catiónicas con Polímeros	15
Tabla 10: Requerimientos para los Agregados.....	23
Tabla 11: Granulometría de los Agregados.....	24
Tabla 12: Granulometría del Agregado para el OTTA SEAL.....	30
Tabla 13: Tipos de Cemento Asfáltico en relación al Tráfico y al Grado	31
Tabla 14: Expectativa de Vida Útil.....	33
Tabla 15: Coordenadas del Inicio y Fin del Tramo de Estudio	39
Tabla 16: Característica Técnicas de la Vía en Estudio.....	41
Tabla 17: Especificaciones Granulométricas para Slurry Seal	42
Tabla 18: Característica Técnicas de la Vía en Estudio.....	43
Tabla 19: Cuadro Comparativo Granulometrías	45
Tabla 20: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera	46
Tabla 21: Cuadro Comparativo de Tipos de Fallas	47
Tabla 22: Resumen de Metrados (Slurry Seal)	52
Tabla 23: Resumen de Metrados (Otta Seal)	55
Tabla 24: Presupuesto Slurry Seal	63
Tabla 25: Presupuesto Otta Seal	68
Tabla 26: Cuadro Comparativo Técnico – Económico.....	69

RESUMEN

Esta investigación tiene como finalidad hacer una 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, cuya aplicación se ha iniciado en el año 2011, como parte del proyecto nacional “Proyecto Perú”, lanzado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, orientados a la implementación de mantenimientos de carreteras con emulsiones asfálticas.

Entre otras conclusiones, se mencionan:

La servicialidad de los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, está en el orden de 3.5 según la escala usada en el Manual de Diseño AASHTO 1993 es el Índice de Servicio (Present Serviceability Index – PSI).

Los efectos de medio ambiente sobre los tratamientos Otta Seal y Slurry Seal son generalmente los mismos por el hecho de ser materiales termo-plástico, lo cual los convierte propensos a sufrir fisuras, hundimientos y ahuellamientos.

Concluimos que el tratamiento superficial Otta seal es un tipo de tratamiento superficial de rápida ejecución respecto al Slurry Seal como queda demostrado en los diagramas Gantt donde el Otta Seal aplicado en la carretera departamental Lamas - EMP PE-5N (Puente Bolivia) se ejecuta en 50 días, a diferencia del Slurry Seal que se ejecuta en 60 días.

Palabras claves: Otta Seal, Slurry Seal.

ABSTRAC

The purpose of this research is to make a technical and cost evaluation between the otta seal and slurry seal surface treatments, for low volume traffic roads in the department of San Martín, whose application began in 2011, as part of the project. national "Project Peru", launched by the Ministry of Transport and Communications, aimed at implementing road maintenance with asphalt emulsions.

Among other conclusions, the following are mentioned: The serviceability of the Otta Seal and Slurry Seal surface treatments is in the order of 3.5 according to the scale used in the 1993 AASHTO Design Manual is the Present Service Index (PSI).

The environmental effects on the Otta Seal and Slurry Seal treatments are generally the same due to the fact that they are thermoplastic materials, which makes them prone to cracks, sags and rutting.

We conclude that the Otta seal surface treatment is a type of surface treatment that is quick to execute compared to the Slurry Seal, as demonstrated in the Gantt diagrams where the Otta Seal applied on the departmental road Lamas - EMP PE-5N (Puente Bolivia) is executed in 50 days, unlike the Slurry Seal that runs in 60 days.

Key words: Otta Seal, Slurry Seal.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Título:

“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”

1.2. Área y Línea de investigación:

Área:

Transportes

Línea:

Carreteras

1.3. Planteamiento del Problema

En el departamento de San Martín se han venido desarrollando proyectos de tratamientos superficiales desde el año 2011, con el Proyecto Piloto que desarrolló el Ministerio de Transportes y Comunicaciones denominado Proyecto Perú. En el departamento se realizaron dos proyectos, los tramos Lamas – Shanao y Moyobamba – Yantaló. Posteriormente se implementó el Plan Vial Departamental, que básicamente está orientado a la aplicación de tratamientos superficiales en diversos tramos carreteros del departamento.

Estos planteamientos nacen como alternativa al tratamiento tradicional que se ha venido aplicando en los mantenimientos de los tramos carreteros con bajo volumen de tránsito, que consistía básicamente en aplicación de una capa de material afirmado sobre la subrasante reconformada, este tipo de mantenimiento rápidamente se deterioraba debido principalmente al tema de lluvias que humedecen la superficie de rodadura y al paso de los vehículos estos lo van ahuellando sumado a este la tracción de los neumáticos, hacen que el agregado grueso se desprenda de la estructura del pavimento, ocasionando un desgaste del material afirmado.

Esta problemática acarrea una pérdida en la inversión estatal casi de forma inmediata, sumado a esta problemática se veían afectadas nuevamente las canteras para poder reponer el material, pero recién al año siguiente, ya que los presupuestos se aprueban una vez al año y en estas condiciones las poblaciones quedaban seriamente afectadas ya que la transitabilidad de las carreteras de bajo volumen de tránsito se veían afectadas.

1.4. PROBLEMAS

1.4.1. Problema general

¿Cómo se determinará la 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?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la parte Técnica entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín - 2019?
- ¿Cuál será la variación 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?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Determinar la 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.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la parte Técnica entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín – 2019.
- Determinar la variación de costo entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín – 2019.

1.6. Antecedentes del estudio:

1.6.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

Con referencia a nuestro tema de investigación, tenemos una publicación de la Universidad de Costa Rica, del Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA), titulada “Tratamientos Superficiales como Alternativa en Rutas de Lastre, 2017”, que llegan a las siguientes conclusiones:

- A partir de la revisión bibliográfica realizada, resulta interesante observar cómo países con mayores recursos económicos deciden ahorrar en infraestructura vial, al emplear soluciones que permiten obtener un producto de calidad a un menor costo. Se considera necesario que en Costa Rica se pueda contar con estas alternativas, especialmente en rutas de bajo volumen de tránsito.
- Uno de los aspectos más llamativos de la construcción de tratamientos superficiales es su buena relación costo/desempeño. Esto se refleja en el proyecto estudiado, donde se comenta que el ahorro con respecto a la construcción de una carpeta asfáltica fue de 75%. Además de esto, se espera que la vida útil del tratamiento esté entre cinco y siete años.

- El uso de tratamientos superficiales puede adaptarse a las condiciones de regularidad requeridas por la administración, por ejemplo: si se desea un acabado más regular, se podría colocar una segunda capa de agregado fino.
- Finalmente, se considera un buen parámetro para evaluar con detalle la conveniencia del uso de tratamientos superficiales como alternativa a las rutas de lastre, la construcción de un tramo de prueba similar al proyecto estudiado, utilizando las emulsiones y procedimientos constructivos adecuados.

1.6.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

Quintana, Jackeline (2018). En su tesis titulada “Mortero Asfáltico o Slurry Seal Como Tratamiento Superficial para Pavimentos de Afirmado”, - Universidad Ricardo Palma – Perú. Presenta las siguientes conclusiones:

- Luego de realizar la investigación bibliográfica de estándares internacionales y nacionales, se concluye que el slurry seal, cuya traducción al español es lechada asfáltica, es sinónimo del término específico mortero asfáltico definido como: mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica, polvo mineral y aditivos; regida por la especificación técnica International Slurry Surfacing Association ISSA A105 (Slurry seal).
- Asimismo, se concluye que la aplicación primigenia de lechada asfáltica, mortero asfáltico, slurry seal, sello fue para conservación de pavimentos flexibles, sin embargo, su uso se ha extendido a tratamiento superficial en caminos de bajo volumen de tránsito y como actividad periódica de conservación de afirmados para el control de polvo cuya finalidad es impermeabilizar y mejorar la adherencia de los vehículos a la superficie de ruedo.

- Mediante el experimento a escala real se demostró que el diseño de afirmado NAASRA permite colocar lechada asfáltica, mortero asfáltico, slurry seal (12mm) como supresor de polvo sin necesidad del recalcularse el espesor de agregados puesto que el ahuellamiento experimental es menor que el permisible (2") con la condición que el material de afirmado tenga un CBR igual a 80 como lo establece NAASRA (AUSTROADS).
- Finalmente, al haber realizado el análisis de la definición, aplicación de lechada asfáltica, mortero asfáltico, slurry seal y sello en caminos no pavimentados y pavimentados llegando a la conclusión que, como los estándares nacionales e internacionales son semejantes se puede colocar mortero asfáltico en caminos no pavimentados y pavimentados; en esta investigación se hace hincapié su uso en caminos de bajo volumen de tránsito de tipo afirmado como supresor de polvo.

1.7. Bases Teóricas

1.7.1. MARCO NORMATIVO DE CARRETERAS EN EL PERÚ

En el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) tiene como función emitir las normas para diseño y construcción de carreteras para redes viales nacional, departamental o regional y vecinal o rural.

Por esta razón, nuestra base teórica está conformada por los manuales del MTC que tienen carácter de cumplimiento obligatorio según el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo N° 034-2008-MTC publicado el año 2008 con modificatoria de 28-05-2013.

Para efectos de nuestro tema, referido a la colocación del Slurry Seal sobre un afirmado, se basa en los siguientes Reglamentos o Manuales:

- Manual de Carreteras: Sección suelos y pavimentos (MTC).

- Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) (MTC).
- Manual de Carreteras: Manual de Conservación Vial (MTC).
- Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. (MEF).

EL PAVIMENTO

Según Montejo, A. (2006), el pavimento:

Está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de explanaciones y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura de pavimento.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (2014), en su Manual de Carreteras – Sección suelos y pavimentos, en el Capítulo III: Componentes de la Infraestructura del camino, Ítem 3.5

Pavimento lo define de la siguiente manera: El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general, está conformada por las siguientes capas: base, sub- base y capa de rodadura.

- **Capa de rodadura:** Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.

- **Base:** Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como función principal de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- **Sub-base:** Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento.

1.7.2. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Según, Edween Mauricio Guerrero Velosa (2014)

Un tratamiento superficial consiste en un pavimento asfáltico construido en forma estratificada y compactada, conformado por un producto bituminoso y un agregado pétreo, que se ubican por separado, el cual dependiendo del número de capas se conocen como de un solo riego, doble riego y triple riego.

Los principales objetivos que se buscan con los tratamientos superficiales son los siguientes:

- Obtener una carpeta asfáltica que proteja el pavimento contra el efecto abrasivo de los neumáticos, conservando así durante varios años la capacidad portante del pavimento, transmitiéndola a la estructura.
- Proteger la estructura vial contra las acciones climáticas, especialmente el agua.
- Proporcionar a la superficie de rodadura cierta rugosidad para evitar el deslizamiento tanto longitudinal como transversal de los vehículos.

Para lograr buenos resultados en los tratamientos superficiales, es necesario que la superficie que se va a intervenir tenga adecuadas condiciones de textura y posea en toda su longitud una estructura suficiente que disipe todos los esfuerzos producidos por el tránsito.

Ventajas:

- Es un ligante frío, que evita altos costos y consecuencias que produce la utilización de ligantes que deben almacenarse y distribuirse en caliente.
- Con emulsión, los riesgos que se corren en el trabajo por tiempo frío y lluvioso disminuyen notoriamente, esto es evidente por cuanto dicho ligante no necesita para estabilizarse una lenta evaporación de solventes.
- La adherencia es en general mejor, gracias al recubrimiento de los agregados pétreos por la base acuosa, cualquier otro ligante por el contrario tiene tendencia a coagularse al hacer contacto con los agregados.
- Con emulsiones catiónicas la adherencia es mucho mejor si los materiales pétreos que se van a utilizar son de naturaleza ácida como cuarcitas o sílices.
- Los tratamientos superficiales ejecutados con emulsiones catiónicas permiten dar al servicio casi de inmediato el tráfico de vehículos.
- Los riesgos de exudación se disminuyen notablemente, por cuanto la emulsión está constituida con base en asfalto puro o muy poco fluido.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (2013), en su Manual Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), en el Capítulo IV: Pavimentos, sección 418: Tratamientos superficiales señala que "...consiste en la colocación de una o más capas de tratamientos superficiales (asfalto, agregados y

de ser el caso, aditivos) sobre la superficie de una base imprimada o cualquier otra”. (p. 507).

Además, el MTC (2013) señala las exigencias para los materiales, equipo a utilizar para su elaboración y colocación, como se denota a continuación.

Materiales

Los materiales que se requieren para la ejecución de estos trabajos son los siguientes:

- a. Los agregados pétreos deberán cumplir con las exigencias de calidad indicadas en la Tabla 1 y con una gradación uniforme indicada en la Tabla 2.

Tabla 1: Exigencias de Calidad Agregados Pétreos

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara facturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791-NTP 400.4)	15% máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (ASTM D 1664-AASHTO T 182)	+95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Salas solubles total (MTC E 219)	0,5% máx.

Fuente: MTC-EG-2013 Tabla 418-01

Tabla 2: Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

Nº de Huso	Tamaño Normal de agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)								
		1 1/2 (37,5 mm)	1 (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	Nº 4 (4,75 mm)	Nº 8 (2,36 mm)	Nº 16 (1,18 mm)	Nº 50 (300 um)
5	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	100	90-100	20-55	0-10	0-5				
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")		100	90-100	20-55	0-15	0-5			
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)			100	90-100	40-70	0-15	0-5		
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n.º 8)				100	85-100	10-30	0-10	0-5	
9	4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)					100	85-100	10-40	0-10	0-5

Fuente: ASTM D 448

b. Material bituminoso deberá ser aplicado de acuerdo a lo indicado en el proyecto, podrá ser:

- Cemento asfáltico que cumpla con las características que se dan en las Tablas 3,4 y 5.

Tabla 3: Rangos de Temperatura de Aplicación (°C)

Tipo y Grado del Asfalto	Temperaturas de Esparcido ⁽²⁾		Temperaturas de Mezclado en Planta ⁽¹⁾	
	Mezclas in situ	Tratamientos superficiales	Mezclas Densas	Mezclas Abiertas
Asfaltos Diluidos				
MC-30	-,-	30	-,-	-,-
RC-70 o MC-70	20	50	-,-	-,-
RC-250 o MC-250	40	75	55-80	-,-
RC-800 o NC-800	55	95	75-100	-,-
Emulsiones Asfálticas				
CRS-1	-,-	50-85	-,-	-,-
CRS-2	-,-	50-85	-,-	-,-
CMS-2	20-70	-,-	10-70	-,-
CMS-2h, CSS-1, CSS-1h	20-70	-,-	10-70	-,-
Cemento Asfáltico				
Todos los grados	140 máx (4)		140 máx (4)	

- (1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada.
(2) La Máxima temperatura deberá estar debajo de aquella en la que ocurre vapores o espuma
(3) En algunos casos la temperatura de aplicación puede estar por encima del punto de inflamación. Por tanto se debe tener precaución para prevenir fuego o explosiones.
(4) Se podrá variar esta temperatura de acuerdo a la carta de viscosidad-temperatura

Fuente: MS-16-ASPHALT INSTITUTE

Tabla 4: Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta - Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.
 (3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Archivos W
 Ve a Configu

Fuente: MTC-EG-2013 Tabla 415-02

Tabla 5: Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Viscosidad

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±800
Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo	200	170	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en triclorobenceno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
➤ Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
➤ Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾					
Solvente Nafta - Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo.

Fuente: ASTM D 3381, NTP

- Asfalto diluido que cumplan los requisitos de calidad establecidos en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6: Requisitos de Material Bituminoso Diluido de Curado Medio

Tipo	Material Bituminoso Diluido									
	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso										
-Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	30	60	70	140	250	500	800	1.600	3000	6.000
-Punto de Inflamación, °C	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
-Ensayo de destilación										
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C										
-a 225 °C	-	25	-	20	-	10	-	-	-	-
-a 260 °C	40	70	20	60	15	55	-	35	-	15
-a 315 °C	75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
Residuo del destilado a 360 °C, % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-	78	-	80	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:										
Viscosidad Absoluta a 60°C, Pa.s., (P) ⁽¹⁾	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a (25°C), 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro - etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾⁽²⁾										
Solvente Nafta - Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano - Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Fuente: ASTM D 2027, AASHTO M 82 Y NTP

Tabla 7: Requisitos de Material Bituminoso Diluido por Curado Rápido

Tipo	Material Bituminoso Diluido							
	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso								
Viscosidad Cinemática a 60 °C , cSt.	70	140	250	500	800	1.600	3.000	6.000
Punto de Inflamación, °C	-	-	27	-	27	-	27	-
Contenido de Agua, %	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Ensayo de destilación:								
Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C								
-a 190°C	10	-	-	-	-	-	-	-
-a 225°C	50	-	35	-	15	-	-	-
-a 260°C	70	-	60	-	45	-	25	-
-a 315°C	85	-	80	-	75	-	70	-
Residuo del destilado a 360°C , % en volumen por diferencia	55	-	65	-	75	-	80	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:								
Viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s.(P) ⁽¹⁾	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾								
Solvente Nafta-Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta-Xileno, %Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano-Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Fuente: ASTM D 2028 Y AASHTO M-81

- Emulsión asfáltica catiónica que cumplan los requisitos de calidad establecidos en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8: Especificaciones para Emulsión Catiónicas

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura rápida	
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS-1H	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Prueba sobre Emulsiones														
- Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100	20	100
- Viscosidad Saybolt Furol a 50°Cs	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-	-	-
- Estabilidad de Almacenamiento, 24h, % ⁽¹⁾	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Demulsibilidad, 35 cm ³ , 0.8% Diotilsulfosuccinato sódico, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Revestimiento y Resistencia al agua:														
- Revestimiento agregado seco					Bueno		Bueno							
- Revestimiento, agregado seco después del secado					Aceptable		Aceptable							
- Revestimiento, agregado húmedo					Aceptable		Aceptable							
- Revestimiento, agregado húmedo después del secado					Aceptable		Aceptable							
Carga de partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo	
Prueba de Tamiz % ⁽¹⁾	-	0.1	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10
Mezcla con Cemento, %									2.0		2.0			
Destilación:														
- Destilación de aceite, por volumen de destilado	-	3	-	3	-	12	-	12	-	-	-	-	-	-
- % Residuo	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-	57	-
Pruebas sobre el Residuo de destilación:														
- Penetración, 25°C, 100 g, 5s	100 ^(a)	250 ^(a)	100 ^(a)	250 ^(a)	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
	50 ^(a)	150 ^(a)	50 ^(a)	150 ^(a)										
- Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
- Solubilidad en Tricloretileno, %	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5	

Fuente: ASTM D 2397 y D 3910

Tabla 9: Especificaciones para Emulsiones Catiónicas con Polímeros

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta		Norma	
	CRS-1P		CRS-2P		CMS-1P		CMS-2hP		CSS-1P			
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.		
Prueba sobre Emulsiones												
- Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	MTC E430 -00	
- Viscosidad Saybolt Furol a 50°Cs	20	-	2	-	20	-	20	-	-	-	MTC E 404-00	
- Estabilidad de Almacenamiento, 24h, % ^(*)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1		
Carga de partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		MTC E 407-00	
Residuo de evaporación, %	60		65		59		57		60		MTC E 411 -00	
Sedimentación (a los 7 días), %	5		5		5		5		5		MTC E 404 -00	
Prueba de tamiz, %	0,1		0,1		0,1		0,1		0,1		MTC E 405 -00	
Mezcla con Cemento, %									2,0		MTC E 410 -00	
- Revestimiento y Resistencia al agua:											MTC E 409 -00	
- Revestimiento agregado seco												
- Revestimiento, agregado seco después del												
- Revestimiento, agregado húmedo												
- Revestimiento, agregado húmedo después del												
Pruebas sobre el residuo de Evaporación:											MTC E 411 -00	
- Penetración, 25°C, 100 g, 5s	100 ^(*)	200 ^(*)	100 ^(*)	200 ^(*)	100	220	50	90	100	150	MTC E 304-00	
	50 ^(*)	90 ^(*)	50 ^(*)	90 ^(*)					50 ^(*)	90 ^(*)		
- Punto de ablandamiento (A y B), °C	45		45		40		40		45		MTC E 307-00	
-Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm											≥ 10	MTC E 306-00
- Recuperación elástica, 25 ° C, %											≥ 30	ASTM D 6084
- Recuperación elástica, 25 ° C, por torsión,											≥ 20	MTC E 320-00

Fuente: ASTM D 2397 y NTP 321.141 (2003) y AASHTO T 316

El material bituminoso de acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento será calentado dentro de los rangos de temperatura establecidos en la Tabla 3 y determinados de manera definitiva mediante la carta viscosidad – temperatura (ASTM D 341).

c. Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se establezca en el proyecto o sea requerida por el Supervisor, deberá ajustarse a lo descrito en la sección de Disposiciones Generales.

Equipo

Con respecto al equipo a utilizar, básicamente se requieren los siguientes:

- a. Equipo para la elaboración y clasificación de agregados: La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; además de una clasificadora y equipo de lavado.

Ilustración 1: Esquema de funcionamiento Planta de Agregado.



Fuente: Athes Sur Perú

- b. Equipo para la aplicación del ligante bituminoso: Consistirá en un camión imprimador de las características descritas en la Sección 416 Imprimación asfáltica.

Ilustración 2: Camión Imprimador



Fuente: Columbia Maquinarias

- Para áreas inaccesibles al camión imprimador, se usará una regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del mencionado camión con boquilla de expansión que permita un riego uniforme, todo lo cual deberá ser aprobado por el Supervisor.
- c. Equipo para la colocación de agregado pétreo: Se dispondrá de distribuidas y esparcidores de agregados autopropulsados garantizando un esparcido uniforme del agregado.

Ilustración 3: Esparcidora de Agregados Autopropulsado



Fuente: Directindustry

- d. Equipo de compactación: Se emplearán rodillos metálicos lisos y neumáticos autopropulsados con características y pesos mínimos acorde a las características de los agregados.

Ilustración 4: Equipos de Compactación



Fuente: CHM – Obras e Infraestructura

Requerimientos de construcción

- Preparación de la superficie existente: Previamente a la construcción del tratamiento superficial se debe realizar la comprobación de compactación y densidad adecuada de la superficie sobre la cual se va a colocar, las cotas y dimensiones indicadas en los planos. Además, la capa de imprimación debe completar su curado en un mínimo de 24 horas desde su aplicación.
- Aplicación del material bituminoso: Se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de material bituminoso disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.
- No se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6°C o haya lluvia.
- Extensión y compactación del agregado pétreo: El esparcido del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Supervisor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de 15 cm a 20 cm de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el objeto de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

Las operaciones de compactación se realizarán con el rodillo neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la compactación se iniciará por el borde exterior avanzado hacia el centro. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior de acuerdo, con las instrucciones del

Supervisor. La compactación continuará hasta obtener una superficie lisa y estable en un tiempo máximo de 30 minutos, contado desde el inicio del esparcido del agregado pétreo.

En ningún caso se aceptará menos de tres pasadas completas del rodillo neumático.

- Aplicación del material bituminoso en tratamientos múltiples: Las siguientes capas del material bituminoso para tratamientos múltiples serán aplicadas en cantidad y temperaturas indicadas en el Proyecto y aprobado por el Supervisor. Cada capa sucesiva se aplicará después de ponerla al tráfico por lo menos durante 72 horas.
- El ancho de franja en que se aplique cada riego debe variar en relación con el empleado en el anterior en unos 20 cm, aproximadamente, con la finalidad de impedir que la junta de construcción longitudinal se superponga con la de la anterior capa, para obtener una superficie uniforme.
- Esparcido y compactación del agregado pétreo en tratamientos múltiples: El esparcido se realizará en la cantidad indicada en el Proyecto y aprobado por el Supervisor, de la misma forma que la indicada en la Subsección 418.08 inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso correspondiente.

En la capa final de superficie de un tratamiento múltiple y según lo ordene el Supervisor puede utilizarse un rodillo liso cilíndrico metálico para mejorar el acabado de la capa final.

EMULSIONES ASFÁLTICAS

Según, Edween Mauricio Guerrero Velosa (2014)

Dentro de los elementos que integra el tratamiento superficial, figuran como producto bituminoso las emulsiones asfálticas.

En general, se llama emulsión la dispersión de un sólido o un líquido (fase dispersa) en forma de glóbulos minúsculos, en un líquido no miscible con el elemento disperso (fase continua). Cuando las dos fases permanecen en equilibrio sin que las partículas en suspensión se aglomeren o sedimenten, se dice que la emulsión es estable. Ciertas emulsiones exigen la presencia de un agente emulsificador para conservar la estabilidad.

Las emulsiones asfálticas son dispersiones en agua de los glóbulos asfálticos de entre 2 y 5 micrones de diámetro (1 micrón = 1 milésima de milímetro), que se mantienen estables en presencia de un agente emulsificante que puede ser arcilla coloidal, silicatos solubles o insolubles, jabón o aceites vegetales sulfatados. Estas emulsiones se denominan directas, en contraposición con las inversas en las que la fase dispersa son gotas de agua y la fase continua la constituye un asfalto líquido; aunque estas últimas emulsiones se fabrican con facilidad, su empleo en pavimentación es muy restringido por su gran viscosidad. El contenido de asfalto de las emulsiones bituminosas para pavimentación varía normalmente entre el 50 y 60% del peso total.

Los glóbulos de asfalto contenidos en una emulsión asfáltica están cargados superficialmente con electricidad que puede ser positiva o negativa, dando origen a las emulsiones catiónicas o aniónicas respectivamente. Las emulsiones aniónicas contienen glóbulos cargados negativamente y tienen afinidad especial con las superficies iónicas positivas, como son las de los materiales con superficie electropositiva, como resultado de un fenómeno electroquímico en el que intervienen la fase acuosa de la emulsión y el agente emulsificante, cambiando la polaridad de la superficie.

Cuando las dos fases de la emulsión asfáltica se disocian completamente, es decir, cuando los glóbulos de asfalto se aglomeran sobre una superficie o los unos contra los otros, separándose de la fase acuosa, se dice que ocurre el rompimiento de la emulsión.

El rompimiento de una emulsión asfáltica es provocado por una modificación en el equilibrio electrostático que mantiene los glóbulos de asfalto en suspensión en la fase acuosa y que puede deberse a la evaporación de esta última, a cambios notables de su pH o a reacción de la fase acuosa y el material pétreo. En la práctica, el rompimiento de las emulsiones asfálticas es el resultado de la acción conjugada de estos tres fenómenos.

SLURRY SEAL

Historia

Se aplicó por primera vez en Alemania a principios de los años 30, fue hasta los 60 cuando se introducen máquinas, emulsiones mejoradas y se populariza su uso. En 1999 en el Mundo se aplicaron poco más de 1, 750,000 toneladas de Slurry Seal.

(HERENCIA, 2010) El SLURRY SEAL es una mezcla asfáltica compuesta por emulsión, agregados granulometría definida, agua, finos minerales, y eventualmente aditivos químicos, en proporciones tal que permiten obtener una mezcla fluida, homogénea, cremosa y fácilmente extensible que una vez evaporada el agua constituye un recubrimiento estanco y denso. En esta mezcla los agregados pétreos conforman el esqueleto mineral que da el espesor de la capa construida (tamaño máximo del agregado) siendo el mastic conformado por la mezcla de filler y asfalto lo que le da la cohesión necesaria a esa estructura.

Tipos de Slurry Seal

- Tipo I (Características de peso) = 3.25-5.4 kg/m²
- Tipo II (Características de peso) = 5.4-8,1 kg/m²
- Tipo III (Características de peso) = 8,1-15,5 kg/m²

(SILVA, 2012), las lechadas asfálticas (slurry seal) corresponden a aplicaciones de emulsiones asfálticas con agregados, utilizadas principalmente en la conservación de pavimentos de asfalto.

Es aplicado efectivamente en superficies de pavimentos de concreto asfáltico donde el principal problema es la oxidación excesiva y endurecimiento del asfalto existente.

- Técnicas de mantenimiento preventivo y rehabilitación de superficies.
- Se logra poco o ningún incremento estructural.
- Deben de ser consideradas solo para aquellos pavimentos que poseen capacidad de carga remanente, necesaria para soportar las cargas de diseño vehicular.
- Se utilizan como un sello superficial para corregir irregularidades tales como pérdida de propiedades anti-derrapantes (alisamiento), oxidación y desprendimientos en pavimentos.
- Han mostrado buenos resultados para mejorar las características de fricción superficial, recuperación de ahuellamientos y pequeñas irregularidades, en vías tanto de alto como de bajo volumen de tráfico.

En consiguiente, se menciona algunas ventajas:

- Son de rápida aplicación y así permiten una pronta reapertura del pavimento al tráfico.
- Impiden que el agregado esté suelto.
- Proveen textura superficial y resistencia a la fricción excelentes.
- Capacidad para corregir irregularidades superficiales menores.
- Excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas.

Su aplicación es de un espesor de 3 a 9 mm. (1/8 a 3/8 pulg). El equipo utilizado para la mezcla y aplicación es una unidad independiente, de mezcla de flujo continuo, se alimenta con exactitud a la cámara de mezclado con cantidades predeterminadas de agregado, filler mineral, aditivos, agua y emulsión asfáltica.

Tiene una unidad de mezcla continua con elementos agitadores simples o dobles, el mortero se descarga desde la mezcladora dentro de la caja distribuidora. La caja distribuidora está equipada con escobas de goma flexibles y tiene un ancho ajustable. Las cajas distribuidoras pueden estar equipadas con barrenos hidráulicos para distribuir el material uniformemente a lo ancho. Las cajas con barrenos son particularmente beneficiosas cuando se emplea una emulsión de rotura rápida (CRS) o cuando en el pavimento hay pendientes 84 mayores del 8%.

a. Agregados pétreos y polvo mineral

El agregado debe ser limpio, anguloso, durable, bien graduado y uniforme, de ser posible emplearse material 100% triturado, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad, establecidos en la tabla 10.

Tabla 10: Requerimientos para los Agregados

ENSAYOS	NORMA	Requerimiento
Pérdida en Sulfato de Mg	MTC E 209	18% máx.
Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP
Equivalente de Arena	MTC E 114	40% min.
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.
Adherencia (Riedes Wber)	MTC E 220	4 min.

Fuente: ASTM D 2397 y NTP 321.141 (2003) y AASHTO T 316

(1) El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del polvo mineral de aporte.(2) Corresponde al desprendimiento inicial. La mezcla de agregados y polvo deberá ajustarse a alguna de las gradaciones, establecidos en la tabla 11.

Tabla 11: Granulometría de los Agregados

TIPO	I	II	III
Tam. de Tamiz	% que pasa	% que pasa	% que pasa
3/8"	100	100	100
N° 4	100	90-100	70-90
N° 8	90-100	65-90	45-70
N° 16	65-90	45-70	28-50
N° 30	40-60	30-50	19-34
N° 50	25-42	18-30	12.25
N° 100	15-30	10-21	7-18
N° 200	10-20	5-15	5-15

Fuente: ISSA A 105

(*) La gradación Tipo I, provee máxima penetración en las fisuras y buenas propiedades de sellado, también funciona como un pre-tratamiento de una capa de mezcla asfáltica en caliente. Tiene un buen comportamiento en áreas de baja densidad de tráfico.

(*) La gradación Tipo II, protege al pavimento subyacente de la oxidación y del daño por humedad y mejoran la fricción superficial. También se pueden corregir casos de desprendimiento severo y se emplean en pavimentos con tráfico moderado.

(*) La gradación Tipo III, se emplea en aplicaciones voluminosas (8.2 – 13.6 kg/m²) y altos valores de fricción superficial. Para carreteras de tráfico pesado.

El polvo mineral incluido en los agregados podrá complementarse o suplirse con un producto comercial o especialmente preparado, cuya misión sea controlar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión del mortero asfáltico.

b. Material bituminoso

La emulsión a emplear será de grado (CSS-1, CSS-1h, CQS-1h, de rápida rotura). El empleo de una emulsión de otro tipo implica la aplicación de una especificación particular o los que cumplan los

requisitos indicados en la EG-2013 (Emulsiones asfálticas catiónicas con polímeros).

c. Agua

El Agua deberá ser limpia estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como SO₄ y determinado según norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

d. Aditivos para control de rotura

Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se emplearán aditivos cuyas características se definirán en las especificaciones particulares de construcción.

OTTA SEAL

(OVERBY, 1999) la primera superficie construida con el método de sellado Otta Seal fue construida en Noruega en el año 1963 basándose en un método experimental e innovador. El objetivo principal fue desarrollar un método que pueda mejorar la calidad de los caminos de tierra a un costo igual al de su mantenimiento. En 1965 el Laboratorio Noruego de Investigación de Caminos desarrolló un método de sellado pulverizado bituminoso utilizando agregados de grava y una cobertura suave con un contenido relativamente alto de la cobertura.

Durante los siguientes 20 años, se pavimentaron más de 12,000 km de caminos rurales utilizando la técnica de Sellado Otta, abarcando cerca del 20% de red total de caminos pavimentados de Noruega. Se

comprobó rápidamente que el uso de la técnica de Sellos Otta era muy económica y durable y su rendimiento mucho mejor de lo esperado.

Durante los siguientes 25 años los ingenieros noruegos han estado promocionando este tipo de sello pulverizado bituminoso en varias partes del mundo, adoptando especificaciones adecuadas para cada ambiente local. Las experiencias reportadas han sido, sin lugar a dudas, muy exitosas tanto en áreas de frío extremo como en áreas de clima seco y muy caluroso. En muchos casos, la estricta aplicación de normas convencionales para las superficies bituminosas prohibió los proyectos o los hicieron innecesariamente costosos. Sin embargo, la carencia de información referente a los Sellos Otta; sus propiedades, diseño (anteriormente el diseño de los Sellos Otta se basaba en método empíricos, en lugar de los métodos más racionales usados por los Chip Seals), construcción y desempeño y la resistencia de la industria de la construcción para adoptar nuevas tecnologías, limitaron demasiado el uso de este tipo de superficies pulverizadas bituminosas.

Antecedentes

A inicios de la década de los 60, cerca del 50% o 40,000 km del total de caminos públicos en Noruega eran caminos de tierra no pavimentados de bajo tránsito con un AADT (Promedio anual de tránsito diario) de entre 50 a 500 vehículos. Durante la época de deshielo en primavera muchas secciones de los caminos eran intransitables, tanto de vehículos ligeros como pesados. Estos caminos, en ese tiempo y de acuerdo a la práctica actual debieron ser completamente reconstruidos antes de aplicar una superficie bituminosa. Sin embargo, el progreso de los programas de rehabilitación fue lento fue lento debido a restricciones presupuestales. En 1963 las autoridades viales noruegas habían identificado la necesidad de desarrollar un método o tratamiento que

pueda efectivamente mejorar la calidad de los caminos de tierra a un costo igual a su mantenimiento. Los dos principales objetivos basados en aspectos económicos y técnicos que debían lograrse eran:

- Las inversiones deberían retornar en unos pocos años solo a través de costos de mantenimiento reducido;
- Los usuarios de los caminos deberían encontrar que la calidad y desempeño de la superficie era similar a otras superficies bituminosas convencionales.

Con la finalidad de satisfacer estas dos reglas la superficie debería cumplir de preferencia con los siguientes requisitos:

- Ser baratos y fáciles de realizar en cualquier lugar del país.
- Utilizar agregados cernidos disponibles en el lugar o localmente.
- Ser impermeable para prevenir que el agua ingrese hasta el material base susceptible a la humedad.
- Debe ser muy flexible, durable y fácil de mantener.

En 1963 el laboratorio de investigación vial de noruega (NRRL en Ingles) fue seleccionado para desarrollar un tratamiento que se aplique en situaciones de acuerdo a los requisitos técnicos y económicos mencionados.

Durante los años 1963 y 1965 se llevaron a cabo pruebas en el Otta Valley de donde proviene su nombre. Inicialmente se crearon para utilizarse como un “sello bituminoso de mantenimiento” temporal para caminos de tierra, pero su buen desempeño su uso llevo adoptarse para caminos bituminosos nuevos y existentes tanto en situaciones de tráfico bajo y medio. Desde su creación, este método ha tenido un uso intensivo tanto como un sello de mantenimiento económico para caminos de tierra como para superficies bituminosa.

Este tipo de superficies es considerado hoy en día se le considera que no tienen limitaciones a pesar de los volúmenes de tráfico que se pueda aplicar a cualquier superficie bituminosa pulverizada.

Descripción y tipos:

Los sellos Otta consisten esencialmente de una superficie bituminosa de 16 a 32 mm de espesor, constituida de una mezcla de agregados graduados (medidos) tanto de tierra natural como de gravilla combinada con capas relativamente suaves (baja viscosidad), con o sin cobertura de arena. Este tipo de superficie contrasta con las superficies convencionales de capas de agregado chancado de alta viscosidad, como es el caso de los sellos de arena. Existen varios tipos de Sellos Otta en base al número de capas, tipo de agregado y si utiliza o no cobertura de arena. Estos tipos pueden ser, en general los siguientes:

Sellado Otta Simple

- Tipo de agregado “abierto”, “medio” o “denso”
- Con cobertura de arena
 - Sin cobertura de arena

Ilustración 5: Sección Transversal Otta Seal Simple

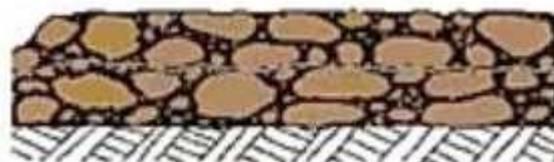


Fuente: estereofónica.wixsite.com/ottaseal/aplication

Sellado Otta Doble

- Tipo de agregado “abierto”, “medio” o “denso”
- Con cobertura de arena
 - Sin cobertura de arena

Ilustración 6: Sección Transversal Otta Seal Doble



Fuente: estereofónica.wixsite.com/ottaseal/aplication

Mecanismos de Desempeño

El mecanismo de desempeño del Otta Seal es algo diferente a aquel del más convencional sello de brea.

La resistencia del agregado depende tanto de las capas de cemento asfáltico como del engrane o agarre mecánico; casi como si fuera una premezcla bituminosa. Es recomendable permitir el tránsito inmediatamente después del vaciado y su apariencia final se forma después de cuatro a ocho semanas.

El concepto de exudación debe ser visto de manera diferente en el Otta Seal, debido a que si el exceso de cemento asfáltico aflora a la superficie durante el vaciado o durante la circulación de tráfico, puede ser cubierto simplemente con agregados finos y fluir hacia los vacíos del agregado con la finalidad de producir una superficie compacta que parezca una pre-mezcla convencional.

El desempeño del Otta Seal depende (así como para los otros tipos de superficie) en un número de factores como:

- Tipo de Sellado Otta (textura, durabilidad, etc.)
- Capacidad de rodamiento del pavimento
- Volumen de tránsito

La textura densa y cerrada del Otta Seal, la cual es posteriormente mejorada con el uso de una cobertura de arena, es particularmente ventajosa bajo las condiciones climáticas calientes. En tales condiciones, la alta radiación solar incrementa significativamente el índice de oxidación de la capa del pavimento el cual ocurre lentamente. La experiencia en Noruega y Kenia indican que este método de sellado exhibe una excelente flexibilidad, debido a que los pavimentos en esos países son de alta deflexión (mayor de 1.25mm). Se considera que el Otta Seal no tiene limitaciones en cuanto a volumen de tránsito, comparado con cualquier otro tipo de método convencional de superficies asfálticas.

a. Agregados

La clasificación del agregado es muy simple y permite una cobertura de calificación amplia. Sin embargo, la curva de calificación del agregado debe estar en un área específica y debe ser lo más “suave” y paralela a la cobertura. La Tabla 12 nos muestra los requisitos de calificación de los Otta Seal.

Tabla 12: Granulometría del Agregado para el OTTA SEAL

TIPO	Grado “Abierto”	Grado “Medio”	Grado “Denso”	AASHTO o BS
Tam. de Tamiz	% que pasa	% que pasa	% que pasa	
19	100	100	100	T 146-49 BS1377
16	80-100	84-100	93-100	
13.2	52-82	68-94	84-100	
9.5	36-58	44-73	70-98	
6.7	20-40	29-54	54-80	
4.75	10-30	19-42	44-70	
2	0-8	3-18	20-48	
1.18	0-5	1-14	15-38	
0.425	2	6	7-25	
0.075	4	2	3-10	

**Fuente: Manual Guía para Tratamientos Otta Seal
(Norwegian Public Roads Administration).**

b. Material bituminoso

El intervalo aceptable del material bituminoso de acuerdo a la viscosidad para el tratamiento otta seal es provisto por los siguientes tipos estándar del manual Guía para tratamientos otta seal. Ver en la tabla 13.

Tabla 13: Tipos de Cemento Asfáltico en relación al Tráfico y al Grado

IMDa	TIPO DE ASFALTO		
	Grado "Abierto"	Grado "Medio"	Grado "Denso"
Más de 1000 vpd	No aplica	150/200 grado de penetración	MC 3000 MC 800 en clima frío
100-1000 vpd	150/200 grado de penetración	150/200 grado de penetración en clima frío	MC 300 MC 800 en clima frío
Menos de 100 vpd	150/200 grado de penetración	MC 3000	MC 800

Fuente: Manual Guía para Tratamientos Otta Seal (Norwegian Public Roads Administration).

Construcción

Parte inicial de la construcción es la limpieza de toda la superficie con ayuda de barredoras y compresoras de aire.

Ilustración 7: Proceso Constructivo Otta Seal



Fuente: estereofónica.wixsite.com/ottaseal/aplicacion

a. Preparación de la superficie

Una buena unión entre la base y la superficie es tan importante para los Sellos Otta.

- **Base sin imprimante**

La base debe ser limpiada de polvo o cualquier otro material ajeno al procedimiento justo antes de comenzar con el procedimiento de vaciado.

Con la finalidad de facilitar la penetración del polvo en la base, es necesario regar un poco de agua antes de pulverizar la cobertura. Luego de regar, se debe permitir que el tramo de la base seque hasta quedar algo húmedo antes de empezar con el vaciado.

- **Base con imprimante**

La preparación de la superficie tratada con imprimante para la construcción del Otta Seal es similar a las buenas prácticas adoptadas para cualquier otro sello bituminoso.

b. Aplicación

Su aplicación es similar a los Tratamientos Superficiales, se procede al riego del ligante bituminoso con el camión distribuidor, después se esparce el agregado con la máquina esparcidora autopropulsada, posteriormente se compacta la superficie con apoyo de dos (02) rodillos neumáticos de 12 t mínimo (15 pasadas en promedio), es conveniente ejecutar una pasada con el rodillo tándem para mejorar el asentamiento de los agregados más grandes, de esta forma el agregado pueda penetrar al ligante bituminoso y quede integrado como capa de rodadura asfáltica, el uso de arena fina para el control de la exudación por las huellas de los vehículos es normal. Se debe aperturar el tránsito inmediatamente después del paso del rodillo neumático. Esto ayudará al asentamiento de la mezcla. Los rodillos neumáticos durante dos días después de la aplicación, deben pasar en promedio 15 pasadas a toda el área de la superficie.

Debe pasar un mínimo de 8 a 12 semanas entre la construcción de la primera y segunda capa. El curado final se logra después de transcurrido el sexto mes de la aplicación, periodo en el que se podrá ejecutar las marcas en el pavimento sin riesgo a que la exudación los deteriore.

Expectativa de vida útil

Existen diferentes tipos de superficies las cuales proporcionan diferentes tiempos de vida útil a los proyectos. La Tabla 14 muestra la expectativa de vida diversos tipos de Otta Seal. La información se obtuvo de la experiencia en Noruega, Kenia y Botswana.

Tabla 14: Expectativa de Vida Útil

TIPO DE OTTA SEAL		Expectativa de vida (años)
Otta Seal Simple sin cobertura de arena		5-6* puede variar de acuerdo al tipo de superficie o mano de obra
Otta Seal con cobertura de arena	Arena fina en la cubierta	9-11
	Polvo de molienda o arena de rio	10-12
Otta Seal Doble		12-15

Fuente: Manual Guía para Tratamientos Otta Seal (Norwegian Public Roads Administration).

Ilustración 8: Expectativa de Vida Útil



Fuente: Elaboración Propia

CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

Según el “Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito”, Publicado por el MTC en marzo del 2008, este tipo de vía se caracteriza por tener una superficie de rodadura de material granular y ser recorridas generalmente por un volumen menor de 50 vehículos por día y que muy pocas veces llegan hasta 200 vehículos por día.

Dentro de su rol normativo y fiscalizador, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, tiene como función formular las normas sobre el uso y desarrollo de la infraestructura de carreteras y ferrocarriles, así como emitir los manuales de diseño y especificaciones técnicas para la ejecución de los proyectos viales.

En este contexto, el MTC ha elaborado el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, teniendo en consideración que estas carreteras son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto el mayor porcentaje de la vialidad se encuentra en esta categoría.

Esta norma es de aplicación obligatoria por las autoridades competentes en todo el territorio nacional para los proyectos de vialidad de uso público, según corresponda.

Por razones de seguridad vial, todos los proyectos viales de carácter privado deberán ceñirse como mínimo a esta norma.

Complementariamente el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018) del MTC rige en todo aquello, aplicable, que no es considerado en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

1.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

MEZCLA ASFÁLTICAS EN FRÍO

La mezcla asfáltica en frío es una mezcla de agregado pétreo con o sin relleno mineral, con asfalto emulsionado o rebajado, todo el proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente.

EMULSIONES ASFÁLTICAS:

Una emulsión asfáltica es simplemente la suspensión de pequeños glóbulos de asfalto en agua, la cual es asistida por un agente emulsificante (como por ejemplo una solución jabonosa). El agente emulsificante actúa al impartir una carga eléctrica a la superficie de los glóbulos de asfalto, de manera que estos no se aglomeren.

PAVIMENTOS: Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, edemas de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas.

- **AGREGADOS PÉTREOS:**

Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos. **(Smith M. R. and L. Collins, 1994).**

- **COMPACTACION DEL SUELO:**

La compactación del suelo es el proceso por el cual un esfuerzo aplicado a un suelo causa densificación a medida que el aire se desplaza de los poros entre los granos del suelo. Cuando se aplica un esfuerzo que causa la densificación debida al agua (u otro líquido) que se desplaza entre los granos del suelo, se produce la consolidación, no la compactación.

- **RODILLO NEUMATICO:**

Los rodillos de neumáticos Cat funcionan eficazmente en un amplio abanico de aplicaciones. Los modelos con ruedas oscilantes se emplean sobre subsuelos, material granular o mezclas en frío para crear una densidad adicional y encontrar zonas débiles para que puedan repararse antes de pavimentar.

- **RODILLO LISO:**

El rodillo liso vibratorio es un rodillo liso provisto de un movimiento excéntrico en el interior del cilindro que le proporciona un movimiento vibratorio. Pueden usarse para la compactación de suelos granulares con tamaños de partículas que van desde grandes fracciones rocosas hasta arena fina

- **AGENTE EMULSIFICADOR:**

Un emulsionante, emulsificante o emulgente es una sustancia que ayuda en la mezcla de dos sustancias que normalmente son poco miscibles o difíciles de mezclar. De esta manera, al añadir este emulsionante, se consigue formar una emulsión. Se denomina así también a los aditivos alimentarios encargados de facilitar el proceso de emulsión de los ingredientes.

- **GRANULOMETRÍA:**

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con

fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

- **MEZCLA DE FILLER:**

Mezclas de asfaltos y fillers. Los fillers son sustancias finamente divididas las cuales son insolubles en asfalto pero que pueden ser dispersadas en él, como un medio de modificar sus propiedades mecánicas y consistencia. Usualmente sus sustancias minerales; materiales orgánicos tales como madera o corcho, raramente se utilizan. Típicos fillers minerales: cal, cemento, polvo de tiza, cenizas de combustible pulverizada, talco, sílice, etc.

1.9. Hipótesis:

HIPÓTESIS GENERAL

Hi Si es viable técnicamente y de menor costo, el Tratamiento Superficial denominado Otta Seal, es la alternativa óptima para la aplicación en mantenimientos en carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín.

1.10. Variables:

Variable Independiente

El aspecto Técnico y de Costo en la aplicación de Tratamientos Superficiales en carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín.

Variable Dependiente

Aplicación de los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal en carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de Investigación

La investigación es de tipo descriptivo.

Diseño de Investigación

El diseño de la investigación corresponde a un estudio descriptivo cuyo esquema está dedicado a la evaluación técnica y determinación de costo de los dos métodos de tratamiento superficial propuestos.

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

El conjunto de todas las carreteras donde se han aplicado estos métodos de tratamiento superficial referidas a carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín.

Muestra:

Se tomará el proyecto carretera departamental: Lamas - Emp. PE-5N (Puente Bolivia).

2.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Conocimiento del proceso de construcción de ambos tratamientos superficiales

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Formatos, reglamentos y normas que se utilizan para la construcción de ambos tratamientos superficiales.

PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nos basamos en las normas emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.4. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.

El recojo de los datos de campo se hará en forma manual y luego se hará un procedimiento computarizado.

El análisis e interpretación de datos se realizará de acuerdo a la Normas Técnicas del MTC.

Ejecución del Mantenimiento con Emulsión Asfáltica de la carretera departamental Tramo: Lamas-EMP-PE-5N (PUENTE BOLIVIA).

ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

Políticamente el área de influencia del proyecto de investigación se ubica:

Región : San Martín
Departamento : San Martín
Provincia : Lamas
Distritos : Lamas – Shanao

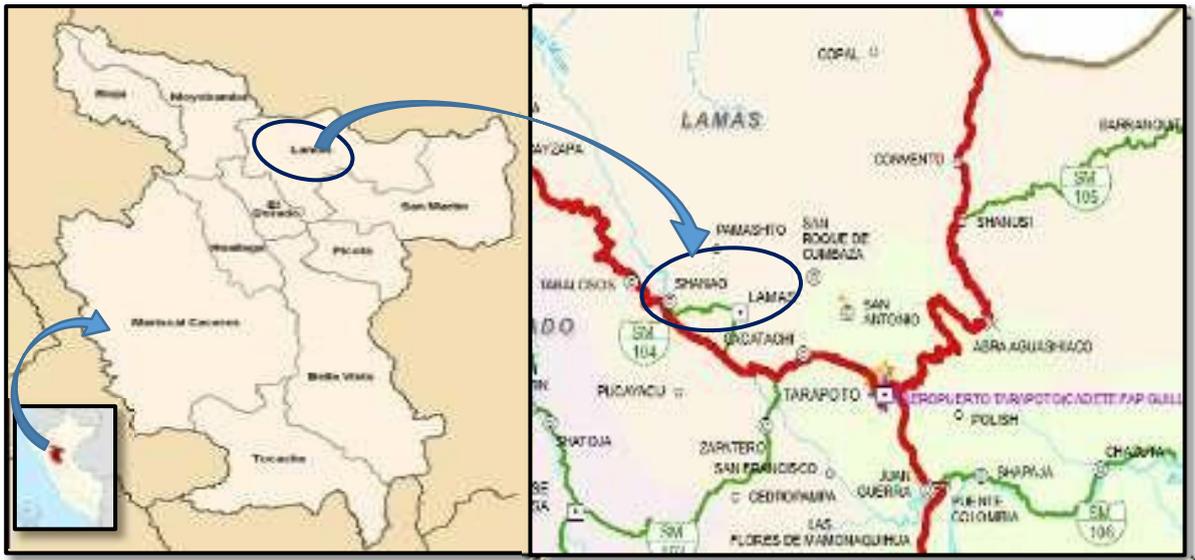
El punto de inicio del proyecto de investigación, parte del distrito de Lamas, en la progresiva Km 00+00 y se extiende hasta el empalme PE-5N (Puente Bolivia) en el distrito de Shanao, en la progresiva Km 14+180, con un clasificador de ruta SM-104.

Tabla 15: Coordenadas del Inicio y Fin del Tramo de Estudio

Coordenadas		
Inicio: km 00+000 Lamas	332403.00 m E 9289190.00 m S	Altitud 765 msnm
Final: km 14180 Emp PE-5N (Puente Bolivia)	323117.00 m E 9290699.00 m S	Altura 276 msnm

Fuente: Imagen Satelital Google Earth

**Ilustración 9: Mapas de Ubicación Carretera Departamental Lamas - EMP-PE 5N
(Puente Bolivia)**



Fuente: www.proviasnac.gob.pe

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

- a. Topografía: Topografía variante, prevalece pendientes altas, terrenos ondulantes y colinas bajas, sin zonas planas amplias.
- b. Clima: clima tropical. Hay precipitaciones durante todo el año. Hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. Este clima es considerado Af según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Lamas se encuentra a 23.9 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 1478 mm.
- c. Relieve: Presenta un relieve característico de la selva alta, relieves accidentados con colinas altas, y frondosa vegetación.
- d. Vía de Acceso: Vía terrestre desde la ciudad de Tarapoto, recorriendo la carretera Fernando Belaúnde Terry Norte, hasta el Dv. Lamas, siguiendo luego por la carretera departamental SM-104, recorriendo 9.5 Km. hasta la ciudad de Lamas, donde empieza el tramo a evaluar, llegando a 14.180 Km. en el Emp. PE-5N (Puente Bolivia).

Tabla 16: Característica Técnicas de la Vía en Estudio

Tramo: Lamas – EMP. PE 5N (Puente Bolivia)	
Descripción	Actual
Ruta	SM-104
Clasificación	Red Vial Departamental
Carretera	Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia)
Longitud	14018 km
Categoría	Tercera Clase
Velocidad Directriz	30 km/h
Radio mínimo normal (m)	25
Radio mínimo excepcional (m)	20
Pendiente máxima	12.00%
Pendiente mínima	0.00%
Ancho de calzada (m)	7.20
Ancho de bermas (m)	0.60
Estado de conservación de la vía	Regular
Bombeo	2.00%
Tipo de material Superficial	TSB+Slurry Seal

Fuente: Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín

CAPÍTULO III: RESULTADOS

RESULTADOS:

Cabe mencionar que la estructura del pavimento está sometida constantemente a cargas externas de tráfico y clima que generan esfuerzos, desgastes y deformaciones internas en las capas que lo componen. Debido a que la carretera departamental Tramo: Lamas-EMP-PE-5N (PUENTE BOLIVIA), ya se encuentra ejecutada, el análisis va estar en base al diseño de los espesores del proyecto ejecutado.

A continuación, se hará el análisis técnico y comparativo de ambos tratamientos superficiales:

3.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA:

3.1.1. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

SLURRY SEAL. - Su aplicación dependerá de su gradación y la función que cumplirá.

Tabla 17: Especificaciones Granulométricas para Slurry Seal

Tipo de Slurry Seal	I	II	III
Uso General	Sello Fino y Relleno de Grietas	Sello General Superficies de Textura Media	1" y/o 2" Aplicación de Superficies de Textura Alta
	Tráfico Liviano	Tráfico Mediano	Tráfico Pesado
Tamaño de Tamiz	Porcentaje que pasa %		
3/8"	100	100	100
N° 4	100	95-100	70-90
N° 8	90-100	65-90	45-70
N° 16	65-90	45-70	28-50
N° 30	40-65	30-50	19-34
N° 50	25-42	18-30	12-25
N° 100	15-30	10-21	7-18
N° 200	10-20	5-15	5-15

Fuente: ISSA A 105

OTTA SEAL. - Los Otta Seal se clasifican en dos tipos dependerán de la cantidad de capas que la conforman.

Tabla 18: Característica Técnicas de la Vía en Estudio

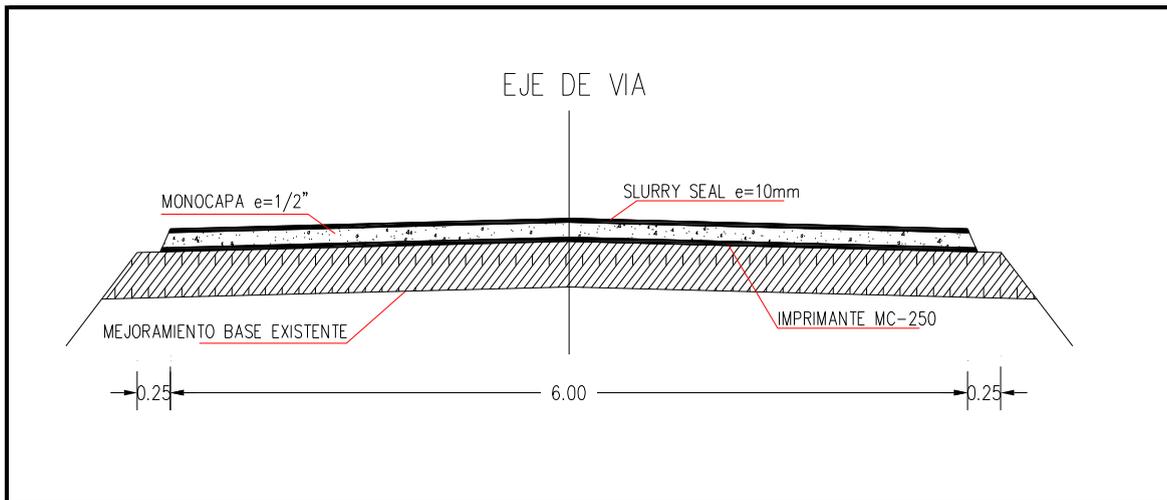
Tipo de Otta Seal	Simple		Doble	
	Liviano		Moderado, Pesado	
Tipo de tránsito	Grado "abierto"	Grado "medio"	Grado "denso"	AASHTO o BS
Tamaño de tamiz (mm)	Porcentaje que pasa			
19	100	100	100	
16	80-100	84-100	93-100	
13.2	52-82	68-94	84-100	
9.5	36-58	44-73	70-98	
6.7	20-40	29-54	54-80	T 146-49
4.75	10-30	19-42	44-70	BS 1377
2	0-8	3-18	20-48	
1.18	0-5	1-14	15-38	
0.425	2	6	7-25	
0.075	4	2	3-10	

Fuente: Manual Guía para Tratamientos Otta Seal (Norwegian Public Roads Administration).

Ambos tipos de tratamiento superficial no tienen problemas con climas lluviosos, por tal motivo son apropiados para su uso en la región donde se encuentra ubicado el proyecto en referencia.

De acuerdo al proyecto ejecutado de la carretera departamental Tramo: Lamas-EMP-PE-5N (PUENTE BOLIVIA), para el tratamiento de Slurry Seal se usó el Tipo II, Sello General superficial de Textura media, para tráfico medio teniendo como sección transversal típica del eje de vía:

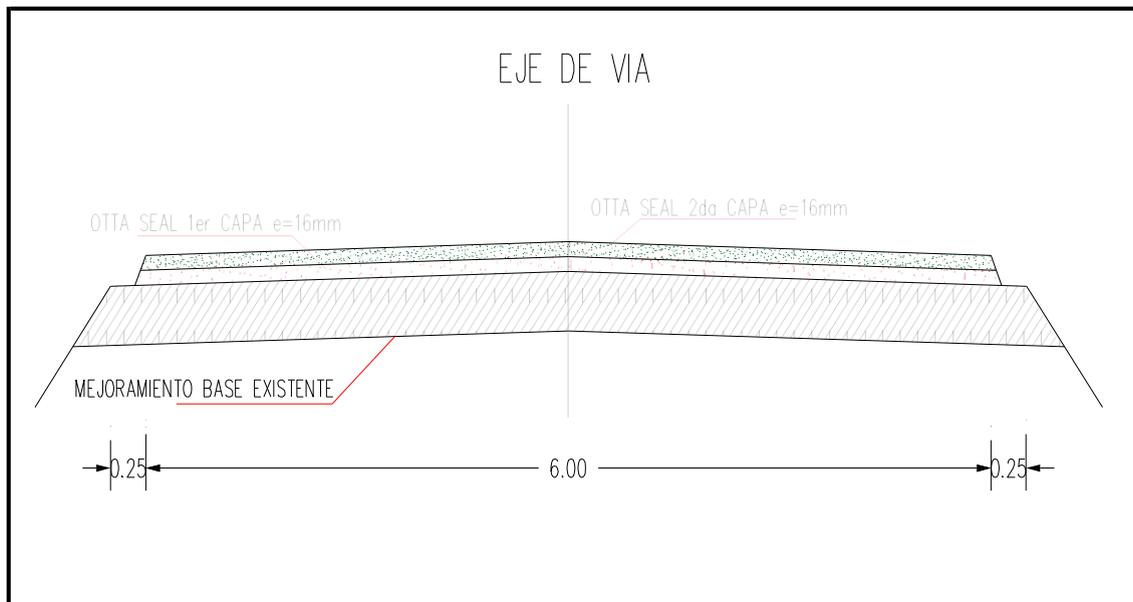
Ilustración 10: Sección transversal Tratamiento Superficial Slurry Seal



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al tratamiento superficial de Otta Seal en la carretera departamental Tramo: Lamas-EMP-PE-5N (PUENTE BOLIVIA), se propone usar el tipo Doble (Bicapa), para tránsito moderado y de grado medio teniendo como sección transversal del eje de la vía:

Ilustración 11: Sección transversal Tratamiento Superficial Otta Seal



Fuente: Elaboración Propia

Siendo necesaria la siguiente granulometría para ambos tratamientos superficiales:

Tabla 19: Cuadro Comparativo Granulometrías

Granulometría (% que pasa)			
Tamiz malla N°	Otta Seal	Tamiz malla N°	Slurry Seal
19	100	9.5	100
16	84-100	4.75	90-100
13.2	68-94	2.36	65-90
9.5	44-73	1.18	45-70
6.7	29-54	N° 30	30-50
4.75	19-42	N° 50	18-30
2	3-18	N° 100	10-21
1.18	1-14	N° 200	5-15
0.425	6		
0.075	2		

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. PERÍODO DE DISEÑO Y DURABILIDAD

La mayoría de bibliografías de diseño de carreteras recomiendan periodos de diseño para 10 y 20 años. En el caso de los tratamientos superficiales Slurry Seal y Otta Seal elegimos el periodo de diseño de 15 años que se encuentra en el intervalo de 15-25 años correspondiente al tipo de carretera Pavimentada de baja intensidad de tránsito, sin embargo, en el caso del Otta Seal tiene una proyección de 20 a 25 años de vida útil debido a que consideramos el tipo Otta Seal bicapa, esto sin duda ligado al mantenimiento y a las capas programadas para su colocación a través de vida útil.

Tabla 20: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10-20

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

3.1.3. SERVICIALIDAD

La comodidad que tratamiento superficial brinda al usuario es un aspecto imprescindible en las vías. Existen diferentes maneras para analizar y cuantificar el nivel de servicio. Un parámetro usado en el Manual de Diseño AASHTO 1993 es el Índice de Servicio (Present Serviceability Index – PSI), que establece una escala subjetiva de calificación de 0 a 5, siendo 5 la condición calificada como excelente. Otro indicador más objetivo es el Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index - IRI) que es adoptado por el AASHTO 2008. Como referencia los pavimentos nuevos tienen valores de IRI de 2.0 m/Km, mientras que durante la vida en servicio puede incrementarse hasta un IRI de 3.5 m/Km. Consideramos que los tratamientos superficiales Slurry Seal así como el Otta Seal están en la escala de 3.5 del índice de servicio. Un adecuado proceso constructivo y mantenimiento oportuno durante la vida en servicio permite que ambos tratamientos superficiales puedan brindar un mismo nivel de serviciabilidad. Se desmiente que el tipo de tratamiento superficial suponga un mejor nivel de servicialidad respecto al otro.

3.1.4. EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE LOS PAVIMENTOS.

Los tratamientos superficiales con Slurry Seal y el Otta Seal por la propia naturaleza de aplicación en obras viales están sometidas y afectadas por las acciones físicas, mecánicas y químicas de su entorno. Estos dos tratamientos son un material termo-plástico que

cambia sus propiedades de viscosidad y resistencia de acuerdo a las temperaturas y está sujeto al fenómeno de oxidación durante su vida útil. Con el servicio que brinda de forma cotidiana, por ser plásticos son más sensible al fisuramiento, En este caso el estudio se presenta en un clima predominante cálido los tratamientos se vuelven más blandos con tendencia a ahuellarse ante la acción del tráfico. En la actualidad hay una gran preocupación por el empleo de materiales y técnicas constructivas que mitiguen el impacto medio ambiental. Sin embargo, con los materiales bituminosos actualmente disponibles y las nuevas técnicas de construcción, los tratamientos superficiales Slurry Seal y Otta Seal no puedan diseñarse considerando los efectos medio ambientales.

3.1.5. TIPOS DE FALLA

En este ítem analizaremos los tipos de fallas que presentan cada uno de los tratamientos superficiales, en la escala de Leve, Moderado y Grave.

Tabla 21: Cuadro Comparativo de Tipos de Fallas

Tipos de fallas				
Tratamiento Superficial	Exudación	Abultamiento y Hundimiento	Pulimiento de agregados	FISURAS
Slurry Seal	“ L ” a “ M ”	“ L ” a “ M ”	“ L ” a “ M ”	“ L ” a “ M ”
Otta Seal	“ L ” a “ M ”	“ L ” a “ M ”	“ L ” a “ M ”	“ L ” a “ M ”

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a los tipos de fallas y su grado de compromiso en los tratamientos superficiales con Slurry Seal y el Otta Seal podemos apreciar que no tiene diferencia, sufriendo las mismas afectaciones.

3.1.6. TIEMPO DE EJECUCIÓN

Para realizar el análisis de este ítem, es necesario identificar y cuantificar las partidas que se realizaran en la ejecución del tratamiento superficial Slurry Seal y el Otta Seal, en la carretera departamental: Lamas - Emp. PE-5N (Puente Bolivia). En tal sentido se procedió a realizar el metrado de las partidas identificadas para

cada uno de los tratamientos y luego determinar sus respectivos rendimientos.

JUSTIFICACIÓN DE METRADO

SLURRY SEAL

1.0 Obras Preliminares

1.1 Movilización y Desmovilización de Equipo

Descripción	Und	Metrado
Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00
Total	glb	1.00

1.2 Cartel de Obra

Descripción	Und	Metrado
Cartel de la identificación de la obra de 4.8x2.4m	glb	1.00
Total	glb	1.00

1.3 Control de Tráfico

Descripción	Und	Metrado
Control de Trafico	glb	1.00
Total	glb	1.00

1.4 Instalación de Campamento

Descripción	Und	Metrado
Instalación de Campamento	glb	1.00
Total	glb	1.00

2.0 Pavimento

2.1 Trazo y Replanteo

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	14+180	14,180.00	7.20	102,096.00

2.2 Mejoramiento de Base Existente

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	001+00	1,000.00	6.50	6,500.00
001+00	002+00	1,000.00	6.50	6,500.00
002+00	003+00	1,000.00	6.50	6,500.00
003+00	004+00	1,000.00	6.50	6,500.00
004+00	005+00	1,000.00	6.50	6,500.00
005+00	006+00	1,000.00	6.50	6,500.00
006+00	007+00	1,000.00	6.50	6,500.00
007+00	008+00	1,000.00	6.50	6,500.00
008+00	009+00	1,000.00	6.50	6,500.00
009+00	010+00	1,000.00	6.50	6,500.00
010+00	011+00	1,000.00	6.50	6,500.00
011+00	012+00	1,000.00	6.50	6,500.00
012+00	013+00	1,000.00	6.50	6,500.00
013+00	014+18	1,180.00	6.50	7,670.00
Total m²				92,170.00

2.3. Imprimación Asfáltica con Asfalto Liquido MC-250

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	001+00	1,000.00	6.15	6,150.00
001+00	002+00	1,000.00	6.15	6,150.00
002+00	003+00	1,000.00	6.15	6,150.00
003+00	004+00	1,000.00	6.15	6,150.00
004+00	005+00	1,000.00	6.15	6,150.00
005+00	006+00	1,000.00	6.15	6,150.00
006+00	007+00	1,000.00	6.15	6,150.00
007+00	008+00	1,000.00	6.15	6,150.00
008+00	009+00	1,000.00	6.15	6,150.00
009+00	010+00	1,000.00	6.15	6,150.00
010+00	011+00	1,000.00	6.15	6,150.00
011+00	012+00	1,000.00	6.15	6,150.00
012+00	013+00	1,000.00	6.15	6,150.00

013+00	014+18	1,180.00	6.15	7,257.00
Total m²				87,207.00

2.5. Cape Seal: A-tratamiento Superficial con piedra chancada de 1/2"

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	001+00	1,000.00	6.00	6,000.00
001+00	002+00	1,000.00	6.00	6,000.00
002+00	003+00	1,000.00	6.00	6,000.00
003+00	004+00	1,000.00	6.00	6,000.00
004+00	005+00	1,000.00	6.00	6,000.00
005+00	006+00	1,000.00	6.00	6,000.00
006+00	007+00	1,000.00	6.00	6,000.00
007+00	008+00	1,000.00	6.00	6,000.00
008+00	009+00	1,000.00	6.00	6,000.00
009+00	010+00	1,000.00	6.00	6,000.00
010+00	011+00	1,000.00	6.00	6,000.00
011+00	012+00	1,000.00	6.00	6,000.00
012+00	013+00	1,000.00	6.00	6,000.00
013+00	014+18	1,180.00	6.00	7,080.00
Total m²				85,080.00

2.6. Cape Seal: B-Slurry Seal e=10 mm

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	001+00	1,000.00	6.00	6,000.00
001+00	002+00	1,000.00	6.00	6,000.00
002+00	003+00	1,000.00	6.00	6,000.00
003+00	004+00	1,000.00	6.00	6,000.00
004+00	005+00	1,000.00	6.00	6,000.00
005+00	006+00	1,000.00	6.00	6,000.00
006+00	007+00	1,000.00	6.00	6,000.00
007+00	008+00	1,000.00	6.00	6,000.00
008+00	009+00	1,000.00	6.00	6,000.00

009+00	010+00	1,000.00	6.00	6,000.00
010+00	011+00	1,000.00	6.00	6,000.00
011+00	012+00	1,000.00	6.00	6,000.00
012+00	013+00	1,000.00	6.00	6,000.00
013+00	014+18	1,180.00	6.00	7,080.00
Total m²				85,080.00

2.7. Marcas en el Pavimento

Pintura Blanca

Progresivas		Demarcación de Pavimento con Pintura Blanca						
Inicio	Final	Long (ml)	Tipo de Línea	Ancho (ml)	Cant. (und)	Área (m ²)	Cont.	Obs.
Líneas de Borde								
000	014+180	14,180	C	0.10	1.00	1,418	1,418	LI
000	014+180	14,180	C	0.10	1.00	14,418	1,418	LD
Metrado Sub-Total (1)						m ²	2,836	

Pintura Blanca

Progresivas		Por eje	Dimensiones		N°	Parcial (m ²)	Total (m ²)
Inicio	Final	Disco Conti	Long (ml)	Ancho (ml)	Veces		
000+020	014+180	D/C	16640	0.10	1.00	1,664	1,664
Metrado Sub-Total (2)						m ²	1,664.00
Metrado Total – Marcas en el Pavimento (1)+(2)						m ²	4,500.00

Tabla 22: Resumen de Metrados (Slurry Seal)

Ítem	Descripción	Und	Cant.
01	Obras Preliminares		
01.01	Movilización y Desmovil. de Equipos	glb	1.00
01.02	Cartel de Obra Control de	und	1.00
01.03	Trafico Instalación de	glb	1.00
01.04	Campamento Pavimentos	glb	1.00
02	Trazo y Replanteo		
02.01	Mejoramiento de Basa Existente	m2	102,096.00
02.02	Impr. Asfáltica con asfalto liquido MC-250	m2	92,170.00
02.03	Cape Seal: A-Trat. Super. con Pied. Chanc. 1/2"	m2	87,207.00
02.04	Cape Seal: B-Slurry Seal e=10 mm	m2	85,080.00
02.05	Marcas en el Pavimento	m2	85,080.00
02.06		m2	4,500.00

Fuente: Elaboración Propia

OTTA SEAL

Justificación de Metrado

1.0 Obras Preliminares

1.1 Movilización y Desmovilización de Equipo

Descripción	Und	Metrado
Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00
Total	glb	1.00

1.2 Cartel de Obra

Descripción	Und	Metrado
Cartel de la identificación de la obra de 4.8x2.4m	glb	1.00
Total	glb	1.00

1.3 Control de Tráfico

Descripción	Und	Metrado
Control de Trafico	glb	1.00
Total	glb	1.00

1.4 Instalación de Campamento

Descripción	Und	Metrado
Instalación de Campamento	glb	1.00
Total	glb	1.00

2.0 Pavimento

2.1 Trazo y Replanteo

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	14+180	14,180.00	7.20	102,096.00

2.2 Mejoramiento de Base Existente

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	001+00	1,000.00	6.50	6,500.00
001+00	002+00	1,000.00	6.50	6,500.00
002+00	003+00	1,000.00	6.50	6,500.00
003+00	004+00	1,000.00	6.50	6,500.00
004+00	005+00	1,000.00	6.50	6,500.00
005+00	006+00	1,000.00	6.50	6,500.00
006+00	007+00	1,000.00	6.50	6,500.00
007+00	008+00	1,000.00	6.50	6,500.00
008+00	009+00	1,000.00	6.50	6,500.00
009+00	010+00	1,000.00	6.50	6,500.00
010+00	011+00	1,000.00	6.50	6,500.00
011+00	012+00	1,000.00	6.50	6,500.00
012+00	013+00	1,000.00	6.50	6,500.00
013+00	014+18	1,180.00	6.50	7,670.00
Total m²				92,170.00

2.3. Otta Seal 1era. Capa

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	001+00	1,000.00	6.00	6,000.00
001+00	002+00	1,000.00	6.00	6,000.00
002+00	003+00	1,000.00	6.00	6,000.00
003+00	004+00	1,000.00	6.00	6,000.00
004+00	005+00	1,000.00	6.00	6,000.00
005+00	006+00	1,000.00	6.00	6,000.00
006+00	007+00	1,000.00	6.00	6,000.00
007+00	008+00	1,000.00	6.00	6,000.00
008+00	009+00	1,000.00	6.00	6,000.00
009+00	010+00	1,000.00	6.00	6,000.00
010+00	011+00	1,000.00	6.00	6,000.00
011+00	012+00	1,000.00	6.00	6,000.00
012+00	013+00	1,000.00	6.00	6,000.00
013+00	014+18	1,180.00	6.00	7,080.00
Total m²				85,080.00

2.4. Otta Seal 2da. Capa

Ubicación		Largo (ml)	Ancho (ml)	Área (m ²)
Del Km	Al Km			
000+00	001+00	1,000.00	6.00	6,000.00
001+00	002+00	1,000.00	6.00	6,000.00
002+00	003+00	1,000.00	6.00	6,000.00
003+00	004+00	1,000.00	6.00	6,000.00
004+00	005+00	1,000.00	6.00	6,000.00
005+00	006+00	1,000.00	6.00	6,000.00
006+00	007+00	1,000.00	6.00	6,000.00
007+00	008+00	1,000.00	6.00	6,000.00
008+00	009+00	1,000.00	6.00	6,000.00
009+00	010+00	1,000.00	6.00	6,000.00
010+00	011+00	1,000.00	6.00	6,000.00
011+00	012+00	1,000.00	6.00	6,000.00
012+00	013+00	1,000.00	6.00	6,000.00
013+00	014+18	1,180.00	6.00	7,080.00
Total m²				85,080.00

2.5. Marcas en el Pavimento
Pintura Blanca

Progresivas		Demarcación de Pavimento con Pintura Blanca						
Inicio	Final	Long (ml)	Tipo de Línea	Ancho (ml)	Cant. (und)	Área (m ²)	Cont.	Obs.
Líneas de Borde								
000	014+180	14,180	C	0.10	1.00	1,418	1,418	LI
000	014+180	14,180	C	0.10	1.00	14,418	1,418	LD
Metrado Sub-Total (1)						m ²	2,836	

Pintura Blanca

Progresivas		Por eje	Dimensiones		N°	Parcial (m ²)	Total (m ²)
Inicio	Final	Disco Conti	Long (ml)	Ancho (ml)	Veces		
000+020	014+180	D/C	16640	0.10	1.00	1,664	1,664
Metrado Sub-Total (2)						m ²	1,664.00
Metrado Total – Marcas en el Pavimento (1)+(2)						m ²	4,500.00

Tabla 23: Resumen de Metrados (Otta Seal)

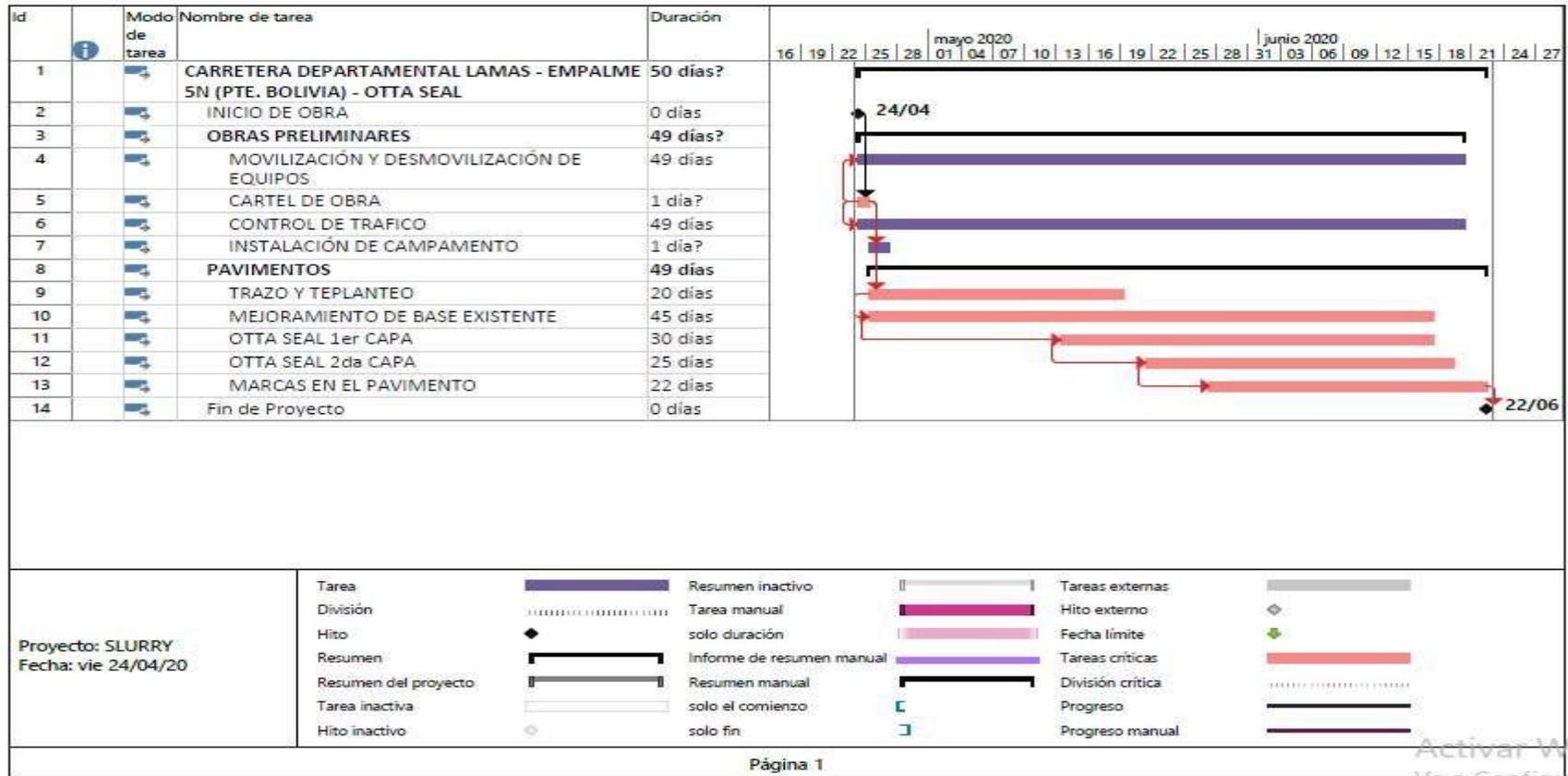
Ítem	Descripción	Und	Cant.
01	Obras Preliminares		
01.01	Movilización y Desmovil. de Equipos	glb	1.00
01.02	Cartel de Obra Control de	und	1.00
01.03	Trafico Instalación de	glb	1.00
01.04	Campamento Pavimentos	glb	1.00
02	Trazo y Replanteo		
02.01	Mejoramiento de Basa Existente	m2	102,096.00
02.02	OTTA SEAL 1er Capa	m2	92,170.00
02.03	OTTA SEAL 2da Capa	m2	85,080.00
02.04	Marcas en el Pavimento	m2	85,080.00
02.05		m2	4,500.00

Fuente: Elaboración Propia

DIAGRAMADA DE GANTT

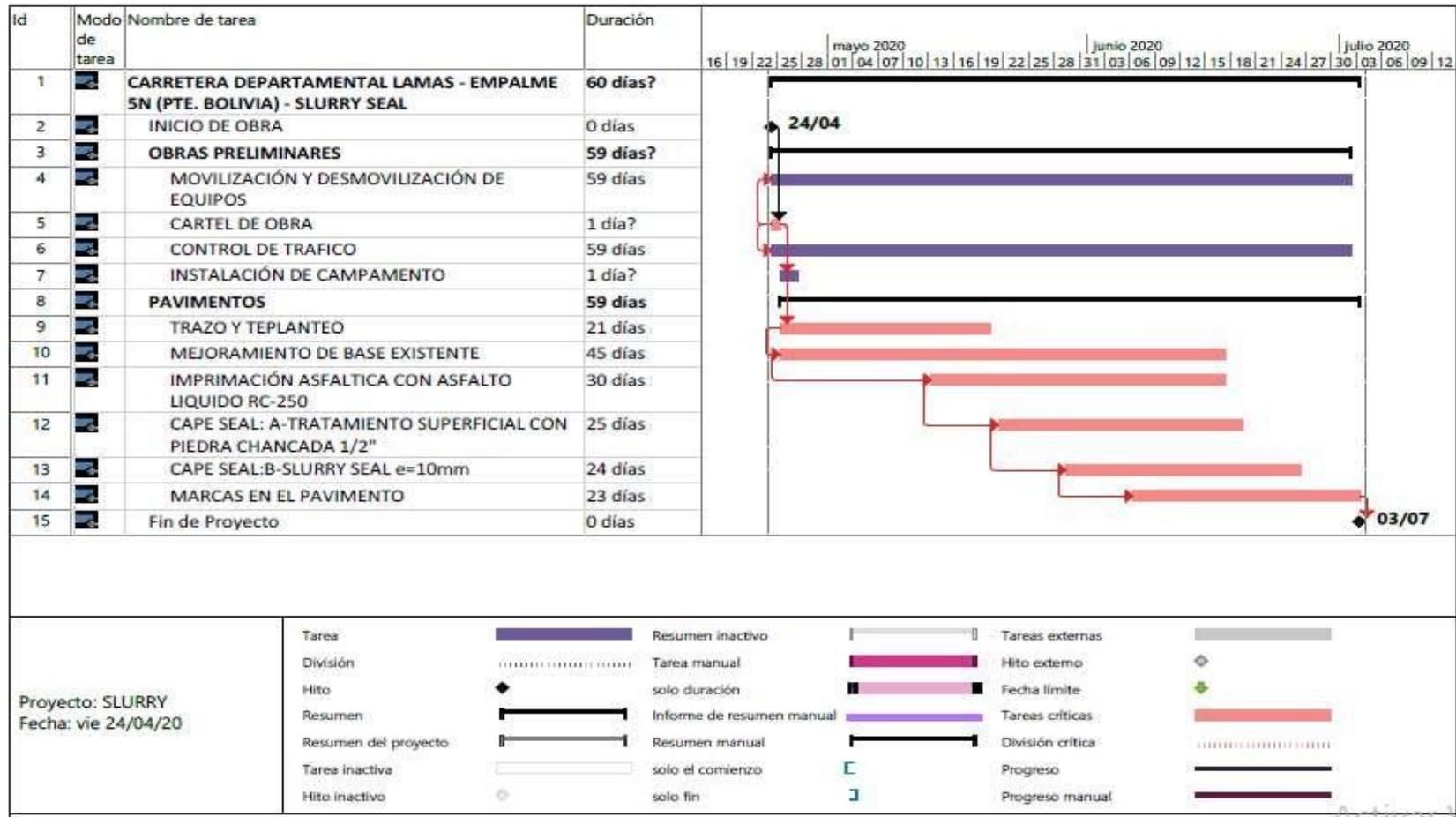
Mediante el diagrama de Gantt determinamos el tiempo que se empleara para la ejecución de los trabajos de tratamiento superficial con otta seal y slurry seal, en la carretera departamental lamas – EMP PE-N5 (Puente Bolivia)

Ilustración 12: Diagrama Gantt Otta Seal



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 13: Diagrama Gantt Slurry Seal



Fuente: Elaboración Propia

De los dos diagramas de Gantt apreciamos que para el tratamiento superficial con Slurry Seal tenemos 60 días, mientras que para el Otta Seal tenemos un tiempo de 50 días. Teniendo una diferencia entre ambos de 10 días.

3.2. EVALUACIÓN DE COSTO PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL Y EL OTTA SEAL

3.2.1. SLURRY SEAL

3.2.1.1. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Se realizó el análisis de costos unitario de cada una de las partidas necesarios para realizar el tratamiento superficial con Slurry Seal obteniendo los siguientes resultados:

1.0 Obras Preliminares

01.01		MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS				
glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : glb	83,500.00	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales						
TRANSPORTE DE CAMION SLURRY: LIMA-LAMAS		vje		2.0000	9,750.00	19,500.00
TRANSPORTE DE MOTONIVELADORA 145 HP: TARAPOTO-LAMAS		vje		2.0000	500.00	1,000.00
TRANSPORTE DE RODILLO VIBRAT. Y NEUMATICO: TARAPOTO-LAMAS		vje		2.0000	500.00	1,000.00
TRANSPORTE DE CAMION IMPRIMADOR DE 1,500 gls EMUL.: LIMA-TARAPOTO		vje		2.0000	9,750.00	19,500.00
TRANSPORTE DE ESPARCIDORA DE AGREGADOS: LIMA-TARAPOTO		vje		2.0000	9,750.00	19,500.00
TRANSPORTE CISTERNA ESTACIONARIA DE 8,500 gal: LIMA-TARAPOTO		vje		2.0000	5,000.00	10,000.00
TRANSPORTE DE MOTONIVELADORA 80 HP: TRUJILLO-TARAPOTO		vje		2.0000	6,500.00	13,000.00
						83,500.00

01.02		CARTEL DE OBRA				
und/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : und	1,134.12	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
PEON		hh	4.0000	32.0000	10.91	349.12
						349.12
Materiales						
PARANTES DE MADERA		glb		3.0000	45.00	135.00
CARTEL DE 2.40X4.80 m		glb		1.0000	650.00	650.00
						785.00

01.03		CONTROL DE TRAFICO					
glb/DIA	0.0223	EQ.	0.0223	Costo unitario directo por : glb		28,925.20	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
PEON		hh	2.0070	720.0000	10.91	7,855.20	
						7,855.20	
Materiales							
SOLDADOS DE CONCRETO		und		200.0000	10.00	2,000.00	
PALETAS DE SEÑALIZACIÓN		und		2.0000	15.00	30.00	
CONOS DE SEGURIDAD		und		2.0000	70.00	140.00	
CINTA AMARILLA		rl		10.0000	75.00	750.00	
CARTEL DE PREVENCIÓN		und		2.0000	75.00	150.00	
						3,070.00	
Equipos							
CAMIONETA		hm	2.0070	720.0000	25.00	18,000.00	
3tn						18,000.00	

01.04		INSTALACION DE CAMPAMENTO					
glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : glb		20,400.00	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
GUARDIAN		mes		3.0000	1,200.00	3,600.00	
						3,600.00	
Materiales							
ALQUILER DE TERRENO PARA CAMPAMENTO		mes		3.0000	600.00	1,800.00	
ALQUILER DE DOS TANQUES DE 8,500 gl PARA EMULSIÓN Y AGUA		mes		4.0000	1,800.00	7,200.00	
ALQUILER DE ZARANDA DE 1/2" DE 3X3 m		mes		2.0000	300.00	600.00	
ALQUILER DE DOS MOTOBOMBAS 4" 13HP		mes		2.0000	3,600.00	7,200.00	
						16,800.00	

1.0 Pavimentos

02.01		TRAZO Y REPLANTEO					
m2/DIA	5,000.0000	EQ.	5,000.0000	Costo unitario directo por : m2		0.17	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
CAPATAZ		hh	0.3125	0.0005	16.37	0.01	
OFICIAL		hh	1.0000	0.0016	11.99	0.02	
PEON		hh	2.0000	0.0032	10.91	0.03	
						0.06	
Materiales							
CAL		bol		0.0015	4.00	0.01	
PINTURA ESMALTE		gal		0.0029	35.00	0.10	
						0.11	

02.02		MEJORAMIENTO DE BASE EXISTENTE			Costo unitario directo por : m2	2.81
m2/DIA	1,200.0000	EQ.	1,200.0000			
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.2550	0.0017	16.37	0.03
PEON		hh	4.0050	0.0267	10.91	0.29
						0.32
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.32	0.01
RODILLO VIBRATORIO 8 tn		hm	1.0050	0.0067	120.00	0.80
MOTONIVELADORA 145 HP		hm	1.0050	0.0067	150.00	1.01
CAMION CISTERNA DE 3,500 gls		hm	1.0050	0.0067	100.00	0.67
						2.49

02.03		IMPRIMACION ASFALTICA CON ASFALTO LIQUIDO MC-250			Costo unitario directo por : m2	3.59
m2/DIA	4,000.0000	EQ.	4,000.0000			
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.2500	0.0005	16.37	0.01
PEON		hh	4.0000	0.0080	10.91	0.09
						0.10
Materiales						
KEROSENE		gal		0.0800	12.20	0.98
ASFALTO LIQUIDO MC-250		gal		0.2470	6.50	1.61
TRANSPORTE DE ASFALTO LIQUIDO MC-250 TALARA-LIMA		gal		0.2500	1.50	0.38
ARENA FINA		m3		0.0010	75.00	0.08
						3.05
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.10	
CAMION IMPRIMADOR DE 1500 gls		hm	1.0000	0.0020	150.00	0.30
COMPRESORA DE 250 PCM CON MANGUERA DE 30M		hm	1.0000	0.0020	70.00	0.14
						0.44

02.04		CAPE SEAL: A-TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON PIEDRA CHANCADA 1/2"			
m2/DIA	4,000.0000	EQ.	4,000.0000	Costo unitario directo por : m2	7.57
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.2500	0.0005	16.37	0.01
OPERARIO	hh	2.0000	0.0040	13.64	0.05
PEON	hh	4.0000	0.0080	10.91	0.09
					0.15
Materiales					
EMULSION ASFALTICA CATIONICA DE ROTURA RAPIDA	gal		0.5100	6.70	3.42
TRANSPORTE DE EMULSION CRR LIMA-LAMAS	gal		0.5100	2.00	1.02
PIEDRA CHANCADA 1/2"A LA 3/8"	m3		0.0160	117.00	1.87
					6.31
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.15	0.01
CAMION IMPRIMADOR DE 1500 gls	hm	1.0000	0.0020	150.00	0.30
RODILLO NEUMATICO DE 8tn	hm	1.0000	0.0020	120.00	0.24
VOLQUETE DE 12 m3	hm	1.0000	0.0020	140.00	0.28
ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	1.0000	0.0020	140.00	0.28
					1.11

02.05		CAPE SEAL: B-SLURRY SEAL e=10 mm			
m2/DIA	3,500.0000	EQ.	3,500.0000	Costo unitario directo por : m2	7.67
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.2625	0.0006	16.37	0.01
OPERARIO	hh	3.9813	0.0091	13.64	0.12
PEON	hh	5.9938	0.0137	10.91	0.15
					0.28
Materiales					
EMULSION ASFALTICA CATIONICA SUPER ESTABLE (CSE)	gal		0.6000	6.70	4.02
TRANSPORTE EMULSIÓN ASFÁLTICA LIMA - LAMAS	gal		0.6000	2.00	1.20
ARENA GRUESA SELCCIONADA	m3		0.0120	75.00	0.90
CEMENTO PORTLAND TIPO I	kg		0.0900	0.53	0.05
AGUA PURA	gal		0.5500	0.05	0.03
					6.20
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.28	0.01
RETROEXCAVADORA 80-85 HP	hm	1.0063	0.0023	120.00	0.28
CAMION SLURRY SEAL	hm	1.0063	0.0023	320.00	0.74
COMPRESORA DE AIRE DE 250 PCM CON MANGUERA DE 20m	hm	1.0063	0.0023	70.00	0.16
					1.19

02.06		MARCAS EN EL PAVIMENTO					
m2/DIA	200.0000	EQ.	200.0000	Costo unitario directo por : m2		13.94	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
CAPATAZ		hh	0.2500	0.0100	16.37	0.16	
OFICIAL		hh	1.0000	0.0400	11.99	0.48	
PEON		hh	4.0000	0.1600	10.91	1.75	
						2.39	
Materiales							
PINTURA DE TRAFICO		gal		0.1120	60.00	6.72	
MICROESFERAS DE VIDRIO		kg		0.3500	9.80	3.43	
SOLVENTE XILOL		gal		0.0100	32.50	0.33	
						10.48	
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.39	0.07	
MAQUINA PARA PINTAR		hm	1.0000	0.0400	25.00	1.00	
						1.07	

3.2.1.2. PRESUPUESTO SLURRY SEAL

Obtenido el análisis de precios unitarios y el metrado de las partidas a ejecutar para el tratamiento superficial Slurry Seal se obtuvo el siguiente presupuesto a costo directo.

Para la Vía de 14.18 km de longitud.

Ancho 6.00 m.

Tabla 24: Presupuesto Slurry Seal

PRESUPUESTO					
Tesis "EVALUACIÓN TÉCNICA Y DE COSTO ENTRE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES OTTA SEAL Y SLURRY SEAL, PARA CARRETERAS DE BAJO VOLUME: Mantenimiento con Emulsión Asfáltica de la Carretera Departamental Lamas - Empalme PE-5N (Puente Bolivia)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
01	OBRAS PRELIMINARES				133,959.32
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS.	glb	1.00	83,500.00	83,500.00
01.02	CARTEL DE OBRA	und	1.00	1,134.12	1,134.12
01.03	CONTROL DE TRAFICO	glb	1.00	28,925.20	28,925.20
01.04	INSTALACION DE CAMPAMENTO	glb	1.00	20,400.00	20,400.00
02	PAVIMENTOS				1,948,776.35
02.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	102,096.00	0.17	17,356.32
02.02	MEJORAMIENTO DE BASE EXISTENTE	m2	92,170.00	2.81	258,997.70
02.03	IMRIMACIÓN ASFALTICA CON ASFALTO LIQUIDO MC 250		87,207.00	3.59	313,073.13
02.04	CAPE SEAL: A-TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON PIEDRA CHANCADA 1/2"	m2	85,080.00	7.57	644,055.60
02.05	CAPE SEAL: B-SLURRY SEAL e=10mm	m2	85,080.00	7.67	652,563.60
02.06	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	4,500.00	13.94	62,730.00
TOTAL DE PRESUPUESTO S/.					2,082,735.67

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. OTTA SEAL

3.2.2.1. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Se realizó el análisis de costos unitario de cada una de las partidas necesarios para realizar el tratamiento superficial con Otta Seal obteniendo los siguientes resultados:

01.01		MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS				
glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por: glb	83,500.00	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales						
TRANSPORTE DE CAMION SLURRY: LIMA-LAMAS		vje		2.0000	9,750.00	19,500.00
TRANSPORTE DE MOTONIVELADORA 145 HP: TARAPOTO-LAMA:		vje		2.0000	500.00	1,000.00
TRANSPORTE DE RODILLO VIBRAT. Y NEUMATICO: TARAPOTO-LAMA:		vje		2.0000	500.00	1,000.00
TRANSPORTE DE CAMION IMPRIMADOR DE 1,500 gls EMUL.: LIMA-TARAPOTO		vje		2.0000	9,750.00	19,500.00
TRANSPORTE DE ESPARCIDORA DE AGREGADOS: LIMA-TARAPOTO		vje		2.0000	9,750.00	19,500.00
TRANSPORTE CISTERNA ESTACIONARIA DE 8,500 gal: LIMA-TARAPOTO		vje		2.0000	5,000.00	10,000.00
TRANSPORTE RETROEXCADORA 80 HP: TRUJILLO-TARAPOTO		vje		2.0000	6,500.00	13,000.00
						83,500.00

01.02		CARTEL DE OBRA				
und/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : und	1,134.12	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
PEON		hh	4.0000	32.0000	10.91	349.12
						349.12
Materiales						
PARANTES DE MADERA		glb		3.0000	45.00	135.00
CARTEL DE 2.40X4.80 m		glb		1.0000	650.00	650.00
						785.00

01.03		CONTROL DE TRAFICO			Costo unitario directo por : glb		28,925.20
glb/DIA	0.0223	EQ.	0.0223				
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
PEON		hh	2.0070	720.0000	10.91	7,855.20	
						7,855.20	
Materiales							
SOLDADOS DE CONCRETO		und		200.0000	10.00	2,000.00	
PALETAS DE SEÑALIZACIÓN		und		2.0000	15.00	30.00	
CONOS DE SEGURIDAD		und		2.0000	70.00	140.00	
CINTA AMARILLA		rl		10.0000	75.00	750.00	
CARTEL DE PREVENCIÓN		und		2.0000	75.00	150.00	
						3,070.00	
Equipos							
CAMIONETA						18,000.0	
3tn		hm	2.0070	720.0000	25.00	0	
						18,000.0	0

01.04		INSTALACION DE CAMPAMENTO			Costo unitario directo por : glb		20,400.0 0
glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000				
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
GUARDIAN		mes		3.0000	1,200.00	3,600.00	
						3,600.00	
Materiales							
ALQUILER DE TERRENO PARA CAMPAMENTO		mes		3.0000	600.00	1,800.00	
ALQUILER DE DOS TANQUES DE 8,500 gl PARA EMULSIÓN Y AGUA		mes		4.0000	1,800.00	7,200.00	
ALQUILER DE ZARANDA DE 1/2" DE 3X3 m		mes		2.0000	300.00	600.00	
ALQUILER DE DOS MOTOBOMBAS 4" 13HP		mes		2.0000	3,600.00	7,200.00	
						16,800.0	0

02.01		TRAZO Y REPLANTEO			Costo unitario directo por : m2	0.17
m2/DIA	5,000.0000	EQ.	5,000.0000			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.3125	0.0005	16.37	0.01	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0016	11.99	0.02	
PEON	hh	2.0000	0.0032	10.91	0.03	
						0.06
Materiales						
CAL	bol		0.0015	4.00	0.01	
PINTURA ESMALTE	gal		0.0029	35.00	0.10	
						0.11
<hr/>						
02.02		MEJORAMIENTO DE BASE EXISTENTE			Costo unitario directo por : m2	2.84
m2/DIA	4,200.0000	EQ.	4,200.0000			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.2550	0.0017	16.37	0.03	
PEON	hh	4.0050	0.0267	10.91	0.29	
						0.32
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.32	0.01	
RODILLO VIBRATORIO 8 tn	hm	1.0050	0.0067	120.00	0.80	
MOTONIVELADORA 145 HP	hm	1.0050	0.0067	150.00	1.01	
CAMION CISTERNA DE 3,500 gls	hm	1.0050	0.0067	100.00	0.67	
						2.49
<hr/>						
02.03		OTTA SEAL DOBLE 1er CAPA			Costo unitario directo por : m2	6.13
m2/DIA	4,000.0000	EQ.	4,000.0000			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Materiales						
OTTA SEAL-1RA CAPA	m2		1.0000	6.13	6.13	
						6.13
<hr/>						
02.04		OTTA SEAL DOBLE 2da CAPA			Costo unitario directo por : m2	6.13
m2/DIA	4,000.0000	EQ.	4,000.0000			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Materiales						
OTTA SEAL-2DA CAPA	m2		1.0000	6.13	6.13	
						6.13

02.05		MARCAS EN EL PAVIMENTO			Costo unitario directo por : m2		13.94
m2/DIA	200.0000	EQ.	200.0000				
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
CAPATAZ		hh	0.2500	0.0100	16.37	0.16	
OFICIAL		hh	1.0000	0.0400	11.99	0.48	
PEON		hh	4.0000	0.1600	10.91	1.75	
							2.39
Materiales							
PINTURA DE TRAFICO		gal		0.1120	60.00	6.72	
MICROESFERAS DE VIDRIO		kg		0.3500	9.80	3.43	
SOLVENTE XILOL		gal		0.0100	32.50	0.33	
							10.48
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.39	0.07	
MAQUINA PARA PINTAR		hm	1.0000	0.0400	25.00	1.00	
							1.07

3.2.2.2. PRESUPUESTO OTTA SEAL

Obtenido el análisis de precios unitarios y el metrado de las partidas a ejecutar para el tratamiento superficial Otta Seal se obtuvo el siguiente presupuesto a costo directo.

Para la Vía de 14.18 km de longitud

Ancho 6.00 m

Tabla 25: Presupuesto Otta Seal

PRESUPUESTO					
Tesis "EVALUACIÓN TÉCNICA Y DE COSTO ENTRE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES OTTA SEAL Y SLURRY SEAL, PARA CARRETERAS DE BAJO VOLUME: Mantenimiento con Emulsión Asfáltica de la Carretera Departamental Lamas - Empalme PE-5N (Puente Bolivia)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
01	OBRAS PRELIMINARES				133,959.32
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS.	glb	1.00	83,500.00	83,500.00
01.02	CARTEL DE OBRA	und	1.00	1,134.12	1,134.12
01.03	CONTROL DE TRAFICO	glb	1.00	28,925.20	28,925.20
01.04	INSTALACION DE CAMPAMENTO	glb	1.00	20,400.00	20,400.00
02	PAVIMENTOS				1,382,164.82
02.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	102,096.00	0.17	17,356.32
02.02	MEJORAMIENTO DE BASE EXISTENTE	m2	92,170.00	2.81	258,997.70
02.03	OTTA SEAL DOBLE 1er CAPA	m2	85,080.00	6.13	521,540.40
02.04	OTTA SEAL DOBLE 2da CAPA	m2	85,080.00	6.13	521,540.40
02.05	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	4,500.00	13.94	62,730.00
TOTAL DE PRESUPUESTO S/.					1,516,124.14

Fuente: Elaboración Propia

3.3. RESULTADOS:

Tabla 26: Cuadro Comparativo Técnico – Económico

INDICADOR	UNID.	SLURRY SEAL	OTTA SEAL
COSTO	S/.	2'082,735.67	1'516,124.14
COSTO DIRECTO POR M2	S/.	24.48	17.82
PLAZO DE EJECUCIÓN	DIAS	60	50
MANTENIMIENTO PERIODICO RUTINARIO	AÑOS	5	5
DURABILIDAD	AÑOS	10-20	15-30

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 14: Diagrama de Barras Comparativo de Costos



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 15: Diagrama de Barras Comparativo Costo por m2



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 16: Diagrama de Barras Comparativo Tiempo de Ejecución



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

- Los pavimentos económicos para el mantenimiento periódico de las carretas de la red vial nacional, como el Otta Seal y Slurry Seal se clasifican como carreteras pavimentadas, como lo indica el Manual de Carreteras DG-2018.
- El SLURRY SEAL, en el manual de especificaciones técnicas EG-2013, se denomina lechada asfáltica, y su uso corresponde técnicamente a un mantenimiento periódico de un pavimento asfáltico, sin embargo, en este caso se coloca sobre una base.
- Respecto a su aplicación, en la investigación sobre la carretera departamental Tramo: Lamas-EMP-PE-5N (PUENTE BOLIVIA), se hace una comparación teórica entre el tratamiento superficial de Slurry Seal Tipo II, Sello General superficial de Textura media, para tráfico medio. Con el tratamiento superficial de Otta Seal, tipo Doble (Bicapa), para tránsito moderado y de grado medio. Concluyendo que ambos se adaptan al entorno y el fin con el que cumplirían en la vía.
- El Periodo de diseño para el Otta Seal Bicapa es de 5 años mientras que el Slurry Seal es de 3 años, significando esto una diferencia de 2 años, lo cual demuestra una superioridad del Otta Seal respecto al Slurry Seal.
- La servicialidad de los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, está en el orden de 3.5 según la escala usada en el Manual de Diseño AASHTO 1993 es el Índice de Servicio (Present Serviceability Index – PSI).

- Los efectos de medio ambiente sobre los tratamientos Otta Seal y Slurry Seal son generalmente los mismos por el hecho de ser materiales termo-plástico, lo cual los convierte propensos a sufrir fisuras, hundimientos y ahuellamientos.
- Concluimos que el tratamiento superficial Otta seal es un tipo de tratamiento superficial de rápida ejecución respecto al Slurry Seal como queda demostrado en los diagramas Gantt donde el Otta Seal aplicado en la carretera departamental Lamas - EMP PE-5N (Puente Bolivia) se ejecuta en 50 días, a diferencia del Slurry Seal que se ejecuta en 60 días.
- Concluimos también que el tratamiento superficial Otta Seal aplicado a la carretera departamental Lamas – EMP PE-5N, según la sección transversal propuesta, tiene un costo de S/. 1'516,124.14, mientras que el tratamiento superficial Slurry Seal según la sección transversal propuesta, tiene un costo de S/. 2'082,735.67. Significando esto una diferencia significativa de S/. 566,611.53. El cual se debe a que en el tratamiento superficial Otta Seal no es necesario la aplicación de un imprimado, previo a la capa de Otta Seal. El costo por metro cuadrado del tratamiento Superficial Otta Seal es de S/.17.82, mientras que el tratamiento superficial Slurry Seal es de S/. 24.48, es decir el Slurry Seal es 37.37% más caro que el Otta Seal.

4.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda a los proyectistas de nuestra región, a tener mayor conciencia de las decisiones que van a tomar en lo que respecta a la elección del tipo de tratamiento superficial en los programas de mantenimiento rutinarios y periódicos para que tengan un diseño adecuado a la realidad de las vías, que son de gran importancia para el desarrollo de la Región.
- Se recomienda también investigar respecto a los derivados del petróleo en este caso del asfalto, ya que según se indica en algunos estudios, cada vez existen máquinas más sofisticadas para este proceso y que los asfaltos son menos viscosos en la actualidad.
- Se recomienda mayores investigaciones sobre la aplicación del Otta Seal en la Región San Martín con el fin de aplicarlos en Mantenimientos y Rehabilitaciones de las vías. Como se demostró teóricamente el Otta Seal tiene grandes beneficios técnicos y económicos que deben ser aprovechados.
- Se recomienda realizar investigaciones comparativas con otros tipos de tratamientos superficiales, para determinar los beneficios que tendrían la aplicación de estos a las vías pertenecientes a la región San Martín.

CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balñon, L. (2012). Manual de mantenimiento de carreteras volumen I y II, tratamientos superficiales.

Coronado, J. (diciembre 2000) Catalogo Centro Americano de daños a Pavimentos viales, pag.42 – 47

Escalante, J. (22 de noviembre de 2014). Emulsiones asfálticas. lima, lima, Perú clase de maestría universidad Ricardo Palma.

Herencia, W. (2010). Diseño de Slurry seal. lima, tecnología de materiales presentación.

Leiva, F. (2014). Metodología para el desarrollo modelos de deterioro para caminos vecinales de lastre y suelo, investigación en laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales

Manual de Carreteras: Sección suelos y pavimentos (MTC).

Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) (MTC).

Manual de Carreteras: Manual de Conservación Vial (MTC).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de carreteras conservación vial (vol. I). Dirección general de caminos y ferrocarriles Lima, Perú: Tarea asociación grafica educativa.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Manual de Conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen. Dirección general de caminos y ferrocarriles lima: Tarea asociación grafica educativa.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Manual de Diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen (vol. I). Dirección general de caminos y ferrocarriles Lima, Perú: Tarea asociación grafica educativa.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Glosario de términos de obras viales (vol. I). Dirección general de caminos y ferrocarriles lima, Perú: Tarea asociación grafica educativa.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006). Manual de mantenimiento Rutinario (vol. I). dirección general de caminos y ferrocarriles lima, Perú: Tarea asociación grafica educativa.

Overby, c. (1999). Diseño, Construcción y Mantenimiento de Sellado

Otta. Noruega Departamento de tecnología vial, Manual Norwegian Public Roads Administration.

Quintana, Jackeline (2018). En su tesis titulada “Mortero Asfáltico o Slurry Seal Como Tratamiento Superficial para Pavimentos de Afirmado”, - Universidad Ricardo Palma – Perú.

Ransa, B. A. (2008). Transporte Terrestre en el Perú y su logística. Lima.

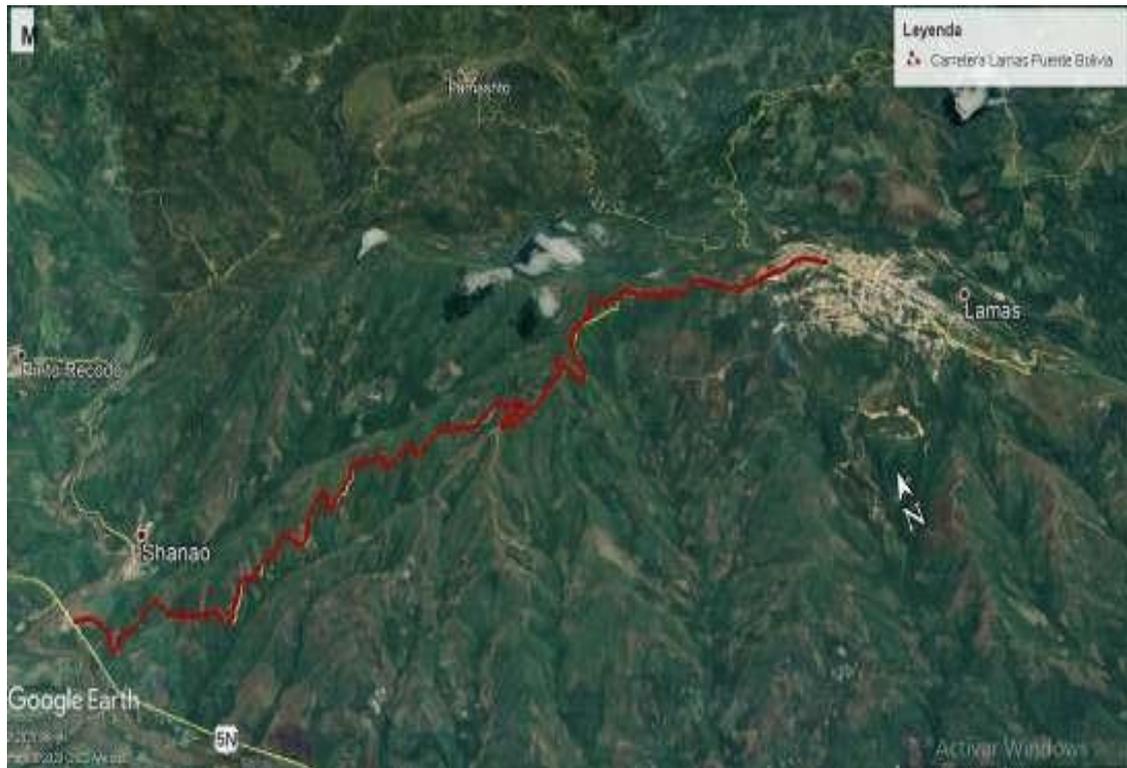
Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo N° 034-2008-MTC publicado el año 2008 con modificatoria de 28-05-2013.

Silva, J. (2012). Pavimentos económicos mantenimiento de zonas urbanas con el uso de emulsiones. Lima.

Torre, L. D., & Ramírez, C. (2009). Diseño, procedimientos constructivos y control de pavimentos, investigación.

CAPÍTULO VI: ANEXOS

Trazo de Carretera Lamas – EMP-PE 5N



Vista de la zona, de Google Earth
Longitud del tramo a intervenir 14.18km