

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE COSTOS EN EL MANTENIMIENTO DE
UN PAVIMENTO FLEXIBLE, UTILIZANDO EL MORTERO SLURRY SEAL Y
EL CONVENCIONAL APLICADO EN EL JR. D, DE LA URB. LOS
ALGARROBOS I ETAPA – PIURA – 2017**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CARLOS ALBERTO REYES MORANTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

MG. ING. HELMER SERNAQUÈ BARRANTES

PIURA-PERÚ

2017

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE COSTOS EN EL MANTENIMIENTO
DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, UTILIZANDO EL MORTERO SLURRY
SEAL Y EL CONVENCIONAL APLICADO EN EL JR. D, DE LA URB. LOS
ALGARROBOS I ETAPA – PIURA – 2017”.**

MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR

INTEGRANTES	JURADOS	FIRMA
PRESIDENTE	DR. ING. JUAN ASALDE VIVES	
MIEMBRO	DR. ING. JAMES ALEX HUAMAN CHORRES	
SECRETARIO	DR. ING. EDWIN OMAR VENCES MARTINEZ	
ASESOR	MG. ING. HELMER SERNAQUÈ BARRANTES	

PIURA - PERÚ

2017

DEDICATORIA

A Dios quien me dio voluntad para perseguir mis metas y alcanzar cada una de ellas.

A mis padres y hermanas que han sido motor fundamental para salir adelante en mis estudios y que con su apoyo sigo haciéndolo. LOS AMO MUCHO.

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento:

Para Dios, por darme sabiduría necesaria y a que supo ser guía, buen conductor de valores y ser uno de mis mayores apoyos.

A mis Padres:

- Segundo Honorio Reyes Lozano.
- Zalinova Morante Juárez.

Los que con su apoyo incondicional han sido mi fuerza y motivo importante para el desempeño académico profesional e inculcarme valores para ser una persona de bien.

A mi asesor, **Mg. Ing. Helmer Sernaquè Barrantes** por ser guía e instructor para el término de este proyecto de investigación.

Mi entera gratitud para todos ellos.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE IMÁGENES	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.2.1. Espacial.....	16
1.2.2. Social.....	16
1.2.3 Temporal.....	16
1.2.4 Conceptual.....	17
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.3.1 Problema Principal.....	18
1.3.2 Problemas Específicos.....	18
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1 Objetivo General.....	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19

1.5.1	Hipótesis General.....	19
1.5.2	Hipótesis Específicas.....	19
1.6.	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6.1.	Variable independiente.....	19
1.6.2.	Variabes dependientes.....	19
1.6.3.	Operacionalización de Variables.....	20
1.7.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.7.1.	Tipo de Investigación.....	21
1.7.2.	Nivel de Investigación.....	21
1.7.3.	Métodos de Investigación.....	21
1.7.4.	Diseño de investigación.....	21
1.8.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.8.1.	Población.....	22
1.8.2.	Muestra.....	22
1.9.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
1.9.1.	Técnicas.....	22
1.9.2.	Instrumentos.....	22
1.10.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.10.1.	Justificación.....	23
1.10.2.	Importancia.....	23

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	30
2.2.1.	Pavimento.....	30
2.2.2.	Características de los Pavimentos.....	31
2.2.3.	Tipos de Pavimentos.....	32
2.2.4.	Funciones de un Pavimento.....	33
2.2.5.	Funciones de las Capas de un Pavimento Flexible.....	35

2.2.6. Transferencias de Cargas.....	36
2.2.7. Aplicación y Daños.....	37
2.2.8. Emulsiones Asfálticas.....	38
2.2.9. Clasificación de las Emulsiones Asfálticas.....	42
2.2.10. Ensayos Sobre Productos Asfálticos en Pavimento.....	45
2.2.11. Problemas más Frecuentes, Causas y Soluciones.....	48
2.2.12. Materiales Bituminosos.....	49
2.2.13. Tipos de Materiales Bituminosos.....	49
2.2.14. Aplicaciones Materiales Bituminosos.....	52
2.2.15. Tratamientos Superficiales.....	53
2.2.16. Tratamiento Superficial Bicapa.....	59
2.2.17. Mantenimiento con Riego Bicapa.....	68
2.2.18. Almacenamiento de Emulsiones Asfálticas.....	70
2.2.19. Slurry Seal (Mortero Asfáltico).....	73
2.2.20. Slurry Seal.....	77
2.2.21. Diseño del Slurry Seal.....	80
2.2.22. Diseño de Slurry Seal y Micropavimento Metodología ISSA.....	85
2.2.23. Caso Práctico.....	90
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	94
CÁPITULO III	
RESULTADOS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 Desarrollo de la Investigación.....	97
3.1.1. Diagnóstico de la Situación Actual.....	97
3.1.2. Dotación de Slurry Seal.....	99
3.1.3. Dotación de Mantenimiento Convencional.....	101
3.1.3.1. Tratamiento Superficial Bicapa.....	101
CAPÍTULO IV	
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	103
4.1.1. Resultados Parciales.....	103
4.1.1.1. Comparación de Investigación.....	103
4.1.1.2. Procesos Constructivos.....	103

4.1.2. Resultados Generales.....	107
3.2.2. Análisis Comparativo de Agregados.....	106
3.2.3. Análisis Comparativo de Materiales.....	107
3.2.4. Análisis Comparativo de Equipos.....	108
3.2.5. Análisis Comparativo de Personal.....	108
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS.....	109
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	112
4.3.1. Resumen de Datos y Comparación de Mantenimiento Superficial para Pavimento Flexible del Jr. D.....	112

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	114
5.2 RECOMENDACIONES.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
REFERENCIAS LINKTOGRÁFICAS.....	117

ANEXOS

ANEXO N°01: Matriz de Consistencia.....	118
ANEXO N°02: Panel Fotográfico.....	119
ANEXO N°03: Artículo Científico.....	124

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N°01: Pavimento Flexible (Madrid España).....	32
IMAGEN N°02: Efectos y Cargas a un Pav. Rigido.....	34
IMAGEN N°03: Efectos y Cargas a un Pav. Flexible.....	34
IMAGEN N°04: Transferencia de Cargas a un Pav. Flexible.....	36
IMAGEN N°05: Transferencia de Cargas a un Pav. Rigido.....	36
IMAGEN N°06: Proceso de Fabricación de Lechadas Bituminosas.....	58
IMAGEN N°07: Aplicación de Slurry Seal con camión Macropaver.....	77
IMAGEN N°08: Componentes para Diseño de Slurry Seal.....	82

IMAGEN N°09: Ensayo de Cohesión para Diseño de Slurry Seal.....	87
IMAGEN N°10: Ensayo de Resistencia de Abrasión del Asfalto para Diseño de Slurry Seal.....	88
IMAGEN N°11: Determinación de Contenido de Asfalto para Diseño de Slurry Seal.....	88
IMAGEN N°12: Curvas de Máximo contenido de asfalto contra el ataque a la abrasión, curva de máximo contenido de asfalto en prueba de rueda de carga para Diseño de Slurry Seal.....	89

IMÁGENES DE LA ZONA DE ESTUDIO

IMAGEN N°13: Ubicación General del Proyecto.....	119
IMAGEN N°14: Vista Integral del Proyecto.....	119
IMAGEN N°15: Punto de Inicio del Proyecto.....	120
IMAGEN N°16: Calzada a Terreno Natural.....	120
IMAGEN N°17 Calzada a Nivel de Asfalto.....	121
IMAGEN N°18: Deterioro de Veredas.....	121
IMAGEN N°19: Ubicación de Postes de Media y Alta Tensión.....	121
IMAGEN N°20: Cruce de Av. B con Ignacio Merino.....	122
IMAGEN N°21: Ubicación de Postes de Media y Alta Tensión.....	122
IMAGEN N°22: Ubicación detallada del Proyecto.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°01: Operación de Variables.....	20
TABLA N°02: Normas desarrolladas por la AASHTO y ASTM.....	43
TABLA N°03: Cuadro Comparativo de Materiales Asfálticos.....	45
TABLA N°04: Tripología de Tratamientos Superficiales.....	53
TABLA N°05: Tratamiento Superficial Bicapa.....	59
TABLA N°06: Rangos de Gradación para Tratamiento con Bicapa.....	60
TABLA N°07: Temperaturas de Almacenamiento p/Emulsión Asfáltica.....	70
TABLA N°08: Granulometría de Slurry Seal.....	79

TABLA N°09: Granulometría para diseño de Slurry Seal.....	85
TABLA N°10: Especificaciones para diseño de Slurry Seal.....	86
TABLA N°11: Especificaciones para diseño de Slurry Seal.....	86
TABLA N°12: Especificaciones para diseño de Slurry Seal.....	87
TABLA N°13: Equivalente de Arena p/Slurry Seal.....	90
TABLA N°14: Granulometría para diseño de Slurry Seal.....	90
TABLA N°15: Especificaciones por Norma.....	91
TABLA N°16: Calidad de Mezcla.....	91
TABLA N°17: Especificaciones por Norma.....	91
TABLA N°18: Resultados por Porcentaje de Material.....	92
TABLA N°19: Curva de Contenido de asfalto para diseño Slurry Seal.....	92
TABLA N°20: Resultados por Porcentaje de Material.....	92
TABLA N°21: Tasas de Aplicación por Tipo de Slurry Seal.....	93
TABLA N°22: Especificaciones Por Norma p/Slurry Seal.....	100
TABLA N°23: Granulometría y Tolerancias p/Slurry Seal.....	101
TABLA N°24: Límites por Componentes de Slurry Seal.....	101
TABLA N°25: Gradación para Tratamiento con Bicapa.....	102
TABLA N°26: Tasa de Aplicación de Bicapa.....	102
TABLA N°27: Análisis Comparativo de Agregados.....	107
TABLA N°28: Análisis Comparativo de Materiales.....	107
TABLA N°29: Análisis Comparativo de Equipos.....	108
TABLA N°30: Análisis Comparativo de Personal.....	108
TABLA N°31: Análisis P/U p/Tratamiento c/Slurry Seal.....	110
TABLA N°32: Análisis P/U p/Tratamiento c/Bicapa.....	111
TABLA N°33: Resumen de Datos y Comparación de Mantenimiento Superficial para Pavimento Flexible del Jr. D.....	112
TABLA N°34: Resumen Detallado por Método p/Tratamiento Superficial.....	113

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de tesis es conocer y analizar los resultados de la evaluación de los análisis de costos que se pueden dar en el mantenimiento a los pavimentos con dos métodos diferentes, en el Proyecto de **Evaluación De Los Análisis De Costos En El Mantenimiento De Un Pavimento Flexible, Utilizando El Mortero Slurry Seal Y El Convencional Aplicado En El Jr. D, De La Urb. Los Algarrobos I Etapa – Piura - 2017**, por lo que se busca conocer la disminución o incremento de los costos en la aplicación de los métodos.

El Pavimento debe contar con un buen diseño de paquete estructural ya que sobre este se apoyará la carpeta asfáltica donde se aplicara el Mortero, por lo tanto se debe tener un buen comportamiento para su funcionamiento óptimo y eficiente y obtener Pavimentos de calidad.

El objetivo de este trabajo de investigación es plantear un análisis en los costos aplicando los métodos de mantenimiento con el Mortero Slurry Seal y el Convencional, conocer la calidad que puede dar a los pavimentos al emplearlo en el pavimento del Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa.

La metodología utilizada en la investigación fue inductiva, ya que nos permite alcanzar conclusiones generales partiendo de hipótesis basados en la experimentación de hechos para llegar a una conclusión sobre el proceso de investigación expuestos en el presente trabajo y con las cotizaciones proporcionadas a la medida del proyecto.

La hipótesis considera que si realizamos la evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa – Piura. Lograremos conocer cuál será el menor de los costos.

Palabras Claves: Análisis De Costos, Slurry Seal Y El Convencional.

ABSTRACT

The purpose of this thesis work is to know and analyze the results of the evaluation of the cost analysis that can be given in maintenance to the pavements with two different methods, in the Project of **Evaluation of Analysis of Costs in Maintenance of a Flexible Pavement, Using Slurry Seal Mortar and Conventional Applied in Jr. D, Urb. Los Algarrobos I Stage – Piura - 2017**, for which it is sought to know the decrease or increase of costs in the application of the methods.

The Pavement must have a good structural package design as this will support the asphaltic folder where the Mortar will be applied, therefore it must have a good behavior for its optimal and efficient operation and obtain Quality Pavements.

The objective of this research is to present a cost analysis applying the maintenance methods with the Slurry Seal Mortar and the Conventional, to know the quality that can give to the pavements when using it in the pavement of Jr. D, Urb Los Algarrobos I stage.

The methodology used in the research was inductive, since it allows us to reach general conclusions based on hypotheses based on the experimentation of facts to reach a conclusion about the research process exposed in the present work and with the quotations provided to the measure of the project.

The hypothesis considers that if we perform the evaluation of the cost analysis in the maintenance of a flexible pavement, using Slurry Seal mortar and the conventional applied in Jr. D, Urb. Los Algarrobos I stage - Piura. We will know what the lowest costs will be.

Key Words: Cost Analysis, Slurry Seal and Conventional.

INTRODUCCIÓN

El hombre siempre busco métodos para comunicar y unir a los pueblos por medio de carreteras, a medida que pasaron los años, fueron evolucionando los métodos y materiales para la construcción de estas, tanto como la estructura y su mantenimiento, empleando como material electo emulsiones y materiales pétreos.

En el Perú, el sistema para construcción y mantenimiento de carreteras ah mejorando con técnicas extraídas de países desarrollados, aplicándolas y adecuándolas en las normas técnicas empleadas en el Perú. Ya que la geología, geometría, clima, etc., no se asemejan, y los análisis de costos en el mantenimiento varían.

En el ámbito de las emulsiones asfálticas han mejorado en el mantenimiento, tratamiento y aplicación para las clases de pavimentos, es este caso del mortero Slurry Seal, ya que es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para pavimentos.

La versatilidad del slurry seal reduce el deterioro de las carreteras y reduce el costo de mantenimiento en comparación de un trabajo con el mantenimiento convencional, en este caso compararemos el mantenimiento de sellado con bicapa.

Por estas razones, se afirma que el uso de este mortero asfaltico es apto para un mantenimiento correctico, preventivo y estético de los pavimentos, ya que esto es lo que se busca, para el óptimo desarrollo de las carreteras.

Los aspectos técnicos serán tratados en el trascurso de la tesis, aplicados en el tema de Evaluación de los Análisis de Costos en el Mantenimiento de un Pavimento Flexible, Utilizando el Mortero Slurry Seal y el Convencional, aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I Etapa – Piura.

Existen sistemas y métodos de mantenimiento interesantes para aplicar en el desarrollo de las vías, siempre que se sepa de ellos, la observación de las carreteras a lo largo del Perú, te enseñan lo majestuosas y agresivas que pueden ser las vías en las diferentes regiones aplicando los distintos tipos, existentes de pavimentos y diseñarlos, ya que, la sensación de emoción que pueda ser una de ellas, diseñada y ejecutada, por ti mismo.

Los capítulos considerados en la tesis son:

Capítulo I, en este capítulo comprende el planteamiento metodológico como, la descripción de la realidad problemática, delimitaciones de la investigación, planteamiento de problemas de investigación, objetivos de la investigación, formulación de hipótesis de la investigación, variables de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos y justificación e importancia de la investigación.

Capítulo II, en este capítulo se dan a detalle el marco teórico y lo comprendido en antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos.

Capítulo III, se da a conocer el diagnóstico de la situación actual y la dotación de cada mantenimiento.

Capítulo IV, en este capítulo contempla la presentación de los resultados como resultados parciales de la investigación en la cual tenemos los procesos constructivos, luego los resultados generales que muestran los análisis comparativos de agregados, materiales, equipos y personal, la contrastación de hipótesis nos detalla los análisis de precios unitarios de cada mantenimiento y por último la discusión de resultados que muestra el resumen y comparación de mantenimiento superficial para pavimento flexible del Jr. D.

Capítulo V, finalmente en este capítulo resaltamos las conclusiones y recomendaciones junto con las referencias bibliográficas, referencias linktográficas y anexos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1.DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El MTC está enfocado en garantizar una mayor integración física en el país. Desde la perspectiva de un ciudadano, las mejoras en la conectividad vial, con carreteras pavimentadas, le permiten desplazarse en menores tiempos y con una mayor calidad y seguridad, todo lo cual impacta positivamente en su bienestar. Pero sobre todo el plantear un mantenimiento de sus vías, con sistemas modernos y económicos. Desde una perspectiva empresarial, la visión del MTC es logística: mientras haya más vías de transporte eficientes, mejores serán la transitabilidad y el acceso a distritos, pueblos, urbanizaciones y calles con mayor facilidad y seguridad.

Por ello, empresas públicas y privadas, vienen invirtiendo en proyectos de mantenimiento y mejoramiento de la red vial nacional que, en el caso de Piura, está la red departamental y vecinal, de gran importancia pues se enmarca dentro de la preocupación del Gobierno Regional por impulsar la inclusión económica y social de

los centros poblados y los distritos con más necesidades del país. Al vincularlos con las ciudades intermedias, permite a sus pobladores acceder a una mayor cantidad y calidad de bienes y servicios públicos. Para el mantenimiento y mejoramiento de la red vial departamental y vecinal de Piura, Evaluando los Análisis de Costos en el Mantenimiento de un Pavimento Flexible, Utilizando el Mortero Slurry Seal y el Convencional, aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I Etapa – Piura. Ya que beneficia a la población de la zona noreste de Piura. La problemática, en el ámbito de la aplicación de métodos para el adecuado funcionamiento y mantenimiento de las vías en la región Piura, sería una de ellas, el clima cálido que presenta precipitaciones de fuerte intensidad en verano, como las lluvias y las altas temperaturas, puesto que esto, deteriora la superficie de rodadura, produciéndose baches, hundimientos en las capas de la estructura del pavimentos, entre otras.

El segundo problema que afecta la región Piura son las entidades públicas, gobiernos regionales y municipales, por no tener la debida supervisión y la seriedad al ejecutar los proyectos, ya que en unos casos no cumplen con lo normado y/o especificado en los expedientes y al no tener en cuenta el respectivo mantenimiento que deben darles a las pistas y veredas, ya que no hay un presupuesto designado para ello.

1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Delimitación Espacial

La investigación está comprendida en la localidad de Piura, Provincia Piura, departamento Piura – Perú.

1.2.2. Delimitación Social

Sector que se beneficia es la Urb. Los Algarrobos I etapa ubicada al noreste de Piura – Perú.

1.2.3. Delimitación Temporal

La Investigación se desarrolla entre Julio y Septiembre del 2017.

1.2.4. Delimitación Conceptual

Esta tesis abarca los conceptos fundamentales teóricos y aplicativos del mantenimiento de pavimento flexible usando el mortero Slurry Seal y el convencional, se tomaran como base tesis referentes al tema, junto con guías y manuales especificaciones técnicas del ministerio de transportes y comunicaciones.

1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

La problemática en el ámbito de la aplicación de métodos para el adecuado funcionamiento y conservación de las vías en la región Piura sería una de ellas, el clima cálido que presenta precipitaciones de fuerte intensidad en verano, como las lluvias y las altas temperaturas, puesto que esto, deteriora la superficie de rodadura, ya que para llegar a este planteamiento, se deben hacer estudios los cuales designen que método emplear para reducir los daños en un menor costo y con un buen mantenimiento.

1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿Cuál es el mantenimiento de menor costo para un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el Convencional aplicado en jr. D de la urb. Los Algarrosos I etapa – Piura?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Qué diferencias hay entre los rendimientos de los procesos constructivos del mantenimiento utilizando el mortero Slurry Seal y el Convencional?

¿Qué proceso constructivo es de menor costo en el mantenimiento de un pavimento flexible utilizando el mortero Slurry Seal y el Convencional?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los análisis de costos en el mantenimiento de los pavimentos flexibles en Piura utilizando el mortero de Slurry Seal y el Convencional.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar diferencias entre costos y procesos constructivos del mantenimiento utilizando el mortero Slurry Seal y el Convencional.
- Evaluar el costo en mantenimiento utilizando el mortero de Slurry Seal sobre un pavimento flexible.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis General

Si realizamos la evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa – Piura. Lograremos conocer cuál de ellos será el más rentable.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Si se realiza un adecuado mantenimiento en las vías de Piura se logrará una reducción en gastos económicos.
- Al utilizar el mortero Slurry Seal en el mantenimiento de los pavimentos de Piura, el costo será menor que utilizar el Convencional.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Variable independiente

Evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa – Piura

1.6.2. Variables dependientes

Conocer el mantenimiento más rentable.

1.6.3. Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
Evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa – Piura.	Valuar el análisis de costos, de cada uno de los métodos para dar a conocer el más rentable.	Detallar los insumos que se emplean en cada uno de los procesos.	Analizar diferencias entre rendimientos, costos y procesos constructivos del mantenimiento.	Tipos de insumos, materiales y maquinarias empleadas en cada proceso.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
Conocer el mantenimiento más rentable.	Indagar el proceso más conveniente.	Diferenciar el costo de los insumos aplicados en los procesos de mantenimiento de pavimento.	Evaluar el costo en mantenimiento utilizando el mortero de Slurry Seal y el convencional sobre un pavimento flexible.	Cuadros de costos unitarios – cuadros comparativos de resultados.

Tabla N°01 Operacionalización de Variables

Fuente: Elaboración Propia

1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo de Investigación

- ✓ La presente tesis es de **tipo comparativo** pues indicara aspectos comparativos referentes a la evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible con dos tratamientos diferentes de emulsiones asfálticas.

1.7.2. Nivel de Investigación

- ✓ **Descriptivo.** Por los aspectos metodológicos que nos permita conocer una detallada evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible con emulsiones asfálticas. Dándonos a conocer cuál es más rentable de ellos.

1.7.3. Métodos de Investigación

Los principales métodos a utilizar en la investigación:

Método Inductivo.- Este método científico nos permite alcanzar conclusiones generales partiendo de hipótesis o antecedentes particulares basados en la experimentación de hechos y acciones concretas para llegar a una conclusión general sobre el proceso de investigación.

1.7.4. Diseño de investigación

Investigación No Experimenta (Longitudinal): la investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

Longitudinal: Estos se encargan de analizar a través del tiempo, con el fin de relacionar variables conforme pasa el tiempo con las consecuencias y causas que estas puedan tener.

1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Población

La población o universo estará conformada por los mantenimientos diversos para pavimentos en Piura.

1.8.2. Muestra

La muestra de estudio estará conformada por los análisis de costos de mantenimientos, con slurry seal y mantenimiento convencional, tratamiento superficial bicapa, los cuales son analizadas en el periodo de julio y septiembre del 2017.

1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1. TÉCNICAS

- ✓ Las técnicas que se usaran para el desarrollo de la tesis se basan en la recopilación de datos obtenidas de: cotizaciones de empresas que trabajan con emulsiones asfálticas, informes basados en tratamientos superficiales sobre carreteras, manual del ministerio de transportes y provias nacional, observación, descripción, la interpretación y análisis de los contenidos.

1.9.2. INSTRUMENTOS

- ✓ Los instrumentos usados son: fotos del estado del pavimento a tratar, imágenes de los métodos mencionados en la tesis, plano de ubicación, cotizaciones, cuadros comparativos de los métodos de emulsiones asfálticas.

1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1. Justificación

En una obra de pavimentación con una carpeta asfáltica de calidad, se requiere de un buen diseño en la estructura del pavimento y en la elección de los materiales, un adecuado proceso constructivo, una supervisión correcta la cual sea consciente de lo que ejecutara y tener en cuenta la evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de los pavimentos, utilizando técnicas convencionales o con morteros asfálticos.

La tesis ofrece un aporte para la construcción vial en Piura, proporcionando conocimientos técnicos y económicos que expliquen el análisis de costos en el mantenimiento, utilizando el mortero slurry seal y el convencional de un pavimento flexible.

1.10.2. Importancia de la investigación

La presente tesis tiene como importancia dar a conocer el análisis de costos entre los rendimientos de métodos de mantenimiento vial, y tener en cuenta que método es más rentable económicamente ante la problemática de los deterioros de los pavimentos en la región Piura.

La alternativa según la que resulte más económica nos conducirá a elegir al futuro la que se aplicaría con más frecuencia en la práctica del mantenimiento de pavimento.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes Internacionales

- Orellana Jimenez Mauricia Alexander – El Salvador (2015), Realizo un proyecto de tesis para optar el título de ingeniero civil, denominado “Propuesta de Diseño y Procesos Constructivos de Lechada Asfáltica en el Mantenimiento de Obras Viales en El Salvador”.

El proyecto se presenta de forma clara a través del planteamiento del problema los motivos e importancias que llevan a la realización de la investigación, la realización de una inspección frecuente en los pavimentos y la incidencia que esto tiene en la conservación de los mismos, para evitar daños a la estructura del pavimento flexible, como complemento de la investigación se describen los tipos de tratamientos superficiales más utilizados en el país, como son los tratamientos simples, doble, Slurry Seal y el Micropavimento.

El objetivo general del estudio es: “Elaborar una propuesta de diseño y procesos constructivos para la aplicación de lechadas asfálticas en el mantenimiento de vías, Establecer criterios que permitan las adecuadas prácticas en la elaboración de diseños y su correspondiente proceso constructivo”

La cual concluye en lo siguiente: “El uso de los micropavimntos, como técnicas de mantenimiento vial, contribuye al mejoramiento de las superficies de rodadura de las vías, siempre y cuando las superficies de rodadura, en las que se desee aplicar la técnica, sean preparadas adecuadamente y se tengan presentes los cuidados necesarios en el proceso constructivo”

- Chiquin Reinoso Dayana Lizeth – Ecuador (2014), realizo un estudio de tesis para optar el título de Ingeniero Civil, denominado “Estabilización de Taludes con Mortero Asfáltico.”

El proyecto de tesis, tiene como finalidad incorporación de nuevas tecnologías para la estabilización de taludes mediante recopilación, análisis y preparación de criterios de diseño con nuevos materiales como lo es la emulsión asfáltica (Slurry Seal).

Se Pretende lograr una guía de análisis de los parámetros que se deben considerar al momento de verificar la estabilidad de un talud.

El objetivo del estudio es: “definir una metodología para estabilizar a través del uso de mortero asfáltico, caracterizar los materiales del mortero asfáltico de un talud tipo, analizar los procedimientos de diseño en el talud tipo y establecer el factor de seguridad, diseñar el mortero asfáltico para recubrir el talud, interrelacionar las etapas de diseño, laboratorio y modelo de campo.”

La cual concluye en lo siguiente: “el proyecto de tesis realizado posee de un sistema de revegetación que ayuda a evitar futuros problemas de erosión o daños ambientales, pretendemos incorporar este sistema a nuestro medio tomando todas las consideraciones posibles; de esta manera no afectará al medio ambiente y ni visualmente al ser humano”

2.1.2 Antecedentes Nacionales

- Condor Alfaro Jimy Julian – Huancayo (2016), realizo un estudio de tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, denominado: “Tratamiento Superficial Bicapa con Emulsión Asfáltica de la Carretera Valle Yacus Provincia de Jauja – Región Junín 2015”

La tesis muestra: el estudio implicado, observaciones de corte comparativo, con un nivel de investigación descriptivo – explicativo, teniendo como problema general ¿De qué manera influye la aplicación de emulsión asfáltica como mantenimiento superficial bicapa en la conservación de carreteras no pavimentadas, valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín?

El objetivo del informe es: “Determinar si la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial influye en la conservación de carreteras no pavimentadas, Valle Yacus, provincia de Jauja – región Junín, con el propósito de la investigación es que en base a los resultados obtenidos se propondrán sugerencias para mejorar la problemática encontrada en la unidad de análisis”.

La cual concluye en lo siguiente: “La aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, influye significativamente en un 77% se rechaza la H_0 , se llegó a determinar que un procedimiento de normas aplicables adecuadas para la elaboración de una emulsión asfáltica, es necesario en un 37% se rechaza la H_0 .”

- Pequeño Otoyá Daniel Andrés – Cajamarca (2015) realizo un estudio de tesis para optar el título de Ingeniero Civil, denominado “Comparación de Costos y Tecnología de Mantenimiento Utilizando Slurry Seal y Mantenimiento Convencional en un Pavimento Flexible.”

El proyecto de tesis, realiza la comparación de costos y tecnología entre mantenimiento convencional y otro con Slurry Seal en un pavimento flexible, y en ella se desarrolla un modelo de inventario e inspección de campo. El Slurry Seal es una mezcla compuesta por emulsión catiónica estable, agregado árido, agua y filler, con un espesor mínimo de un centímetro sustentado en la norma ASTM D-

3910 “práctica para diseño, análisis y construcción de imprimación de suelos (Slurry Seal).

El objetivo general del estudio es: “compara costos y tecnología de mantenimiento utilizando Slurry Seal y mantenimiento convencional en un pavimento flexible.”

Objetivos específicos: “analizar el mantenimiento con Slurry Seal sobre un pavimento flexible, analizar el mantenimiento convencional bicapa en un pavimento flexible y establecer diferencias en procesos constructivos, costos y de tecnología entre un mantenimiento convencional y otro con Slurry Seal.”

La cual concluye en lo siguiente: “El mantenimiento con Slurry Seal es un muy buen mantenimiento aplicado sobre pavimentos flexibles, es un tratamiento no estructural que protege al pavimento de los agentes externos, su aplicación de un centímetro de espesor con tecnología de equipos innovadora le da un tiempo de vida útil promedio de cuatro años.”

2.1.3. Antecedentes locales

- Chunga Chully Alex Alberto – Piura (2016), realizo un estudio de tesis para optar el título de Ingeniero Civil, denominado “Aplicación de Tratamientos Superficiales a la Superficie de Rodadura Usando el Slurry Seal en las Carreteras de las Jurisdicciones de los Gobiernos Locales del Bajo Piura – Departamento de Piura.”

El proyecto de tesis, tiene como propósito contribuir técnicamente, proponiendo la aplicación de tratamientos superficiales usando el Slurry Seal en las carreteras de las jurisdicciones de los gobiernos locales del bajo Piura. Dando a conocer algunas aplicaciones o usos de los micropavimentos. Igualmente, en la recuperación y mantenimiento de carreteras pavimentadas con deterioros superficiales o de baja severidad. Teniendo en cuenta que este tipo de pavimentos ha tenido un amplio campo de aplicación a nivel mundial.

El objetivo general del estudio es: “mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal entre las carreteras que une los distritos con la provincia de Sechura del departamento de Piura.”

Objetivos específicos: “recuperar la transitabilidad, comodidad y seguridad de la vía, generar el desarrollo económico, social, comercial y turístico en las áreas de influencia del presente proyecto y realizar los estudios para el mejoramiento de la carretera mediante la aplicación del asfalto emulsificador Slurry Seal.”

La cual concluye en lo siguiente: Mediante la aplicación del Slurry Seal; el cual tiene antecedentes aplicativos en muchos países; es bueno, estético, seguro, eco-eficiente, y de fácil aplicación. Hacen al Slurry Seal el mejor producto para resolver problemas viales.

- Rodríguez Velásquez Edgar Daniel – Piura (2009), realizo un estudio para optar el título de ingeniero civil, denominado “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla.”

El proyecto de tesis, se divide en cinco capítulos los cuales definen el concepto de pavimento, clasificación y la problemática que vive Piura, las fallas comunes que afectan los pavimentos, el procedimiento del método, cálculo del PCI, criterios de

inspección, etc. Los últimos capítulos describen las zonas de estudio, procedimientos de inspección, hojas de registro, cálculo de índice de condición de pavimento por cada muestra analizada.

El objetivo general del estudio es: “aplicar el método PCI para determinar el índice de condición de pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía.”

La cual concluye en lo siguiente: “Si se desea mejorar aún más la condición de la avenida se debe aplicar un riego de liga para reparar el problema de la corrugación y peladura, que son las fallas más frecuentes. Dentro de los tipos de riego que pueden ser aplicados a este pavimento en particular, se encuentran las lechadas asfálticas o Slurry Seal. Se puede utilizar este procedimiento preventivo o correctivo de la superficie del pavimento, para el tratamiento de vías urbanas.”

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Pavimento

(Dunque V. Gustavo - 2002)

Un pavimento es una estructura de una o más capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento, construida de materiales apropiados y cuya principal función es la de permitir el rodamiento de vehículos por una vía o área de circulación, de una forma rápida, cómoda y segura para los usuarios. Debe ser resistente a la acción del tránsito, a los efectos del clima y transmitir hasta la subrasante los esfuerzos producidos por las cargas, con magnitudes inferiores a la capacidad de soporte del suelo de apoyo.

La función principal de un pavimento, es proporcionar una superficie de rodadura capaz de resistir a la acción del tráfico y soportar los factores causados por el intemperismo y otros agentes perjudiciales.

Los pavimentos se clasifican de acuerdo con la forma en que transmiten al suelo de soporte la carga recibida. Existen tres clases de pavimentos:

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos rígidos
- Pavimentos articulados

El pavimento flexible es un sistema tricapa, cuya capa superior es de concreto asfáltico, compuesto de ligante, usualmente el asfalto, el cual es un derivado de la refinación del petróleo, y agregados pétreos; materiales granular y suelo. Este tipo de pavimento se llama flexible porque al ser sometido a una carga sufre una deformación y recuperación deseada, al cesar la carga, completamente elástica.

2.2.2. Características De Los Pavimentos

Los pavimentos deben tener las siguientes características para poder cumplir adecuadamente sus funciones.

- Soporte al tránsito.
- Resistir el ataque por viento, radiación solar, agua y garantizar la resistencia a todos los agentes de intemperismo.
- Garantizar la textura adecuada.
- Color adecuado.
- Económico.
- Resistencia estructural
- Deformabilidad
- Durabilidad
- Requerimientos de conservación

- Comodidad Composición de los pavimentos flexible:

- La capa superficial, o de terminación que es la que da el aspecto exterior al piso.
- La base, que normalmente está compuesta por agregados.
- Sub-base, que en muchos casos no suele ser necesaria. - Aceptación y recibo de los pavimentos flexibles: El proceso de aceptación y recibo de los pavimentos flexibles o asfálticos debe hacerse independientemente para cada una de las capas que lo componen: sub-base, base y capa asfáltica. Para el recibo de la sub-base se deben tener en cuenta las siguientes revisiones:

Los materiales empleados deben satisfacer las especificaciones contempladas en la norma.

La estructura del pavimento debe ser capaz de proporcionar:

- Una calidad de manejo aceptable
- Una adecuada resistencia al ahuellamiento, deslizamiento y agrietamiento.
- Apropriados de niveles de reflejo de luz, y un nivel bajo de ruido.

2.2.3 Tipos De Pavimentos

Básicamente hay tres tipos:

- Flexible (asfalto)
- Rígido (concreto)
- Compuesto u Mixto (ambos)

Los términos se refieren a como los materiales en los respectivos pavimentos transmiten los esfuerzo y las deflexiones a las capas subsecuentes.

Pavimento Flexible

(Canal de la Construcción España / 2012)

Se denomina pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings.



Imagen 01 Pavimento Flexible (Madrid España)

Fuente: Canal de Construcción

La construcción de pavimentos flexibles se realiza a base de varias capas de material. Cada una de las capas recibe cargas por encima de la capa. Cuando las supera la carga que puede sustentar traslada la carga restante a la capa inferior. De ese modo lo que se pretende es que poder soportar la carga total en el conjunto de capas.

Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen. Por lo tanto la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.

Las capas de un pavimento flexible suelen ser: capa superficial, capa superior o superficie de rodadura que es la que se encuentran en contacto con el tráfico rodado y que normalmente ha sido elaborada con varias capas asfálticas. La capa base es la capa que está debajo de la capa superficial y está, normalmente, construida a base de agregados y puede estar estabilizada o sin estabilizar. La capa sub – base es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub – base.

2.2.4 Funciones Del Pavimento

(Hurtado Wilber / Enero 2014)

- Resistir, transmitir y distribuir al terreno de fundación la intensidad de las cargas originadas por los vehículos.
- Mejorar las condiciones de rodadura de los vehículos, proporcionando comodidad y seguridad a los usuarios.
- Resistir a los esfuerzos horizontales (Desgaste), tornando más durable la superficie de rodadura.

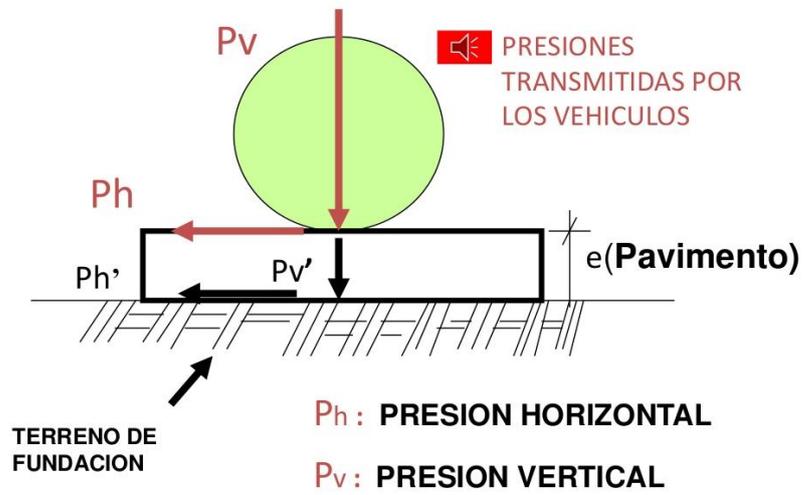


Imagen 02 Efectos y Cargas a un Pav. Rígido

Fuente: Hurtado Wilber

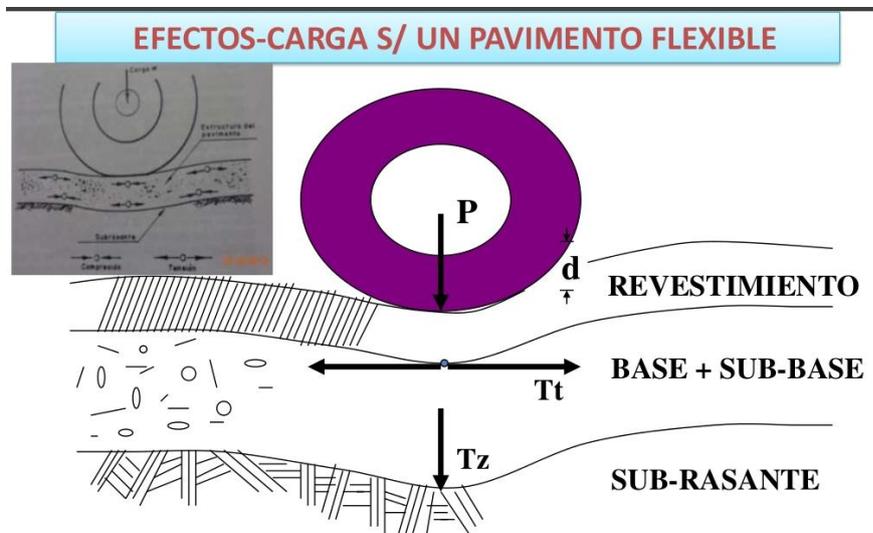


Imagen 03 Efectos y Cargas a un Pav. Flexible

Fuente: Hurtado Wilber

2.2.5 Funciones De Las Capas De Un Pavimento Flexible

(Monsalve Escobar Lina Mercedes / 2012)

- **Subbase Granular:**

1. Capa de transición: la subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.
2. Disminución de la deformación: algunos cambios volumétricos de la capa de la subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansivos), o a cambios externos de temperatura, pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
3. Resistencia: la subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de la subrasante.

- **Base Granular:**

1. Resistencia: la función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

- **Carpeta Asfáltica:**

1. Superficie de Rodadura: la carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
2. Resistencia: su resistencia a la tensión completamente la capacidad estructural del pavimento.
3. Impermeabilidad: hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

2.2.6 Transferencia De Cargas

(Sotil Chávez Andrés / septiembre 2014)

- **Pavimentos Flexibles:** Las cargas son transmitidas de “grano a grano” a través de la estructura granular del pavimento. (Imagen 04)
Ya que es flexible tiene menor capacidad portante, y esta actúa como una capa elástica.

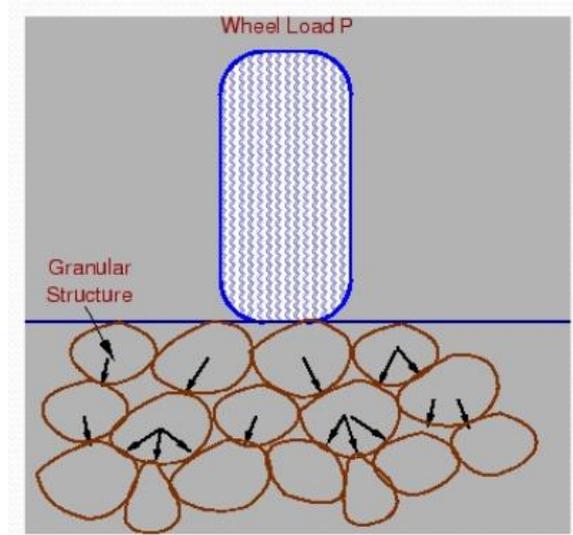


Imagen 04 Transferencia de Cargas a un Pav. Flexible

Fuente: Sotil Chávez Andrés

- **Pavimentos Rígidos:** Las cargas de la llanta son transmitidas a la subrasante (Imagen 05) por la fuerza estructural del pavimento como conjunto que actúa como un plato rígido.

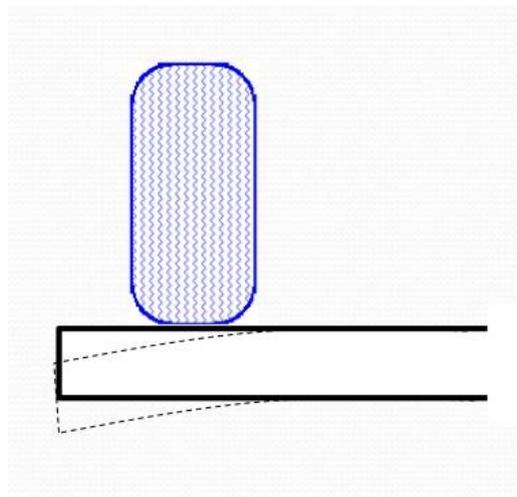


Imagen 05 Transferencia de Cargas a un Pav. Rígido

Fuente: Sotil Chávez Andrés

2.2.7 Aplicaciones Y Daños

Aplicaciones Típicas De Pavimentos Flexibles

- Carreteras y avenidas en ciudad en general
- Líneas auxiliares
- Bermas
- Rampas
- Estacionamientos
- Caminos paralelos a autopistas

Aplicaciones Típicas De Pavimentos Rígidos

- Líneas de tráfico con volumen alto
- Conexiones entre carreteras
- Puentes
- Rampas de carreteras y/o autopistas

Daños Típicos En Los Pavimentos Flexibles

- Agrietamiento por fatiga (piel de cocodrilo)
 - Ahuellamiento
 - Agrietamiento térmico
 - Rugosidad
- Otros daños: sangrado, ondulamiento y otros agrietamientos

Daños Típicos En Los Pavimentos Rígidos

Los daños en estos pavimentos pueden ser:

- Agrietamiento longitudinal y transversal
- Bombeo
- Deterioro y desnivel de losas
- Rotura / quiebre de losa
- Sulfatos
- Falla

2.2.8 Emulsiones Asfálticas

(Miranda Rebolledo Ricardo Javier / 2010)

Son de cemento asfáltico en una fase acuosa, con estabilidad variable. El tiempo de quiebre y la viscosidad de las emulsiones, dependen entre otros factores, de la calidad y la cantidad de los agentes emulsificantes.

La cantidad de emulsificantes y aditivo químico utilizados varía generalmente de 0.2 % a 5 %, y la cantidad de asfalto en el orden de 60 % a 70 %.

El color de emulsiones asfálticas antes del quiebre es marrón y después del quiebre negro, constituyéndole en un elemento auxiliar para la inspección visual.

Las emulsiones asfálticas se clasifican de acuerdo a la carga de la partícula en:

- Catiónica (Utilizadas referentemente en pavimentación)
- Aniónica. (Aplicaciones industriales, levemente en pavimentación)

En cuanto al tiempo de quiebre, se clasifican en:

- Rotura rápida CRS
- Rotura media CMS
- Rotura lenta CSS
- Rotura controlada. CQS

Las emulsiones asfálticas de quiebre rápido son el ligante más adecuado para la ejecución de tratamientos superficiales, por su facilidad de empleo y su excelente adherencia a todo tipo de áridos.

Las emulsiones de quiebre lento se emplean en riegos de liga, en la preparación de lechadas asfálticas (slurry seal) y riegos negros (fog seal).

Las emulsiones asfálticas de quiebre medio y lento se emplean en la preparación de mezclas en frío, ya sea en planta o en sitio.

Las emulsiones de quiebre controlado (conocidas como Quick Setting) se utilizan para la fabricación de slurries o lechadas asfálticas de rápida apertura al tránsito.

Otros usos para las emulsiones son reciclados en frío, estabilización de suelos, sellos de terminación, membrana de curado, riego de penetración (Macadam) y, en la agricultura, para prevenir la erosión o retardar la evaporación del agua.

Emulsiones Asfálticas

(TDM Asfáltos – 2016)

Las emulsiones, Emultec, desde el punto de vista físico-químico se pueden definir como una dispersión fina estabilizada de un líquido en otro, no miscibles entre sí. La emulsión asfáltica es un producto obtenido por la dispersión de una fase asfáltica en una base acuosa, estabilizada en forma de pequeños glóbulos obtenido mediante la fuerza mecánica proporcionada por un molino coloidal y suspendido con ayuda de un emulsificante, donde las partículas se cargan eléctricamente.

Una emulsión asfáltica tiene tres componentes básicos: asfalto, agua y un emulsificante. En algunas ocasiones el agente emulsificante puede contener un aditivo. Para aplicaciones de mayor desempeño se agrega un ingrediente más, el polímero para modificar la emulsión.

Emulsiones Asfálticas Convencionales

Las emulsiones asfálticas convencionales son pequeñas partículas o glóbulos de asfalto suspendidas en agua que contiene un agente emulsificante. Cuando se realiza la aplicación, las partículas de asfalto se depositan sobre los agregados ocasionando la ruptura de la emulsión y la completa separación del agua.

Emulsiones Asfálticas Modificadas Con Polimeros

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros elastomericos son pequeñas partículas o glóbulos de asfalto con polímero o de asfalto modificado con polímero, suspendidas en agua que contiene un agente emulsificante. Los polímeros elastomericos pueden estar dispersos en la fase líquida de la emulsión, en forma de partículas de látex de SBR o pueden estar disueltos en el ligante asfáltico emulsificado, que es el caso del polímero SBS.

Cuando se realiza la aplicación, las partículas de asfalto modificado con polímero se depositan sobre los agregados ocasionando la ruptura de la emulsión y finalmente el curado del residuo asfáltico, proporcionando propiedades físico-químicas mejoradas al asfalto residual.

Ventajas

La presencia del polímero elastomérico en el ligante asfáltico le proporciona mejores propiedades reológicas, proporcionándole elasticidad, mayor viscosidad, mayor punto de ablandamiento, menor susceptibilidad térmica y con mayor resistencia al envejecimiento debido al aire y a los rayos ultravioleta, resumiéndose en mejor desempeño y mayor tiempo de vida útil.

Aplicaciones

- **Riegos**
 - Tratamientos superficiales (monocapa, bicapa, etc)
 - Sellos de arena
 - Riego de liga
 - Sellado de fisuras

- **Morteros asfálticos (slurry seal)**
 - Slurry seal para Sellado de fisuras
 - Slurry seal de apertura lenta al tráfico
 - Slurry seal de apertura rápida al tráfico
 - Slurry seal modificados con polímeros

- **Micro-pavimentos (micro-surfacing)**
 - Micropavimento de apertura rápida al tráfico
 - Micropavimento para recuperación de ahuellamientos

- **Mezclas Asfálticas en frío**
 - Recuperación de perfiles
 - Carpeta de rodamiento
 - Mezclas abiertas

- **Mezclas para bacheo**
 - Para acopio
 - Mezclas hechas in-situ

- **Mezclas densas**
 - Mezcla Arena-emulsión
 - Estabilización de bases granulares
 - Estabilización de suelos

- **Reciclado**
 - Reciclado en frío in-situ
 - Reciclado a profundidad total

2.2.9 Clasificación De Las Emulsiones Asfálticas.

(Ingeniería Civil – clasificación y ventajas que ofrecen las emulsiones – 2011)

Las emulsiones se clasifican en tres categorías: Aniónicas, Catiónicas y no iónicas. En la práctica, las dos primeras son usadas en la construcción y mantenimiento vial. Las no iónicas, actualmente no tienen uso, pero en el futuro pueden llegar a tener una mayor utilización con el avance la tecnología. La clasificación aniónicas y catiónicas se refieren a las cargas eléctricas que rodean a las partículas de asfalto. De acuerdo a una ley básica de electricidad: cargas del mismo signo se repelen y cargas contrarias se atraen. Cuando dos polos (un ánodo y un cátodo) se sumergen en un líquido a través del cual fluye una corriente eléctrica, el ánodo se carga positivamente y el cátodo negativamente. Si se hace pasar corriente eléctrica a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, estas migraran hacia el ánodo, entonces la emulsión se denomina aniónica. Inversamente, las partículas de asfalto cargadas positivamente se dirigirán al cátodo, por lo cual la emulsión será catiónica. En las emulsiones iónicas, las partículas de asfalto son neutras, y por consiguiente no serán atraídas por ninguno de los polos.

Por la Velocidad de Rotura

La rotura de una emulsión asfáltica es el fenómeno que se produce cuando los glóbulos de asfalto de la emulsión dispersa en el agua, en contacto con el agregado mineral, sufren una ionización por del agregado, dando origen a la formación de un compuesto insoluble en agua, que se precipitará sobre el material pétreo.

La coalescencia se refiere al proceso que sigue la emulsión para convertirse nuevamente en betún asfáltico.

La tenencia a coalescer está estrechamente relacionada con la capacidad de mezcla de una emulsión.

Las emulsiones de acuerdo a la rapidez con que el asfalto puede llegar a la coalescencia se clasifican según el instituto del asfalto en:

RS de rotura rápida

MS de rotura media

SS rotura lenta

Una emulsión RS tiene escasa o ninguna habilidad para mezclarse con el agregado, una emulsión MS se mezcla con mayor facilidad con agregado grueso pero no con finos, y una emulsión SS se mezclara más fácilmente con agregados finos.

La ASSHTO y la ASTM han desarrollado normas para los siguientes tipos de emulsión:

Emulsión Aniónica	Emulsión Catiónica
RS-1	CRS-1
RS-2	CRS-2
MS-1
MS-2	CSM-2
MS-2h	CMS-2h
HFMS-1
HFMS-2
HFMS-2h
SS-1	CSS-1h
SS-1h	CSS-1h

Tabla N°02 Normas desarrolladas por la AASHTO y ASTM

Fuente: Ingeniería Civil – clasificación y ventajas que ofrecen las emulsiones – 2011

La letra C antes del tipo de emulsión significa catiónica. La ausencia de esta letra, significa aniónica o no iónica. Por ejemplo RS-1 puede ser aniónica o no iónica y CRS-1 es catiónica.

El tipo de aplicaciones determina además la viscosidad requerida para producto, por lo tanto las cifras 1 y 2 indican grados de viscosidad baja y alta respectivamente.

De acuerdo a las condiciones climáticas en el entorno de la obra, muchas veces será necesario el uso de emulsiones cuyo residuo asfáltico tenga mayor dureza. Estas se diferencian colocando una letra “h” al final de su denominación cuando la penetración del residuo está entre 40 y 90 décimas de mm.

La “HF” significa alta flotación, la cual se mide por la prueba de flotación (AASHTO T50 o ASTM D139).

La emulsión de grado CSS-1h se utiliza para preparar mezclas especiales, como el Mortero Asfáltico (Slurry Seal). Con la adición de polímeros a esta emulsión, se produce el Micropavimento (Microsurfacing).

Ventajas Que Ofrecen las Emulsiones

Las emulsiones asfálticas pueden ser empleadas en todas las capas de un pavimento, en revestimiento asfálticos nuevos, en recapeos, en rejuvenecimiento de pavimentos y hasta en operaciones de parcheo. Entre las ventajas que ofrecen podemos señalar las siguientes:

Para la preparación de las Emulsiones Asfálticas se requiere poca energía, únicamente para diluir el betún asfáltico que alimentará el molino coloidal.

Al sustituir los fluidificantes por agua, se economiza el costo de los derivados de petróleo, con la consiguiente conservación de la energía, durante el proceso de la producción de la emulsión, debido a que no se requiere elevar la temperatura de sus componentes.

Evitan la polución ambiental, debido a que el proceso de mezcla, se realiza a temperatura ambiente, lo cual evita la emisión de gases contaminantes.

La preparación de la emulsión a temperatura ambiente evita la oxidación del ligante asfáltico.

Usadas en tratamientos superficiales o en premezclados en frío, evitan pérdidas de dinero con relación a los asfaltos diluidos, porque no ocasionan la evaporación de solventes durante el proceso de curado.

En tratamientos superficiales llevan ventaja con relación a la utilización de otro ligante, porque presentan óptima adherencia con cualquier tipo de agregado, sin necesidad de aditivos de adherencia.

Estas ventajas de: Conservación de energía y de reducción de la polución atmosférica han motivado, en los países de mayor desarrollo, el uso preferente de las emulsiones asfálticas en la construcción de carreteras.

Material Asfáltico	Ventajas	Desventajas	Proceso de Curado
Mezclas en Caliente	Aplicación directa	Humos y Costos de Combustible	Por Enfriamiento
Asfaltos Rebajados	Trabajabilidad	Contaminación Atmosferica	Evaporación del Solvente
Emulsión Asfáltica	Menor Polución, menor costo de Combustible	Cuidado en el manejo de la Emulsión	Rotura Coalescencia, Evaporación del Agua

Tabla N°03. Cuadro comparativo de los materiales asfálticos

Fuente: Ingeniería Civil – clasificación y ventajas que ofrecen las emulsiones – 2011

2.2.10 Ensayos Sobre Productos Asfálticos En Pavimentos

(Dunque V. Gustavo / Febrero del 2012)

Los cementos asfálticos son hidrocarburos semisólidos que se obtienen durante la destilación del petróleo luego de que los aceites lubricantes han sido removidos.

Para uso en pavimentación existen los cementos asfálticos en grado 40 – 50, 60 – 70, 85 – 100, 120 – 150, y 200 – 300, de los cuales en el país solo se producen el 60 – 70 y el 85 – 100.

Estos valores indican la distancia que una aguja normalizada penetra dentro de una muestra del producto en condiciones controladas. El grado de penetración determina la dureza del asfáltico y por lo tanto, entre más blando sea, mayor será su penetración. El uso de cada uno depende principalmente del tránsito previsto para la vía y las condiciones climáticas del lugar, prefiriéndose pavimentos más duros para vías de tránsito pesado y en climas cálidos.

El muestreo, el ensayo de penetración y el de ductilidad se hace siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NTC 1437, Asfaltos líquidos. Especificaciones.

El objetivo del ensayo de ductilidad es medir la distancia que una briqueta de cemento asfáltico puede estirarse sin romperse cuando uno de sus extremos se desplaza con respecto al otro a una velocidad definida y a una temperatura determinada.

Los asfaltos con mayor ductilidad presentan mejores propiedades ligantes y mayor susceptibilidad térmica. Este ensayo puede considerarse más de identificación que cuantitativo.

Asfaltos líquidos: Se emplean para los riegos ligantes. Los asfaltos líquidos son obtenidos al mezclar un cemento asfáltico con un destilado liviano y volátil para volverlo líquido. Dentro de este tipo de asfaltos se encuentran los de curado rápido cuyo solvente es la gasolina, los de curado medio cuyo solvente es kerosén y los de curado lento cuyo solvente es el aceite liviano. Dentro de cada clase existen las siguientes variedades: RC 70, 250, 800 y 3000; MC 30, 70, 250, 800 y 3000; SC 70, 250, 800 y 3000, números que indican la viscosidad cinemática, medida en centistokes que el asfalto puede tener a 60 C, siendo la máxima admisible el doble del número que lo identifica. En Colombia solo se producen el MC 70 y RC 250.

El ensayo de viscosidad Saybolt – Furol tiene el objetivo de determinar el grado de fluidez del asfalto líquido a cierta temperatura, pudiéndose estimar de este modo su grado de manejabilidad. La viscosidad Saybolt – Furol corresponde al número de segundos que necesitan 60 centímetros cúbicos de asfalto para fluir a través de un orificio calibrado Furol bajo condiciones especificadas. La palabra Furol es la contracción de las palabras “Fuel and Road Oils”.

Almacenamiento del asfalto: En una planta estacionaria de asfalto, el asfalto es almacenado en tanques fijos o en tanques montados en remolques. Estos tanques están equipados con espirales térmicas de vapor, espirales de aceite caliente o calentadores de gas o eléctricas, con el fin de mantener el asfalto con suficiente fluidez para que pueda ser bombeado con facilidad. Existen ciertas precauciones que deben tomarse respecto a la temperatura en los tanques. Para garantizar la seguridad es necesario:

- Verificar la temperatura en los tanques utilizando los instrumentos adecuados.
- Evitar tomar lecturas de temperatura cerca de los espirales de calentamiento.
- Almacenar el asfalto a una temperatura por debajo del punto de inflamación.
- Revisar periódicamente los tanques y espirales para ver si hay señales de daño o escape.

2.2.11 Problemas Más Frecuentes, Sus Causas Y Soluciones:

Los problemas que más frecuentemente se presentan en los pavimentos flexibles después de terminados y recibidos son los siguientes:

Deformaciones En La Vía:

Son cambios en la forma del pavimento, que no presuponen la pérdida de continuidad de sus componentes, sino simplemente alguna variación en sus alineamientos horizontal y vertical, longitudinal o transversalmente.

Causas: Generalmente estos problemas se generan por inestabilidad de la banca o sub-rasante. Estos a su vez se originan normalmente por deficiencias en los sistemas de drenaje por su diseño insuficiente o por falta de mantenimiento oportuno. También pueden ser ocasionadas por un deficiente diseño del pavimento.

Soluciones: La solución preventiva consiste en prever las obras de drenaje correctas sobre una banca adecuadamente tratada. El diseño del pavimento debe considerar las condiciones geológicas del terreno.

Fisuras Y Grietas:

Son discontinuidades que aparecen en la superficie, sin que se presente pérdida de los materiales constituyentes del pavimento.

Causas: Entre las principales causas de este problema podemos mencionar las mismas del numeral anterior.

Soluciones: Como medidas preventivas para evitar este tipo de problemas se deben tener en cuenta las expuestas en el numeral anterior.

Desprendimientos De Material:

Es la separación de los materiales que constituyen la superficie del pavimento, o de parte de ellos.

Causas: Pueden ser causados por falta de compactación, por la construcción de una capa muy delgada en períodos fríos, agregado sucio o degradable, muy poco asfalto en la mezcla, o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.

Soluciones: La mejor solución siempre será tomar las medidas preventivas adecuadas para asegurar la calidad en cada uno de los pasos del proceso constructivo. En resumen, el seguir las recomendaciones dadas en este documento.

2.2.12 Materiales Bituminosos

(Escuela Politécnica Superior de Ávila, Ingeniería Tec. Obras Públicas – 2015)

Los materiales Bituminosos son sustancias de color negro o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor y comprenden a aquellos cuyo origen son los crudos petrolíferos como también a los obtenidos por la destilación destructiva de sustancias de origen carbonoso.

EL betún es uno de los materiales de construcción más antiguos que existen; ya en Mesopotamia y en el valle del Indio (3800 a.c), se empleaba el betún natural como material aglomerante en albañilería, en la construcción y en la impermeabilización de estanques y depósitos de agua.

La totalidad de los productos bituminosos empleados en la construcción proceden de la destilación del petróleo o de carbones. Los materiales bituminosos pueden dividirse en dos grandes grupos: betunes y alquitranes. Ambos presentan una serie de propiedades análogas y de diferencias muy significativas: los dos son termoplásticos y poseen una buena adhesividad con los áridos; sin embargo, la viscosidad de los alquitranes se encuentra más afectada por las variaciones de temperatura que la de los betunes y además su envejecimiento es mucho mayor que el de éstos.

2.2.13 Tipos De Materiales Bituminosos

Alquitrán: son productos bituminosos semisólidos o líquidos que se obtienen por destilación, en ausencia de aire, de sustancias orgánicas que posean materiales volátiles, fundamentalmente, hulla, lignito o madera. El alquitrán más empleado en la construcción es el de hulla obtenido como subproducto en las fábricas de gas.

Normalmente estos carbones vegetales (hulla, antracita), se calientan para que desprendan los hidrocarburos que guardan en su interior y entonces obtener el gas. Este gas pasa por unas tuberías.

En ellas encontramos residuos viscosos que es lo que llama alquitrán en bruto. Éste se somete a un proceso de destilación, donde se separa aceites de distinta finura y al finalizar solo queda la brea. Con la brea y con aceites de distintas densidades, se obtiene el alquitrán con el que se trabajaría.

Betunes: son mezclas de hidrocarburos naturales, o pirogenados (aquellos que se han sometido a tratamientos de calor), o de sus combinaciones y que pueden ser gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos, solubles por completo en sulfuro de carbono. Los hay naturales y artificiales. Los betunes naturales son líquidos viscosos o compuestos sólidos constituidos por mezcla de hidrocarburos y sus derivados no metálicos. Los betunes artificiales proceden del petróleo obteniéndose después de una destilación fraccionada a temperatura ambiente, a otros procesos de destilación fraccionada en caliente y vacío para obtener aceites pesados y grasas sin que se produzca el creacking que es por oxidación, que se origina a temperaturas más altas.

Asfaltos: es un producto natural o preparado en el que el betún asfáltico está unido a materias minerales inertes.

Mastic Bituminoso: filler y betún aunque puede tener partículas gruesas que no forman esqueleto mineral al no estar en contacto entre sí.

La resistencia a la deformación se basa en la viscosidad de masa del conjunto filler-betún a temperatura ambiente. A veces se añade gravilla y se llama asfalto fundido. Al incorporarse filler se hace más viscoso y por lo tanto más resistente.

Mortero Bituminoso en Caliente

Filler, arena y betún blando (fludificado)

Huecos = 6 al 12%, filler = 3 al 10%, betún = 6 al 10%

A veces se añaden aditivos para mejorar la adhesividad árido ligante. Inicialmente permeables, pero luego disminuye el contenido de huecos y pasan a ser impermeables. Flexibles, buena resistencia a fatiga, textura microrrugosa (bajo nivel sonoro), capacidad de autorreparación.

Lechadas Asfálticas: son mezclas en frío de áridos de granulometría continua, filler y emulsión con agua de preenvuelta, en los últimos años han pasado a usarse en carreteras de tráfico pesado debido a:

- Empleo de emulsiones de betún modificado con muy baja susceptibilidad térmica y elevada cohesión.
- Puesta a punto de nuevos emulgentes y aditivos que han hecho posible la fabricación de emulsiones catiónicas de rotura rápida pero limitada y controlada por el aditivo, importante en vías urbanas y en carreteras de elevado IMD.
- Mejoras en los equipos de fabricación y puesta en obra, especialmente por las superficies y rastros de extendido.

2.2.14 Aplicaciones Materiales Bituminosos

La principal aplicación de los materiales bituminosos y a la que destina el mayor porcentaje de su producción, se realiza en el campo de la pavimentación de carreteras, formando lo que se ha dado en denominar firmes (pavimentos) flexibles. Otra aplicación importante, por el gran papel que desempeñan en la construcción aunque no por el consumo de productos, es la impermeabilización tanto en obras hidráulicas como de edificios.

Pavimentos de Carreteras

Se pueden considerar las siguientes aplicaciones de productos bituminosos a pavimentos de carreteras: riegos son gravilla (de imprimación, riegos de adherencia, de curado, de adherencia), riegos con gravilla, lechadas bituminosas y mezclas bituminosas en frío o en caliente.

Impermeabilizaciones

Una de las aplicaciones más antiguas de los productos bituminosos ha sido la impermeabilización de obras frente al paso del agua procedente del terreno, de lluvia o contenida en depósito o tanques, así como en la protección de estructuras frente a la acción erosionante del agua en movimiento.

Impermeabilización de Edificios

El agua puede penetrar en una construcción a través de juntas entre las piezas que forman la cubierta, a través de fisuras, por paredes batidas por las lluvias y el viento, y también las humedades pueden proceder del terreno y ascender por capilaridad en los muros o en los cimientos. La protección contra las humedades debe realizarse en la fase constructiva del edificio ya que “a posterior” y una vez que han aparecido goteras y humedades es más difícil y aventurado realizar esta protección.

2.2.15. Tratamientos Superficiales

(Bañón Blazquez Luis – 2008)

Un tratamiento superficial se define como toda operación cuyo objetivo es dotar al pavimento de determinadas características superficiales, sin pretender con ello un aumento apreciable de cualidades resistentes ni en general de su regularidad superficial. Podría decirse que conforman una capa de “piel” o recubrimiento del pavimento.

Pueden distinguirse tres tipos de tratamientos superficiales en función de su composición:

Tripología de Tratamientos Superficiales		
Tipo	Clase	Ligante
Riegos Riegos Sin Gravilla	. En Negro	FR-100, EAL-1, EAM
	. Antipolvo	FM/R-100, EAM, EAL
	. De Imprimación	EAI, ECI, (EAL, FM-100)
	. De Adherencia	EAR-1, ECR-1
	. De Curado	EAR-1, ECR-1
Tratamientos Superficiales Riegos Con Gravilla	. Monocapa o STS	EAR-1, EAR-2, ECR-1, ECR-2, ECR-3, FX-175, FX-350
	. Bicapa o DTS	
	. Monocapa Doble Engravillado	
	. En Sandwich	
Slurrys Lechadas Bituminosas		EAL-1, EAL-3, ECR-1, ECR-2

Tabla N°04 Tripología de Tratamientos Superficiales

Fuente: Bañón Blazquez Luis

A. Riegos Sin Gravilla

Normalmente forman parte de operaciones auxiliares o complementarias en el proyecto de construcción o conservación del pavimento. Se caracterizan por componerse únicamente de ligantes bituminosos.

Aunque en su sentido más estricto este tipo de riegos a la definición de tratamientos superficiales, por lo menos en la mayoría de casos, es conveniente e incluso lógico incluirlos dentro de este grupo, pueden definirse como aquellas operaciones auxiliares que se llevan a cabo durante el proceso constructivo o mantenimiento del pavimento.

Se definen las tipologías y características de cada uno de los riegos que conforman este grupo de tratamientos superficiales.

Riego Negro: este tipo de riego se aplica sobre superficies de rodadura envejecidas, con gran cantidad de peladuras, grietas y baches que ocasionan una merma considerable en su regularidad e impermeabilidad.

Normalmente, los riegos en negro se plantean como una solución provisional que rejuvenece superficialmente el pavimento y mejora su impermeabilidad, en espera de aplicar un tratamiento de mayor entidad.

El ligante empleado debe ser muy fluido, normalmente un betún fluidificado (FR-100) o una emulsión aniónica de rotura media o lenta (EAM, EAL-1). El contenido de ligante residual debe ser bajo, ya que un exceso del mismo podría crear zonas deslizantes en el pavimento; se recomienda una dosificación de entre 200 y 400 g/m² de ligante residual.

Riego Antipolvo: consiste en la aplicación de un ligante sobre la superficie de caminos rurales no pavimentados o con poco tránsito con objeto de impedir o reducir la generación de polvo ocasionada por el paso de vehículos, además, se encargan de proteger al pavimento de los fenómenos atmosféricos, resguardándole de la erosión y la humedad.

Para su confección se emplean betunes fluidificados (FM-100, FR-100) o emulsiones bituminosas de rotura media o lenta (EAM, EAL) diluidas en agua en una proporción que varía entre 5 y 20 veces el volumen de la emulsión.

Su puesta en obra es sencilla, empleando una simple cisterna regadora, siendo necesaria varias aplicaciones del ligante. Previamente a su aplicación, es recomendable efectuar un barrido y humectación de la superficie a tratar para aumentar la eficacia del riego.

Riego de Imprimación: se define como la aplicación de un ligante bituminoso sobre una capa granular previamente a la extensión de una capa bituminosa sobre aquella, con el fin de que ambas capas trabajen de forma solidaria. Son, por tanto, un tratamiento auxiliar en la construcción y rehabilitación de pavimentos.

Para este tipo de riegos se utilizan ligantes muy fluidos de rotura lenta, siendo recomendables los diseños específicamente para tal fin (EAI, ECI). De esta

forma, el ligante penetra ligeramente por capilaridad en la capa granular, adecuando la superficie de apoyo del pavimento y contribuyendo al agarre entre las capas afectadas.

Su puesta en obra se realiza con tanque regador, siendo recomendable un barrido y humectación de la superficie horas antes de proceder al extraído del ligante para así facilitar su penetración en la capa subyacente. Su dosificación se determina mediante un proceso aproximado de dos fases:

- La dosificación inicial se estima mediante la cantidad de ligante que es capaz de absorber la capa granular en un periodo de 24 hr, que en la práctica suele ser del orden de 1 kg/m².
- Posteriormente se rectifica en obra, añadiendo ligante en las zonas más secas y extendiendo arena donde exista un exceso de riego, de forma que ayude absorberlo.

Riego de Adherencia: esta clase de riego se define como la aplicación de un ligante hidrocarbonado sobre una capa bituminosa previamente a la extensión de otra capa de la misma naturaleza, de forma que se consiga una unión más íntima entre ambas que mejore el comportamiento estructural del pavimento, generalmente las capas afectadas son la intermedia (binder o base) y la de rodadura en los pavimentos flexibles.

Los ligantes empleados de este tipo de riegos deben ser poco viscosos y de rotura rápida, consiguiéndose así un mejor reparto superficial con poca dotación de betún residual y la posibilidad de extender rápidamente la capa superior. En este sentido, se recomienda emplear emulsiones de rotura rápida (EAR-1, ECR-1) y dosificaciones no superiores a los 500 g/m², por tal de evitar la creación de zonas excesivamente deslizantes.

Al igual que en los anteriores riegos, es preceptivo efectuar un barrido previo de la superficie a tratar para eliminar el posible polvo o suciedad acumulados, así como en ocasiones un ligero riego con ligantes similares a los empleados en la imprimación.

Riego de Curado: su finalidad es impedir la prematura pérdida de humedad en las capas tratadas con conglomerantes, de forma que el proceso de curado se efectúe de manera correcta. Este tipo de riegos se basa en las propiedades

impermeables de los ligantes bituminosos, creando una fina película superficial que impide el paso de las moléculas de agua existentes.

En la práctica, este tipo de riegos puede tener también la función de servir como riego de imprimación o de protección contra el paso de tráfico rodado. El ligante empleado será diferente según se quiera o no que desempeñe estas funciones complementarias:

- Emulsiones de rotura rápida (EAR-1, ECR-1) en el caso de que se pretenda un efecto exclusivo de curado.
- Emulsiones de rotura lenta (EAI, ECI, EAL) si se pretende que el riego desempeñe funciones de imprimación y protección superficial.

En ambos casos la dotación de betún residual empleada oscila entre los 600 y 800 g/m². Los riegos de curado forman parte inseparable de los tratamientos de estabilización de suelos con conglomerantes hidráulicos y de las gravas tratadas.

Una vez transcurrido el proceso de curado, el riego se eliminará mediante un barrido enérgico, seguido de un procedimiento de soplado con aire comprimido y la aplicación de un riego de adherencia para posteriormente ejecutar la capa superior.

B. Riegos Con Gravilla

Pueden ser clasificados como los tratamientos superficiales por antonomasia. Se componen de una mezcla de ligante hidrocarbonado y gravilla, empleándose para restituir las propiedades del pavimento e incluso como capa de rodadura en pavimentos rurales o en escaso tráfico rodado.

Este tipo de riegos a los que popularmente se conoce como tratamientos superficiales se definen como la aplicación de uno o varios riegos de ligante seguidos de una o varias extensiones de gravilla, con el fin de conseguir una capa de rodadura de similar espesor al tamaño del árido empleado.

Clasificación o Tipología

En función del número de aplicaciones de ligante/árido, se distinguen diversos tipos de riego con gravilla:

- a. **Riegos monocapa:** Formados por una única aplicación de ligante, seguida de la extensión de una sola capa de gravilla. Se denominan simples tratamientos superficiales o más abreviadamente STS.
- b. **Riegos bicapa:** Constituidos por dos aplicaciones sucesivas de ligante y árido de tal manera que existe una relación entre la dosificación de ligante y los tamaños de árido de ambas aplicaciones. También conocidos como dobles tratamientos superficiales o DTS.
- c. **Riegos monocapa doble engravillado:** Situación intermedia entre los dos anteriores, consiste en la realización de un solo riego de ligante, seguido de la extensión sucesiva de una capa gruesa y otra más fina que ocupe los huecos dejados por la primera.
- d. **Riegos sándwich;** Tratamientos especiales empleados en carreteras de baja intensidad de tráfico, donde primero se extiende una capa de grava que actúa a modo de anclaje para posteriormente regar con ligante y extender una gravilla de menor tamaño que la anterior.
- e. **Riegos multicapa:** Este tipo de tratamientos se basa en la extensión de múltiples capas de gravilla regadas con ligante. Destacan los triples tratamientos superficiales (TTS), aunque actualmente están en desuso dado que es más económico aplicar una capa delgada de aglomerado asfáltico.

C. Lechadas Bituminosas

Este tipo de compuestos están formados por una mezcla de emulsión bituminosa con áridos finos de granulometría estrictita, consiguiendo un mortero de excelentes propiedades superficiales. Su empleo en nuestro país está muy extendido, denominándose de manera genérica Slurrys.

Este tipo de tratamientos superficiales, conocidos como SLURRYS, son definidas como la aplicación sobre una superficie de una o varias capas de mortero bituminoso fabricado en frío con áridos, emulsiones bituminosas, agua y eventualmente polvo mineral de aportación (filler) y adicionales, cuya consistencia a temperatura ambiente es adecuada para su puesta en obra.

Las aplicaciones de este tipo de producto son múltiples, y escapan al ámbito variado: carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales, instalaciones deportivas,

cubiertas, etc. En carreteras se emplean con el fin de obtener o mejorar las siguientes características:

- **Tratamiento de Sellado:** impermeabilización de pavimentos envejecidos o excesivamente fisurados.
- **Mejora de Deslizamiento:** de la capa de rodadura, debido a su textura áspera, regularizando además dichas superficie.
- También se emplean con fines estéticos, dada la versatilidad, economía y variedad de colores, obtenidos mediante la adición pigmentos que ofrece. Además, el acabado es impecable, pudiéndose fácilmente pintar las marcas viales en su superficie.

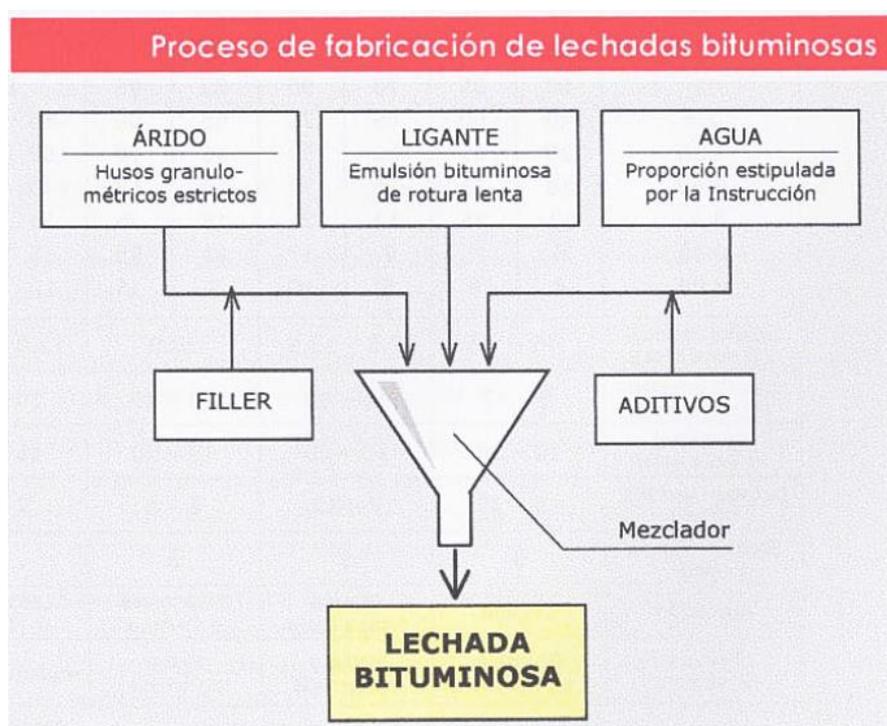


Imagen 06 Proceso de Fabricación de Lechadas Bituminosas

Fuente: Bañón Blazquez Luis

2.2.16. Tratamiento Superficial Bicapa

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) – 2016)

Este trabajo consiste en la ejecución de una capa o de capas múltiples de tratamiento asfáltico de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con los

alineamientos, cotas y secciones indicadas en los planos y documentos del proyecto o determinados por el Supervisor.

Los distintos tratamientos superficiales asfálticos comprenden en el caso de un tratamiento simple la aplicación inicial de un revestimiento de imprimación, un revestimiento de liga y un revestimiento de agregado pétreo.

Para tratamientos múltiples se repite la aplicación de un revestimiento de liga y un revestimiento de agregado pétreo, para cada una de las capas a ser aplicadas.

Materiales: Los materiales para ejecutar estos trabajos serán:

Agregados Pétreos: Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad siguientes:

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara fracturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas chatas y alargadas (MTC E 221)	15% máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de sodio (MTC E 209)	12% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (MTC E 519)	+95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales solubles totales (MTC E 219)	0.5% máx.

Tabla N°05 Tratamiento Superficial Bicapa

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) – 2016

Además, los agregados pétreos deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas granulométricas que se indican a continuación.

Rangos de gradación para Tratamientos Superficiales:

Tamiz	% Que pasa			
	A	B	C	D
25,0 mm (1")	100	-	-	-
19,0 mm (3/4")	90-100	100	-	-
12,5 mm (1/2")	10-45	90-100	100	-
9,5 mm (3/8")	0-15	20-55	90-100	100
6,3 mm (1/4")	-	0-15	10-40	90-100
4,75 mm (N° 4)	0-5	-	0-15	20-55
2,36 mm (N° 8)	-	0-5	0-5	0-15
1,18 mm (N° 16)	-	-	-	0-5

Tabla N°06 Rangos de Gradación para Tratamiento con Bicapa

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) – 2016

a) **Material bituminoso**

Podrá ser cemento asfáltico, emulsión catiónica de rotura rápida del tipo CRS-2 o asfalto diluido. De acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento establecido será distribuido dentro de los rangos de temperatura determinados en la carta viscosidad-temperatura.

b) **Aditivos mejoradores de adherencia**

Cuando se requiera por el Supervisor podrá emplearse estos aditivos, los cuales deberán ajustarse a las normas descritas por el MTC al respecto.

c) **Método de Construcción**

Para la ejecución del tratamiento superficial se requieren, básicamente, equipos para la explotación de agregados, una planta de trituración y clasificación de agregados, equipo para la limpieza de la superficie, distribuidor del material bituminoso, esparcidor de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

d) **Equipo para la elaboración y clasificación de agregados triturados**

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

e) **Equipo para la aplicación del ligante bituminoso**

Consistirá en un carrotanque imprimador que deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

f) **Equipo para la extensión del agregado pétreo**

Se emplearán distribuidoras de agregados autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetes, que sean aprobados por el Supervisor y garanticen un esparcido uniforme del agregado.

g) **Equipo de compactación**

Se emplearán rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5 t). Sólo podrán emplearse rodillos metálicos lisos si, a juicio del Supervisor, su acción no produce fractura de los agregados pétreos.

El ancho mínimo compactado por el rodillo neumático será de 1.5 m. y la mínima presión de contacto de los neumáticos con el suelo será de 550 kilopascales.

La construcción del tratamiento no se iniciará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar, tenga la compactación y densidad adecuada, las cotas y dimensiones indicadas en los planos o definidos por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo a lo establecido en la Sección correspondiente al nivel o partida de obra sobre el que se aplicará el tratamiento.

Antes de la construcción del tratamiento se efectuará una imprimación previa de la superficie. No se permitirá la construcción del tratamiento mientras el riego de imprimación no haya completado su curado y, en ningún caso, antes de veinticuatro horas (24 h), transcurridas desde su aplicación.

En el momento de aplicar el ligante bituminoso, la superficie deberá estar seca y libre de cualquier sustancia que resulte objetable, a juicio del Supervisor.

Antes de iniciar los trabajos, el Contratista emprenderá un tramo de prueba para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas de acuerdo con el Supervisor, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de la mezcla o tratamiento, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación.

En el caso de la construcción de lechadas asfálticas se hace necesaria la compactación en aquellas áreas donde el espesor sea mayor que $\frac{1}{4}$ " (6 mm.).

El Supervisor tomará muestras del tratamiento, lechada o mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Contratista deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El Supervisor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de tratamientos superficiales y lechadas asfálticas se definirán en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las previsiones necesarias en el control del tránsito público.

En caso que los tramos de prueba sean rechazados o resulten defectuosos el Contratista deberá levantarlo totalmente, transportando los residuos a las zonas de depósito indicadas en el Proyecto u ordenados por el Supervisor. El Contratista deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de producción de agregados, preparación de mezcla, extensión y compactación hasta que ellos resulten satisfactorios para el Supervisor, debiendo repetirse los tramos de prueba cuantas veces sea necesario. Todo esto a costo del Contratista.

El empleo de pavimento asfáltico en la construcción de carreteras requiere tener un adecuado manejo ambiental, dado que las consecuencias pueden ser grandes. Para lo cual, se requiere realizar una serie de acciones complementarias para que sus efectos negativos se minimicen o eviten y no altere el ecosistema.

Para realizar las actividades de suministrar y aplicar materiales diversos a una base, la cual ha sido preparada con anterioridad, es necesario considerar las implicancias ambientales para ser tratados adecuadamente.

Durante la aplicación del material bituminoso, el contratista deberá contar con extintores, dispuestos en lugares de fácil accesibilidad para el personal de obra, debido a que las temperaturas en las que se trabajan pueden generar incendios.

En estas etapas, se debe contar con un botiquín permanente que reúna los implementos apropiados para cualquier tipo de quemaduras que pudiera sufrir el personal de obra. Además, es conveniente dotar al personal de obra que trabaja directamente en las labores de aplicación del material bituminoso, con equipos idóneos para la protección de los gases que emanen de éstas.

Se debe disponer, si las condiciones así lo requieren, de un personal exclusivo para vigilar y evitar que personas ajenas a las obras ingresen a las zonas de obra, para que no retrasen las labores y salvaguardar su integridad física. También se debe disponer de un vehículo para casos en que ocurran eventuales accidentes.

Se debe dar la protección adecuada para evitar que se manche y dañe la infraestructura adyacente a la vía, ya que los costos de rehabilitación de lo dañado puede ser muy elevado. Se debe proteger veredas, cursos de agua, jardines, áreas verdes naturales, zonas arqueológicas, etc.

En las áreas que han sido tratadas, no se debe permitir el paso de vehículos, para lo cual se instalarán las señalizaciones y desvíos correspondientes, sin que perturbe en gran medida el normal tránsito de los vehículos. En las probables zonas críticas indicadas en el proyecto se debe dar una protección adecuada contra los factores climáticos, geodinámicos, etc., a fin de que no se retrasen las obras y aumenten los costos que han sido determinados para estas actividades.

h) Aplicación del Ligante Bituminoso

Antes de la aplicación del ligante 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.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que se halle entre los rangos, evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso tipo Kraft, de ancho no menor a un metro (1,0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución deberán limpiarse al final de la jornada.

Por ningún motivo se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a diez grados Celsius (10°C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra. Durante la aplicación deberán protegerse todos los elementos que señale el Supervisor, tales como sardineles, vallas, cabezales de alcantarillas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera. No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

i) Extensión y compactación del agregado pétreo

La extensión 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 quince a veinte centímetros (15 cm -

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 treinta (30) minutos, contado desde el inicio de la extensión del agregado pétreo. En ningún caso se aceptará menos de tres pasadas completas del rodillo.

El ancho de franja en que se aplique cada riego debe variar en relación con el empleado en el anterior en unos veinte centímetros (20 cm.), en más o menos, con el fin de impedir que la junta de construcción longitudinal se superponga con la de la anterior capa, para obtener una superficie uniforme. La extensión se realizará en la cantidad indicada en el Proyecto y aprobado por el Supervisor, de la misma forma que la indicada anteriormente, 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 la apariencia de la capa final y su transitabilidad.

Siempre que sea posible, deberá evitarse todo tipo de tránsito sobre la capa recién ejecutada durante las veinticuatro (24) horas siguientes a su terminación. Si ello no es factible, deberán tomarse medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 Km/h). Durante los 45 minutos iniciales después de concluida la compactación, la velocidad no debe ser mayor de quince kilómetros por hora (15 Km/h).

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del tratamiento, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de

un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Contratista, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor, sin costo alguno para el MTC.

2.2.17. Mantenimiento Con Riego Bicapa (Bañón Blazquez Luis – 2008)

Los Riegos con bicapa se componen de una mezcla de ligante hidrocarbonado y gravilla, empleándose para restituir las propiedades superficiales del pavimento e incluso como capa de rodadura en pavimentos rurales o de escaso tráfico rodado.

Este tipo de mantenimiento a los que popularmente se conoce como tratamientos superficiales se definen como la aplicación de uno o varios riegos de ligante seguidos de una o varias extensiones de gravilla, con el fin de conseguir una capa de rodadura de similar espesor al tamaño del árido empleado.

Ventajas:

Las principales ventajas que presentan este tipo de tratamientos de cara a su empleo son:

- Costo de ejecución, material relativamente bajo.
- Durabilidad comparativamente elevada sobre todo si está bien ejecutado, preferiblemente en el periodo estival, dada la mayor adhesividad ligante-árido.
- Despierta interés en su aplicación en vías de bajo tráfico o caminos rurales, vecinales o en la pavimentación de calles en núcleos reducidos de población.
- Toleran mejor las deformaciones que los aglomerados asfálticos al ser más deformables que éstos, por lo que su empleo es recomendable en terraplenes con grandes asientos.
- Durabilidad comparativamente elevada sobre todo si está bien ejecutada, preferiblemente en el periodo de estival, dada la mayor adhesividad ligante-árido.
- Despierta interés su aplicación en vías de bajo tráfico o caminos rurales, vecinales o en la pavimentación de calles en núcleos reducidos de población.
- Toleran mejor las deformaciones que los aglomerados asfálticos al ser más deformables que estos, por lo que su empleo es recomendable en terraplenes con grandes asientos.
- Económicas, son mucho más asequibles que las mezclas bituminosas en caliente.
- Son de rápida ejecución.
- Es una técnica de bajo consumo energético, por los siguientes motivos:
 - No es necesario calentar los áridos a diferencia de las mezclas bituminosas en caliente.

- El ligante solamente se calienta sin sobrepasar los 100 °C, en cambio en mezclas bituminosas en caliente es necesario calentar el betún entre 150 - 180°C.
- La mezcla se hace in situ en obra.
- Todo esto se traduce en una reducción de la energía y por lo tanto una reducción de emisiones de CO2.
- Permite el empleo de áridos locales, que elimina el transporte de este tipo de materiales desde grandes distancias.

2.2.18. Almacenamiento De Emulsiones Asfálticas
(Tratamiento Sup. Bicapa C/Emulsión Asfáltica de la Carretera Valle
Yacus Prov. De Jauja – Reg. Junín – 2015)

La emulsión asfáltica, una dispersión de finas gotitas de cemento asfáltico en agua, tiene las ventajas y desventajas propias del medio de dispersión, el agua. Cuando se almacenan emulsiones asfálticas:

- Almacene la emulsión como almacenaría agua líquida - entre 10°C (50°F) y 85°C (185°F), dependiendo del uso buscado y del producto en cuestión.
- Almacene la emulsión a la temperatura especificada para el grado y aplicación particulares. La Tabla 2.7 muestra los rangos temperaturas normales para almacenamiento.
- No permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85 °C (185°F). Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica.
- No permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura de la emulsión, separando el asfalto del agua. El resultado será dos capas - una de asfalto, otra de agua- en el tanque, ninguna de las cuales será adecuada para el uso deseado; además, será difícil vaciar el tanque.
- No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100°C (212°F). De suceder esto, se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella.

TABLA N°06 Temperaturas de Almacenamiento p/ Emulsiones Asfálticas		
	Temperatura °C(°F)	
Grado	Mínimo	Máximo
RS-1	20°(70°)	60°(140°)
RS-2, CRS-1, CRS-2, HFRS-2	50°(125°)	85°(185°)
SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h, MS-1, HFMS-1	10°(50°)	60°(140°)
CMS-2, CMS-2h, MS-2, MS-2h, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s	50°(125°)	85°(185°)

Tabla N°07 Temperaturas de Almacenamiento p/ Emulsiones Asfálticas

Fuente: Tratamiento Sup. Bicapa C/Emulsión Asfáltica de la Carretera Valle Yacus Prov. De Jauja – Reg. Junín – 2015

Nota del Texto.: RS, rotura rápida; CRS, Catiónica de rotura rápida; HFRS, rotura rápida de alta flotación; SS, rotura lenta; CSS, catiónica de rotura lenta; MS, rotura media; HFMS, rotura media de alta flotación; CMS, catiónica de rotura media.

Manipulación De Las Emulsiones Asfáltica

Consideraciones a tomar en cuenta para la manipulación de emulsiones Asfálticas:

- Agitar suavemente agite suavemente, durante el calentamiento, la emulsión, para eliminar o reducir la formación de piel.
- Proteja las bombas, válvulas y tuberías del congelamiento en los meses invernales.
- Vacíe las bombas y haga el mantenimiento de los equipos según las recomendaciones del fabricante.
- Vacíe las cañerías y deje abiertas las salidas de drenaje cuando no están en servicio.
- Emplee bombas con apropiados pasos entre piezas para el manejo de emulsiones. Las bombas con mecanismos muy ajustados pueden atascarse y dejar de funcionar.
- Caliente la bomba hasta una temperatura de alrededor de 65°C (150°F) para facilitar el arranque.
- Verifique, al diluir la emulsión asfáltica, la compatibilidad del agua con la emulsión, haciendo una prueba sobre una pequeña cantidad.
- Emplee, de ser posible, agua caliente para la dilución, y siempre agregue el agua lentamente a la emulsión (y no la emulsión al agua).
- Evite el bombeo y la recirculación repetidos, ya que la viscosidad puede bajar y el aire puede quedar atrapado, causando la inestabilidad de la emulsión.
- Ubique las cañerías de ingreso y de retorno en el fondo de los tanques para evitar la formación de espuma.
- Bombee desde el fondo del tanque, para minimizar la contaminación por la eventual formación de piel.
- Recuerde que emulsiones designadas con el mismo grado pueden ser muy diferentes en lo que respecta a la química y al comportamiento.
- Para el transporte, utilice camiones con placas deflectoras, para evitar una excesiva agitación de la emulsión.

- Agite aquellas emulsiones que han estado almacenadas en forma prolongada. Ello puede hacerse por recirculación.
- No mezcle diferentes clases, tipos y grados de asfaltos emulsionados en tanques de almacenamiento, transportes, y distribuidores.
- No aplique excesiva temperatura a los collarines o recubrimientos de la bomba. Esta puede dañarse.
- No diluya emulsiones asfálticas de rotura rápida en agua. Las emulsiones de rotura media y lenta pueden ser diluidas, pero siempre agregando lentamente agua a la emulsión asfáltica. Nunca agregue la emulsión asfáltica al tanque de agua cuando se está diluyendo.
- No cargue emulsiones asfálticas en tanques de almacenamiento o transporte, auto-tanques, o distribuidores con residuos de materiales incompatibles.
- No exponga la emulsión asfáltica o el aire en contacto con su superficie a llamas, calor o potentes oxidantes. Se requiere adecuada ventilación.
- Evite respira gases, vapores, entre otros.
- Obtenga por parte del proveedor una copia de la planilla de datos de seguridad del material. Lea dicha planilla cuidadosamente y siga sus indicaciones.

2.2.19. Slurry Seal (Mortero Asfáltico) (TOLCAN Pavimentos y Asfaltos- 2015)

Es una mezcla bien graduada de agregado y Cementante asfáltico con filler y aditivos para hacer una mezcla de material en frío que endurece en un corto periodo de tiempo para hacer una superficie resistente al uso.

➤ **Características**

Mezcla en frío

Colocado in Situ

Pronta apertura al Tráfico

Alta fricción

Bajo en ruido

Durable

➤ **Procedimientos**

1.- Trazo Y Programación:

Se debe proponer en base al levantamiento de cada calle un calendario del avance de obra diario, semanal y mensual para dar aviso a los colonos. Así mismo en este calendario deberá acotar y cuantificar la zona de bacheo o revelación.

2.- Barrido:

Esta actividad podrá realizarse en forma manual y /o mecánica, incluyendo el acarreo local, carga y acarreo al lugar de tiro autorizado para el tiro del producto del barrido. De igual manera deberá remover todo tipo de manchas y acumulación de grasas, aceites o pintura que impidan la buena adherencia del mortero asfáltico.

3.- Calafateo:

El calafateo de grietas deberá ejecutarse en las zonas previamente acotadas, en donde previamente se deberá limpiar por medio de aire a presión el polvo, arena y material orgánico que exista en el interior de las juntas y grietas, mismo que deberá ser barrido y retirado de la zona de trabajo. El material para dicho deberá ser el apropiado para cada tipo de grieta (menor o mayor a 7 mm) aplicado por los medios mecánicos y a la temperatura especificada. El precio deberá incluir el calafateo de desconchamientos. En todo momento se deberá respetar el no manchar las aceras y banquetas.

4.- Bacheo Y Renivelación:

En las zonas afectadas se procederá al cuadreo, cajeo, retiro del material, compactación del fondo, riego de liga, aplicación de material asfáltico para el bacheo, tendido, compactado y limpieza

5.- Aplicación De Mortero Asfáltico:

El tendido del mortero deberá realizarse mediante equipo Scan Road o similar, cumpliendo con los requisitos de material pétreo, material asfáltico estipulados por la S.C.T. 3.01.03.083. Observando la granulometría de cada tipo de mortero. Se deberá incluir la compactación neumática de la superficie, así como el barrido del material producto del desprendimiento. El precio del mortero deberá incluir cemento. Dentro del precio se considera la revelación o la reparación del daño a la superficie por causas extrañas sin el incremento del mismo.

6.- Limpieza General De Obra:

Se deberá retirar todo el excedente asfáltico así como el producto del bacheo dejando la superficie lista para aplicar pintura.

➤ **Ventajas del uso del Slurry Seal**

El mortero asfáltico, gracias a su adherencia con el asfalto existente y la granulometría, rejuvenece la superficie proporcionándole:

1. Textura más rugosa protectora al desgaste
2. Color negro intenso
3. Capa impermeable, sella las grietas del pavimento viejo
4. Superficie de rodamiento uniforme antiderrapante
5. Sin necesidad de renivelar brocales, registros y alcantarillas
6. En superficies nuevas, proporciona una capa de desgaste que prolonga considerablemente la vida del pavimento
7. Rejuvenece a superficies oxidadas
8. Restaura textura del pavimento
9. Corrige el disgregamiento
10. Reduce el ruido
11. Permite sobrecarpeta en donde aplica la restricción por peso
12. Sella grietas menores (calabereo)

13. Suaviza el flujo

Por estas razones, se afirma que el uso del mortero asfáltico es un procedimiento apto para dar mantenimiento correctivo, preventivo y estético a los pavimentos, apoyados por su beneficio, duración y costo.

➤ **Razones porque utilizar el Slurry Seal**

- Una superficie tersa para el tráfico
- Resistente al agua
- Corrección menor al perfil / bombeo
- Calafateo
- Incrementa la fricción
- Reduce el ruido
- Protege a la base hidráulica
- En donde el peso es importante

La versatilidad del Slurry Seal reduce el deterioro de los caminos y el costo de mantenimiento de los caminos de un 50% a un 60% abajo dentro de un periodo de 10 años.

Un vistazo al procedimiento y mezcla del Slurry Seal nos enumera las ventajas. El Slurry Seal como mezcla líquida homogénea de agua, emulsión asfáltica, filler mineral y un agregado bien graduado, que bien aplicado, corrige las demandas del pavimento.

A diferencia de otros métodos de sello de los pavimentos, el Slurry Seal no contiene piedras que producen el rayado y problemas en el drenaje. No existe grava sobrante. El Slurry Seal permite que rápidamente se extienda y no existiendo asfalto en demasía en guarniciones. Tiene estabilidad, muy baja permeabilidad, un alto resistencia a la fricción e hidroplaneo.

Por su espesor y la temperatura ambiente al ser tendido, la energía empleada es baja. Como resultado es económico. Podemos añadir elementos especiales para dar la textura y color deseado. La alta calidad de asfaltos, triturados y emulsión asfáltica son empleados para

satisfacer la demanda que el pavimento exige El Slurry Seal puede ser empleado en una gran variedad de superficies. Caminos urbanos, carreteras, hombros de las carreteras, estacionamientos aeropuertos, canchas deportivas, áreas de recreo y puentes.

Muchas aplicaciones han sido catalogadas demostrando un uso de 8 años y aún más. Cuando es empleado en pavimentos jóvenes, el Slurry Seal previene de la deterioración por causa del mal clima. Oxidación, pérdida de aceite y el sangrado del asfalto se reducen a ser mínimo y la duración es incrementada y la textura es renovada. En pavimentos más viejos el Slurry Seal previene el calavereo, disgregamiento y aumento en la permeabilidad del pavimento aunado con la fricción por el asfalto exprimido o el pulido de los agregados. Para ambos tipos de pavimento se tipo uniformiza el color, textura y sello son provistos en una simple aplicación. la cual estará lista para utilizarse horas después. Generalmente no es necesario ni el riego de liga con FR-3, ni el compactado neumático.

2.2.20. Slurry Seal (Herencia Wendy - 2009)

El slurry seal es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para pavimentación compuesta de: emulsión asfáltica de rotura lenta, agregados de granulometría cerrada, filler mineral (Cemento Tipo I), agua y otros aditivos, dosificado en proporciones, mezclado y aplicado sobre la superficie del pavimento, en concordancia con especificaciones y procedimientos autorizados.



Imagen 07 Aplicación de Slurry Seal con camión Macropaver

Fuente: Herencia Wendy - 2009

Ventajas:

- Se aplica de manera efectiva para mantenimiento preventivo o correctivo de pavimentos.
- Sella microfisuras y detiene la desintegración superficial.
- Recupera o provee fricción superficial al pavimento, por lo tanto mejora la seguridad de la vía.
- Se puede aplicar como capas delgadas de rodadura, sobre bases estabilizadas en construcción de vías.
- Su construcción no requiere de grandes instalaciones (plantas, tren de pavimentación y otros), un solo equipo dosifica, mezcla, coloca y le da la terminación a la mezcla.
- Se aplica a temperatura ambiente con temperaturas mínimas de hasta 5°C cuando la temperatura está en ascendente.
- Son de rápida aplicación y así permiten una pronta reapertura del pavimento al tráfico.
- Impiden que el agregado este suelto.
- Proveen textura superficial y resistencia a la fricción excelentes.
- Capacidad para corregir irregularidades superficiales menores.

- Excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas.
- Se aplica a temperatura ambiente con temperaturas mínimas de hasta 5°C cuando la temperatura está en ascendente.

Normalización:

Su diseño y aplicación están normalizados por la Guía ISSA A-105 (ISSA – International Slurry Surfacing Association) y la Norma ASTM D-3910, asimismo el EG-2000 lo Norma en la Sección 410

Las lechadas asfálticas y micropavimentos “Slurry Seal” corresponden a aplicaciones de emulsiones asfálticas, con o sin adición de polímeros, utilizadas principalmente en la conservación de pavimentos de asfalto.

La ISSA (International Slurry Surfacing Association) define las lechadas como una mezcla de agregado (incluyendo el filler), emulsión asfáltica de quiebre lento, agua y aditivo, la que es distribuida uniformemente sobre la superficie de un pavimento existente, en espesores que van desde los 3 a 10 mm.

Mientras que los micropavimentos se definen como un tipo más avanzado de pavimentación superficial distribuidas en espesores de 10 a 50 mm; compuestas por emulsiones asfálticas modificadas con polímeros, en su totalidad agregado triturado, finos minerales, agua y aditivo de control según su uso, que se aplican sobre la superficie dañada para recuperar la funcionalidad de la vía.

La emulsión asfáltica debe cumplir con el grado especificado.

El material pétreo se obtiene de depósitos naturales o producidos a partir de roca triturada como granito, escoria, caliza u otro material de alta calidad a una combinación de los anteriores. Arenas con texturas suaves no deben exceder del 50% del total de la mezcla.

Existen diferentes tipos de Slurry Seal dependiendo de la granulometría que lo forma:

Tamaño de Malla	Tipo I % que pasa	Tipo II % que pasa	Tipo III % que pasa
3/8"	100	100	100
No.4	100	90 - 100	70 - 90
No.8	90 - 100	65 - 90	45 - 70
No.16	65 - 90	45 - 70	28 - 50
No.30	40 - 65	30 - 50	19 - 34
No.50	25 - 42	18 - 30	12 - 25
No.100	15 - 30	10 - 21	7 - 18
No.200	10 - 20	5 - 15	5 - 15

Tabla N°08 Granulometría de Slurry Seal

Fuente: tratamientos superficiales de emulsiones asfálticas

Debe de adicionarse cemento portland, cal hidratada, polvo de piedra caliza, flyash, o cualquier otro filler mineral.

2.2.21. Diseño Del Slurry Seal

(Pavimentos y Asfaltos TOLCAN / 2015)

Porque el diseño del mortero asfáltico?

Para predecir el modelo y sea correcto en la aplicación de campo y poder anticipar cualquier condición adversa.

Revisar la compatibilidad de los elementos así como la calidad de los mismos.

Los tiempos de fraguado y apertura al tránsito, la duración y desgaste del Slurry deberán ser monitoreados.

Elementos Que Componen El Diseño Del Slurry Seal

El Slurry seal es un sistema, en donde todos los elementos Inter actúan para lograr un rendimiento óptimo. La alteración de alguno de estos elementos puede producir la falla.

Las necesidades del sistema Slurry Seal para su diseño

1. Tipo de emulsión:
anionico a catiónico
2. clase de emulsión:
rompimiento rápido o lento
3. condiciones de trafico
4. preparativos del camino
5. preferencias del camino

Emulsion:

Sistema de emulsión es independiente pese;

i asfalto

ii emulsificante

iii aguas

iv acido

Su función de elemento aglutinador de agregado y liga a la superficie

Agregado:

Componente mayor y más crítico para una larga duración

Las necesidades del material pétreo:

1. Mineralogía
2. Graduación
3. Limpieza
4. equivalente de arena
5. desgaste de los ángulos (abrasión)
6. Granulometría
7. Densidad
8. requerimientos para el tipo I, II, III.

Filler Mineral:

Son cemento tipo Pórtland o cal

Contribuyen a las características deseadas para la colocación Incrementan la consistencia

Agua:

Prácticamente potable, libre de contaminantes que puedan afectar a la mezcla,

Aditivos:

El uso de acelerantes o retardantes para el rompimiento de la mezcla

Otros:

Procedimiento de mezclado y tendido del equipo, condiciones ambientales, condiciones del camino y tiempo al ser abierto al tránsito, horario diurno o nocturno.



Imagen 08 Componentes para Diseño de Slurry Seal

Fuente: Pavimentos y Asfaltos TOLCAN / 2015

Pruebas Para El Slurry Seal:

Consistencia,
 tiempo de mezclado,
 prueba en húmedo de abrasión,
 adherencia,
 cohesión húmeda, torque (riometro)

Parametros Para El Diseño:

Métodos de prueba con sus parámetros; Control de calidad; medición y procedimientos para el pago.

Tipo I:

Rendimiento: 3.63 a 5.44 Kg/m²

Uso:

Estacionamientos, calles urbanas y residenciales, pistas de rodaje de aeropuertos

Tipo II:

Rendimiento: 5.44 a 9.07 Kg/m²

Uso:

Calles urbanas y residenciales, pistas de rodaje de aeropuertos.

Tipo III:

Rendimiento 8.16 a 13.6 Kg/m²

Uso:

Carpetas asfáltica

Combinaciones:**Sándwich:**

TIPO SLURRY SEAL TIPO III + SLURRY SEAL TIPO I

Cape seal:

RIEGO DE SELLO CON MATERIAL PETREO 3^a + TIPO I

Equipo:

1. Todo el equipo herramientas y maquinaria deberá estar en óptimas condiciones para su uso y operación.
2. Tiro por carga o continuo
3. Deberán tener aditamentos para su medición y calibración
4. Equipo de tiro o rastra
5. Palas, rasquetes, carretillas

Calibración Y Verificación:**Condiciones Climatológicas**

Temperaturas

Presencia de lluvias

Control del tráfico

Preparación Del Tramo

Liga

Agrietamiento, Calafateo

Bacheo

Renivelaciones

Retiro de pintura

Retiro de hidrocarburos (aceite) o elementos extraños

Aplicación Del Slurry

Pre humedecer, vapor y/o gas de agua, temperatura ambiente, grado de resequedad, textura de la superficie, humedad relativa. Previo a una buena mezcla sin agregados de mayor tamaño o sin ser recubiertos deberán ser vertidos a la rastra. Junteo, estabilidad de la mezcla, mano de obra, compactación neumática, limpieza. Inspección, de materiales, del Slurry, del tiro.

2.2.22 Diseño de Slurry Seal y Micropavimento Metodología ISSA

(Herencia Wendy / 2009)

- 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.

Es un sistema formado por:

- Agregado mineral
- Filler
- Agua
- Emulsión de rotura lenta ó emulsión de rotura lenta modificada con polímero

Tamaño de Tamiz	Tipo I % que pasa	Tipo II % que pasa	Tipo III % que pasa	Tolerancia
3/8" (9,5 mm)	100	100	100	
No.4 (4,75 mm)	100	90 - 100	70 - 90	+/-5%
No.8 (2,36 mm)	90 - 100	65 - 90	45 - 70	+/-5%
No.16 (1,18 mm)	65 - 90	45 - 70	28 - 50	+/-5%
No.30 (600 um)	40 - 65	30 - 50	19 - 34	+/-5%
No.50 (330 um)	25 - 42	18 - 30	12 - 25	+/-4%
No.100 (150 um)	15 - 30	10 - 21	7 - 18	+/-3%
No.200 (75 um)	10 - 20	5 - 15	5 - 15	+/-2%

Slurry Seal: Tipo I, II, III

Micropavimento: Tipo II y III

Tabla N°09 Granulometría para diseño de Slurry Seal

Fuente: Herencia Wendy / 2009

- Normalmente usado hasta 2% con respecto al peso del agregado seco.
- Cemento Portland, Cal hidratada ó cualquier otro fino que ayude en alguno de los tres propósitos, para los cuales es usado:

1. Aditivo para iniciar la reacción

2. Agente tixotrópico
 3. Corrige deficiencias en los finos que pasan la malla # 200
- Componente intermedio en diseño
 - Potable (de preferencia)
 - No debe contener sólidos en suspensión

<u>Ensayos</u>	<u>Slurry Seal</u>	<u>Micropavimento</u>
Residuo Asfáltico	60% mín.	62% mín.
Viscosidad	20 - 100 SSF	20 - 100 SSF
Sedimentación	1.0% máx.	1.0% máx.
Tamiz	0.1% máx.	0.1% máx.
Penetración	40 - 90 dmm	40 - 90 dmm
Pto. Ablandamiento	Ninguno	57°C mín.
% Polímero	Ninguno	3.0% mín. Del contenido de asfalto

Tabla N°10 Especificaciones para diseño de Slurry Seal
Fuente: Herencia Wendy / 2009

<u>Ensayos</u>	<u>Slurry Seal</u>	<u>Micropavimento</u>
Tiempo de mezcla	> 180 seg.	> 120 seg.
Tiempo de rotura	12.0 hr. Máx.	0.5 hr. Máx.
Tiempo de tráfico	24.0 hr. Máx.	1.0 hr. Máx.
WTAT, g/m2 pérdida		
- 1 horas inmersión	807.0 máx.	538 máx.
- 6 dias inmersión	Ninguno	807.0 máx.
LWT, g/m2 adhesión arena	538 máx.	538 máx.
Desplazamiento Lateral	Ninguno	5% máx.

Tabla N°11 Especificaciones para diseño de Slurry Seal
Fuente: Herencia Wendy / 2009

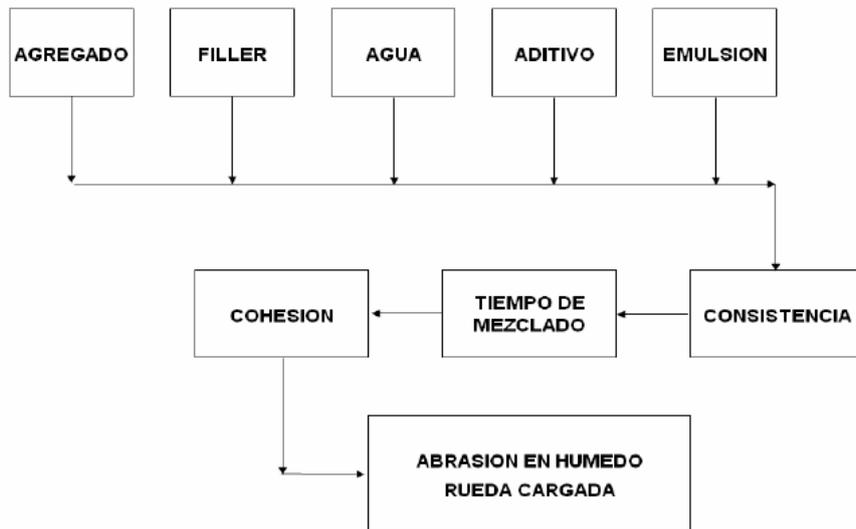


Tabla N°12 Especificaciones para diseño de Slurry Seal
 Fuente: Herencia Wendy / 2009

- Clasifica el sistema en términos de cuán rápido la mezcla desarrolla una adecuada cohesión a fin de poder aperturar el tráfico.

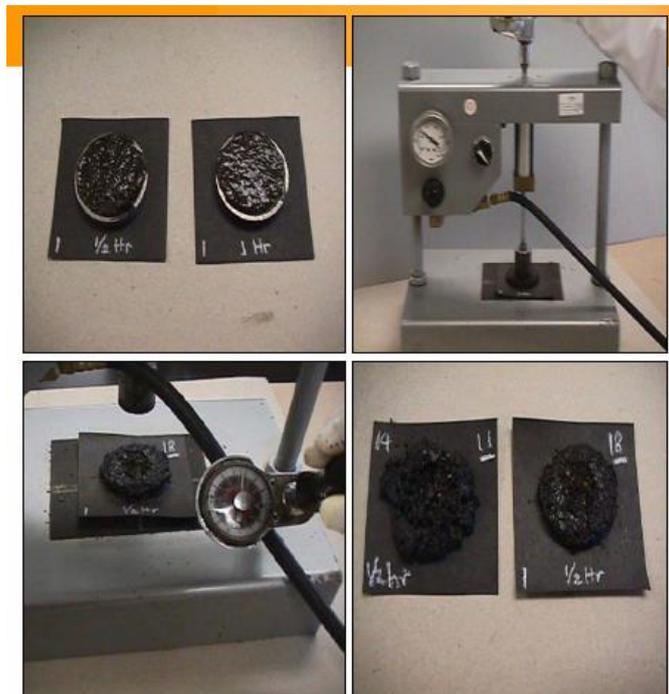


Imagen N°09 Ensayo de cohesión para diseño de Slurry Seal
 Fuente: Herencia Wendy / 2009

- Determina la resistencia a la abrasión en húmedo de una mezcla en función al contenido de asfalto.
- Mide el contenido mínimo de asfalto del sistema.

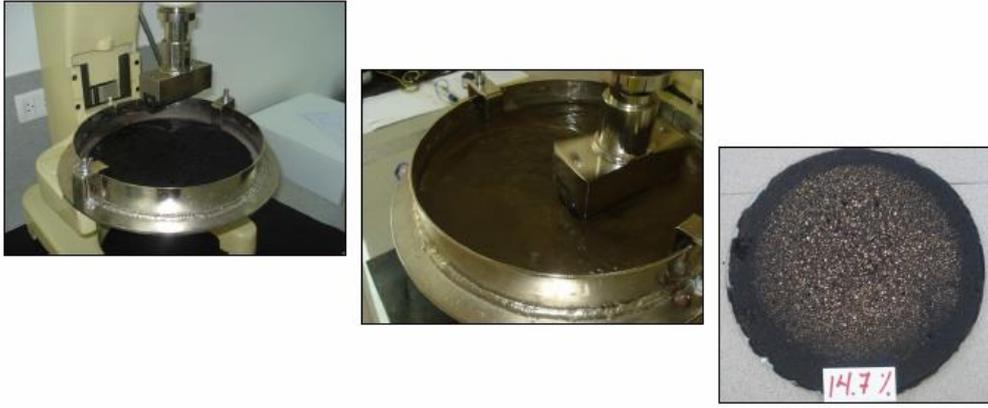


Imagen N°10 Ensayo de resistencia de abrasión del asfalto para diseño de Slurry Seal
Fuente: Herencia Wendy / 2009

- Determina el máximo contenido de asfalto para evitar exudación en el sistema.



Imagen N°11 Determinación de contenido de asfalto para diseño de Slurry Seal
Fuente: Herencia Wendy / 2009

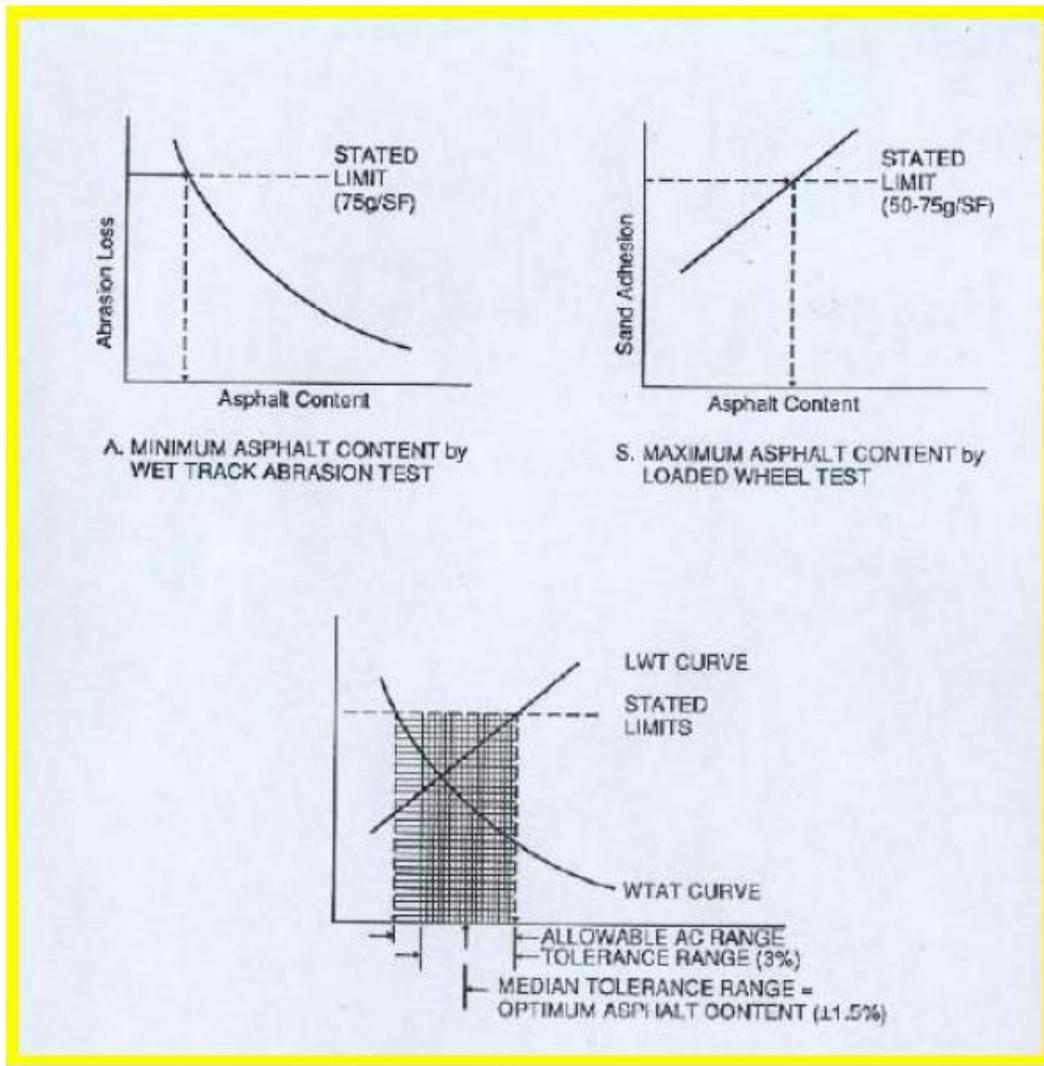


Imagen N°12 Curvas de máximo contenido de asfalto contra el ataque a la abrasión, curva de máximo contenido de asfalto en prueba de rueda de carga para diseño de Slurry Seal

Fuente: Herencia Wendy / 2009

2.2.23 Caso Práctico

Diseño De Slurry Seal

I. Caracterización de Agregado

Procedencia de muestra
Cantera km. 338+700 L. Izq.
Carretera Puquio - Chalhuanca

ENSAYO	ESPECIFICACIONES	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM 2419)	MÍNIMO 45%	48%

Tabla N° 13 Equivalente de Arena p/Slurry Seal
Fuente: Herencia Wendy

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	% que pasa	ESPECIFICACIONES SLURRY SEAL TIPO II
3/8"	9.525	100.00	100
No.4	4.760	96.80	90 - 100
No.8	2.380	73.70	65 - 90
No.16	1.190	53.30	45 - 70
No.30	0.590	37.80	30 - 50
No.50	0.297	24.90	18 - 30
No.100	0.149	16.70	10 - 21
No.200	0.074	12.10	5 - 15
<No.200	(ASTM C-117)	0.00	

Tabla N° 14 Granulometría para diseño de Slurry Seal

Fuente: Herencia Wendy

II. Caracterización de emulsión

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	61.8	Mínimo 60%
Penetración (25°C, 100g, 5seg)	ASTM D 5	dmm	95	85 - 100 dmm
Recuperación Elástica por Torsión	NLT 329	%	15	Mínimo 12%

Tabla N° 15 Especificaciones por Norma
Fuente: Herencia Wendy

- EMULTEC CSS-1HP
- **Consideración clima, requiere asfalto blando**

III. Contenido teórico de asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría: 9.7%

Emulsión asfáltica teórica calculada: 15.7%

IV. Calidad de mezcla

Emulsión Teórica (%)	Agua (%)	Filler (%)
15.7	13.5	0.5

Tabla N° 16 Calidad de Mezcla
Fuente: Herencia Wendy

- Humedad natural del agregado: 2.5%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado
- Filler: Cemento Portland Tipo I
- Tiempo de mezclado > 180 segundos
- Porcentajes en peso del agregado

V. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
Cohesión en húmedo - 30 minutos mínimo (rotura)	ISSA TB 139	12 kg/cm mínimo
Pérdida de abrasión en húmedo 1 hora inmersión, WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/cm ²
Exceso de asfalto por adhesión de arena, LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/cm ²

Tabla N° 17 Especificaciones por Norma

Fuente: Herencia Wendy

VI. Resultados

Emulsión (%)	Filler (%)	Agua (%)	Tiempo de Mezclado (Segundos)	Cohesión (Kg/cm)
				30 min
15.7	0.5	16.0	>180	16.9 (N)

Tabla N° 18 Resultados por Porcentaje de Material
Fuente: Herencia Wendy

Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
11.7	759.6	238.1
13.7	516.6	315.8
15.7	448.2	413.1
17.7	395.2	472.6

Diseño Optimo SLURRY SEAL

% Emulsión = 15.5

% Agua = 16.0

% CP = 0.5

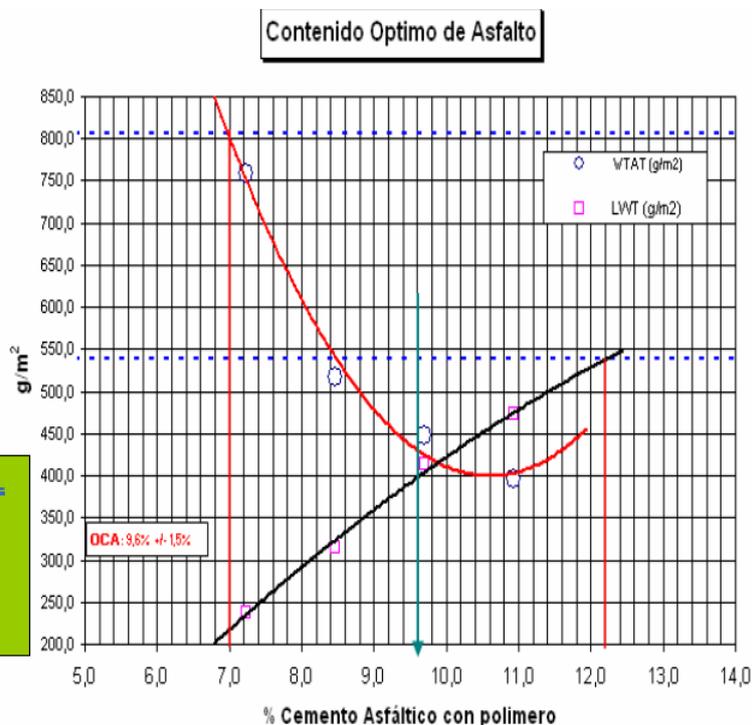


Tabla N°19 Curva de Contenido óptimo de asfalto para diseño de Slurry Seal
Fuente: Herencia Wendy

Componentes	Límites
Residuo Asfáltico	Tipo I: 10.0% - 16.0% Tipo II: 7.5% - 13.5% Tipo III: 6.5% - 12.0% (basado en peso de agregado seco)
Filler Mineral	0.5 - 2.0% (basado en peso de agregado seco)
Aditivos	como sea necesario
Agua	como sea necesario para lograr la consistencia apropiada de la mezcla

Tabla N° 20 Resultados por Porcentaje de Material

Fuente: Herencia Wendy

TIPO DE AGREGADO	RECOMENDACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
TIPO I	<p>Áreas de parqueo</p> <p>Zonas residenciales y urbanas</p> <p>Pistas de aterrizaje de aeropuertos</p>	<p>8 – 12 lb/yd² (4.3 – 6.5 kg/m²)</p>
TIPO II	<p>Zonas urbanas y residenciales</p> <p>Pistas de aterrizaje de aeropuertos</p>	<p>12 – 20 lb/yd² (6.5 – 10.8 kg/m²)</p>
TIPO III	<p>Rutas principales e interestatales</p>	<p>18 – 30 lb/yd² (9.8 – 16.3 kg/m²)</p>

Tabla N° 21 Tasas de Aplicación por Tipo de Slurry Seal

Fuente: Herencia Wendy

2.3 Definición de Términos Básicos

Filler o Polvo Mineral: El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, no plástica que deberá cumplir la norma AASHTO M-303. De no ser cal, será polvo de roca.

Emulsión: las emulsiones asfálticas son micro dispersiones de cemento asfáltico en agua, más un agente emulsificador el cual actúa como estabilizador del sistema.

Las emulsiones asfálticas se desarrollan con el objetivo de cambiar la consistencia del asfalto y darle así una trabajabilidad adecuada para cada tipo de aplicación sin necesidad de calentarlo hasta altas temperaturas como es usual en mezclas tradicionales con cemento asfáltico.

Emulsión De Rotura Rápida: están diseñados para reaccionar con el árido rápidamente revirtiendo su estado de emulsión al de asfalto, formando una película relativamente gruesa. Estas emulsiones se aplican normalmente mediante riego. Además presenta una excelente performance en diferentes zonas geográficas de distintas altitudes y climas.

Emulsión De Rotura Lenta: están diseñadas para máxima estabilidad de mezclado. Se utilizan con agregados de gradación densa y alto contenido de finos. Para acelerar el proceso de ruptura se puede agregar cemento o cal hidratada a los agregados.

Sub-Rasante: Es la superficie que sirve de fundación al pavimento. Está constituida por el suelo y se puede representar en corte, lleno o una combinación de los dos.

Sub-Rasante Mejorada O Modificada: Bajo algunas condiciones se hace necesario mejorar la calidad de la subrasante mediante el procesamiento de parte del material superficial o sobreponiéndole una membrana del tipo geotextil, con el fin de garantizar el cumplimiento de ciertas condiciones de composición o capacidad portante.

Sub-Base: Es la primera capa de la estructura del pavimento que se dispone sobre la subrasante, con el fin de facilitar un buen drenaje en el pavimento y permitir la construcción del resto de la estructura. En esta capa se presenta una disipación parcial

de esfuerzos. Tiene capacidad de absorber algunos cambios de volumen de la subrasante y puede sustituir económicamente parte de la base. No siempre es utilizada en los diseños. Se construye con material con menos exigencias y por ende mucho más económico que el utilizado en la base.

Base: Es la capa que se construye sobre la sub-base, y en su construcción se emplean materiales de mejor calidad y con mejores especificaciones de construcción. Su importancia radica en su capacidad estructural y de protección del resto de pavimento. Además permite la circulación de vehículos mientras se construye la capa de rodadura. Esta capa es indispensable para cualquier sistema de pavimentos, ya que en ella se presenta la mayor disipación de esfuerzos.

Capa De Rodadura: Es la capa superior del pavimento y sobre ella circulan los vehículos durante la vida útil de ésta. Debe ser resistente a la abrasión generada por el tráfico y a la agresión del medio ambiente. Tiene la función de proteger la estructura, impermeabilizando la superficie del pavimento, debe ser suave y de superficie continua para que sea cómoda la circulación de vehículos sobre ella, y debe ser rugosa para asegurar la adherencia de los vehículos.

Pavimento De Concreto Asfáltico: Es aquel cuya capa de rodadura está conformada por una carpeta de concreto asfáltico. Si su espesor es considerable, esta capa se divide en dos: la base asfáltica y la rodadura, las cuales se diferencian básicamente en el tamaño del agregado con que se produce el concreto asfáltico siendo mayor el de la base que el de la rodadura.

Propiedades Químicas Del Asfalto: El asfalto está compuesto básicamente de hidrocarburos y algunas trazas de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos. Cuando está disuelto en un solvente puede separarse en dos partes principales: Asfaltenos y maltenos. Los asfaltenos una vez separados de los maltenos son de color negro o pardo oscuro y se parecen al polvo grueso de grafito. Ellos le proporcionan al asfalto su color y dureza. Los maltenos son líquidos viscosos compuestos de resinas y aceites y son de color más claro. Las resinas proporcionan las cualidades adhesivas en el asfalto, mientras que los aceites actúan como medio de transporte para los asfaltenos y las resinas.

Propiedades Físicas Del Asfalto: Las más importantes son: Durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento.

- **Durabilidad:** Medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a un proceso normal de degradación y envejecimiento. Esta propiedad está juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento que depende del diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción y otros factores. Las pruebas utilizadas para evaluar la durabilidad del asfalto son la Prueba de Película Delgada en Horno (TFO) y la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO).
- **Adhesión Y Cohesión:** La adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, en el pavimento terminado.
- **Susceptibilidad A La Temperatura:** Todos los asfaltos son termoplásticos; esto quiere decir que se vuelven más viscosos a medida que la temperatura disminuye y viceversa. Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado pues ella indica la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla.
- **Endurecimiento Y Envejecimiento:** El endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinándose con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas y en películas delgadas de asfalto. Durante el mezclado, mientras está revistiendo las partículas de agregado, se presente el mayor grado de endurecimiento.

CAPITULO III

RESULTADOS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Desarrollo de la Investigación

3.1.1. Diagnóstico De La Situación Actual

Se presenta a continuación una breve descripción de la situación actual de las vías por intervenir, complementándose lo descrito en la memoria descriptiva.

1. Pavimentos

Las avenidas y calles a ser intervenidas se encuentran a nivel de superficie de rodadura no pavimentada en unos tramos de la vía, generando polvo durante el tránsito vehicular que afecta la calidad de vida de la población.

El terreno natural está conformado por arenas con un CBR promedio de 10, según el estudio de suelos, sin embargo se realizaron pruebas con el Penetrometro de cono ligero cuyos resultados se adjuntan en este capítulo donde podemos ver que los CBR del terreno natural están en promedio de 15, sin embargo de acuerdo a la normativa de, Perú se trabaja con el diseño de laboratorio.

El tráfico promedio está caracterizado mayormente por vehículos menores y livianos, típico de zonas urbanas dando como EAL de diseño para vías de bajo volumen.

La Avenida “D” tiene el carril derecho a nivel de asfaltado pero presenta desgaste, por lo que es necesario colocar un sello, sin embargo se debe considerar que se va a intervenir para la rehabilitación de la red de agua y saneamiento, en cuyo caso es necesario considerar una reconfiguración de la estructura del pavimento a fin de evitar fallas futuras.

Debemos resaltar que se están iniciando los trabajos de saneamiento, cambio de las redes de agua y desagüe, lo que conllevará a cambios de nivel de las tapas de buzones, y probablemente del nivel de la vía proyectada, razón por la cual antes de iniciar el proyecto se debe realizar un levantamiento topográfico para reajustar el presente proyecto. De igual manera con las cajas de registro y cajas de llaves de agua en las veredas, que serán cambiadas por las obras de saneamiento, y que probablemente sufran daños y requieran ser cambiadas.

2. Veredas

Las veredas se encuentran algunas en mal estado y requieren ser demolidas para construir nuevas, y en otras calles no se tienen veredas por lo que se ha previsto su construcción, se detallan las veredas y sus martillos en las respectivas vistas que se adjuntan.

3. Servicios básicos

a. Agua y saneamiento

Actualmente se está llevando a cabo el cambio de la red de agua y alcantarillado, y se prevé que este terminando en diciembre o enero, fecha en la cual se podría iniciar el proyecto de pavimentación de las avenidas y calles.

b. Telefonía

La red de telefonía se encuentra sobre postes que están colocados en la vereda, a lo largo de las calles del proyecto.

c. Red energía eléctrica

A lo largo de la AV “D” se encuentra una línea de transmisión de alta tensión que discurre por la berma central pegado a la calzada derecha y una red de media tensión que se encuentra en la berma central pegado a la calzada izquierda.

En la avenida Algarrobos la línea de media tensión va por la berma central.

4. Estudio de cuencas de aguas pluviales.

Para el presente proyecto se ha tomado en consideración el estudio de cuencas de aguas pluviales del SNIP así como el estudio realizado por la Universidad de Piura y que se encuentra registrado con SNIP N° 30240, considerándose por ello la necesidad de proyectar los pases de aguas pluviales por las bermas centrales para su natural evacuación por las zonas previstas en el estudio correspondiente de la Universidad de Piura.

3.1.2. Dotación de Slurry Seal

Descripción:

Este trabajo consistirá en la provisión y colocación de una mezcla aprobada de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, agua y aditivos específicos, en proporción, mezclados y esparcidos uniformemente sobre una superficie regularizada denominada Slurry Seal.

El Slurry Seal será colocado a cada lado del ancho existente a la canalización a fin de darle mayor durabilidad, terminado deberá dejar una capa homogénea, adherida firmemente a la superficie preparada y tener una textura superficial resistente al rozamiento a lo largo de su vida de servicio.

MATERIALES

Emulsión. El tipo de emulsión deberá ser determinada de acuerdo al diseño realizado en laboratorio. Será especificada cumpliendo con los requerimientos especificados en la ASTM D 2397 o según la Norma Técnica Peruana NTP 321.141:2003 PETROLEO Y DERIVADOS. Emulsiones Asfálticas Catiónicas con polímeros.

Cada carga de emulsión deberá ser acompañada por un Certificado de Análisis/Conformidad que asegure que es la misma utilizada en el diseño de la mezcla.

Agregado. El agregado mineral usado deberá ser del tipo y grado especificado para el uso en particular del Slurry Seal. El agregado deberá ser una piedra triturada fabricada tal como granito, escoria, piedra caliza o cualquier otro agregado de alta calidad, o combinación de éstos.

Cuando sea puesto a prueba de acuerdo a los siguientes ensayos, el agregado deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

Nro. DE PRUEBA AASHTO	Nro. DE PRUEBA ASTM	CALIDAD	ESPECIFICACIÓN
AASHTO T176	ASTM D2419	Equivalente de arena	45 mínimo
AASHTO T104	ASTM C88	Durabilidad	15% máximo usando Na_2SO_4 ó 25% máximo usando $MgSO_4$
AASHTO T96	ASTM C131	Resistencia a la Abrasión	35% máximo

Tabla N° 22 Especificaciones Por Norma p/Slurry Seal

Fuente: Bañón Blazquez Luis

La prueba de abrasión deberá ser ejecutada en el agregado original. El agregado deberá cumplir los valores pulidos aprobados por el Estado.

Granulometría. Cuando se ensayan de acuerdo al AASHTO T27 (ASTM C136) y AASHTO T11 (ASTM C117), el agregado (incluyendo filler mineral) deberá satisfacer la siguiente gradación:

TAMAÑO DE MALLA	TIPO I PORCENTAJE PASANTE	TIPO II PORCENTAJE PASANTE	TIPO III PORCENTAJE PASANTE	TOLERANCIA
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
#4 (4.75 mm)	100	90 - 100	70 - 90	± 5%
#8 (2.36 mm)	90 - 100	65 - 90	45 - 70	± 5%
#16 (1.18 mm)	65 - 90	45 - 70	28 - 50	± 5%
#30 (600 um)	40 - 65	30 - 50	19 - 34	± 5%
#50 (330 um)	25 - 42	18 - 30	12 - 25	± 4%
#100 (150 um)	15 - 30	10 - 21	7 - 18	± 3%
#200 (75 um)	10 - 20	5 - 15	5 - 15	± 2%

Tabla N° 23 Granulometría y Tolerancias p/Slurry Seal

Fuente: Herencia Wendy / 2009

Los materiales deberán cumplir los siguientes requerimientos:

COMPONENTE MATERIAL	LÍMITES
Emulsión Asfáltica Residual	10.0 a 16.0% (TIPO I), 7.5 a 13.5% (TIPO II), 6.5 a 12% (TIPO III) por peso en seco del agregado
Filler Mineral	0.5 a 2% por peso en seco del agregado
Aditivos	Según se necesite
Agua	Según se requiera para producir la consistencia correcta de la mezcla ISSA T 106
Arena Gruesa	Seleccionada de D ¾" y N°4

Tabla N° 24 Límites por Componentes de Slurry Seal

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3. Dotación del Mantenimiento Convencional

3.1.3.1. Tratamiento Superficial Bicapa

El tipo de material y su respectiva gradación corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o será la que determine el Supervisor.

El tamaño nominal del agregado fue seleccionado por recomendaciones de acuerdo a diseño, por tratarse de un tránsito intenso se escogió agregados resistentes y de gradación tipo A para la primera capa y gradación C para la segunda capa.

Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

Tamiz	Porcentaje que pasa			
	Tipo de material			
	A	B	C	D
25.0 mm (1")	100	-	-	-
19.0 mm (3/4")	90-100	100	-	-
12.5 mm (1/2")	10-45	90-100	100	-
9.5 mm (3/8")	0-15	20-55	90-100	100
6.3 mm (1/4")	-	0-15	10-40	90-100
4.75 mm (N°4)	0-5	-	0-15	20-55
2.36 mm (N°8)	-	0-5	0-5	0-15
1.18 mm (N°16)	-	-	-	0-5

Tabla N° 25 Gradación para Tratamientos con Bicapa

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) – 2016

Para el diseño se utilizó el método del Asfalto ampliamente utilizado en los países latinoamericanos. Para la ejecución de los trabajos de Tratamiento Superficial Bicapa. De acuerdo a diseño realizado para la primera capa, fue determinada una tasa de aplicación de 1.6 lt/m² de asfalto modificado con polímeros y una tasa de 13 kg/m² de agregado.

Tasas de Aplicación de Tratamiento Superficial

Tratamiento Superficial (TSB)	Tasa de Aplicación	
	Ligante Asfáltico CRS-2 (Lt/m ²)	Agregado Pétreo (Kg/m ²)
Primera Capa	1.4	19
Segunda Capa	1.4	13

Tabla N° 26 Tasa de Aplicación de Bicapa

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) – 2016

CAPITULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. Resultados Parciales.

4.1.1.1. Comparación de Investigación

Se detallará la comparación entre los tipos de mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero slurry seal y el convencional aplicado en el Jr. D, haciendo una comparación del proceso constructivo de cada uno, comparación general de cada uno en cuadros, finalmente se llegará a la conclusión de la diferencia entre los costos de cada mantenimiento.

4.1.1.2. Procesos Constructivos

A. Procedimiento Constructivo utilizando el mortero Slurry Seal:

- 1)** Preparación de la Superficie: consiste que la superficie a tratar este pareja y nivelada, por lo que los baches deben estar reparados. En caso se utilice agua, se deberá dejar secar minuciosamente las grietas antes de aplicar el Slurry Seal.

- 2) Tomar en cuenta la seguridad vial para tomar medidas en el control del tránsito, mediante señalizaciones, conos, las bocas de inspección, cajas de válvulas, tomas de aire y otras entradas de servicio deberán ser protegidas de la aplicación del Slurry Seal con algún método adecuado aprobado por supervisión y personal de vigilancia para evitar accidentes durante y después del trabajo.
- 3) Verificación del Material: se tendrá que verificar que los materiales a emplear cumplan con las especificaciones técnicas respectivas.

Emulsión: el tipo de emulsión deberá ser determinada de acuerdo al diseño realizado en laboratorio. Cumpliendo los requerimientos especificados en la ASTM 2397 o según NTP 321.141:2003 PETROLEO Y DERIVADOS.

Agregado: el agregado mineral deberá ser el tipo y grado especificado para el uso particular del Slurry Seal, junto con granulometría específica.

- 4) Elaboración y Evaluación del Mortero Asfáltico: Antes de comenzar el trabajo, el contratista deberá presentar un diseño de mezcla firmado que cubra los materiales que se utilizarán en el proyecto. Este diseño deberá ser de un laboratorio experimentado en Slurry Seal. Después de aprobado el diseño, ningún cambio será permitido, a menos que tenga la aprobación de la Supervisión.
- 5) Limpieza de la Superficie: antes de aplicar el Slurry Seal, la superficie deberá estar limpia de todo exceso de polvo, material suelto, sedimento, vegetación y cualquier otro material objetable que pueda dificultar su aplicación, pueden emplearse métodos de limpieza con una compresora de aire y escobas.
- 6) Riego de Agua: el agua a regar deberá ser potable y libre de nocivas sales solubles o químicos reactivos. El riego se emplea para ayudar a que la superficie a tratar adquiera una mejor adherencia al colocar el mortero Slurry Seal, con la ayuda de un camión cisterna para que el riego sea homogéneo, y con personal adecuado para evitar los posibles charcos de agua creados por el riego.
- 7) Colocación del mortero Slurry Seal: ya teniendo la superficie a tratar previamente humedecida, la aplicación del mortero Slurry Seal deben colocarse los materiales en el camión esparcidor o camión Macropaver, a una velocidad

de 4 a 6 Km/h para su homogénea colocación, el mortero deberá estar a una temperatura en el rango para la emulsión CSS-1 rotura lenta, será de 20 – 70 °C.

El Slurry Seal no deberá ser aplicado si la temperatura del pavimento ó la temperatura del aire está por debajo de 50°F(10°C) y disminuyendo, pero puede ser aplicado cuando ambas temperaturas, del pavimento y aire están por encima de 45°F(7°C) y en aumento.

- 8)** Apertura al Tráfico: una vez terminado el proceso de colocación del mortero Slurry Seal se espera un fraguado del mortero, con un clima a favor (soleado) tiene un fraguado de dos a tres horas y media y con clima nublado cuatro a cinco horas.

Después del fraguado con la ayuda del paso vehicular el mortero tendrá una compactación adecuada sin necesidad de rodillo neumático u otro tipo de maquinaria, el tráfico permitido en la superficie tratada deberá ser controlado y no superar los 30 a 40 Km/h.

B. Procedimiento Constructivo utilizando el mantenimiento convencional Bicapa:

- 1) Superficie Existente: debe estar limpia, exenta de polvo, por lo que primeramente es necesario efectuar una inspección básicamente de la superficie, la cual debe estar pareja y nivelada, por los que los baches deben ser estar reparados y las grietas selladas.
- 2) Verificar si presenta la impermeabilidad requerida, para evitar la excesiva penetración del ligante y una capacidad portante suficiente para el árido sea tratable.
- 3) Verificar los materiales a emplear en obra, así como el personal que sea eficaz al ejecutar las tareas y evitar contratiempos.
- 4) Tomar en cuenta la seguridad vial para tomar medidas en el control del tránsito, mediante señalizaciones, conos y personal de vigilancia para evitar accidentes durante y después del trabajo.
- 5) Después de verificar que la superficie existente este apta, es necesario efectuar un barrido enérgico con maquina o compresora de aire para evitar agentes

externos que puedan dificultar el proceso de los trabajos. e incluso aplicar un riego de imprimación si es que la capa no ha sido tratada con anterioridad.

- 6) Aplicación del Ligante: la aplicación de la emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2 de acuerdo a la cantidad de las especificaciones establecidas, el riego se llevará a cabo mediante una regadora con barra distribuidora o manualmente mediante una bomba de riego manual, si se trata de áreas pequeñas, tiene que ser aplicado el ligante de forma homogénea y uniforme, colocándose previamente a temperatura 50C° y 85C° según norma (MTC. EG-2013).
- 7) Extensión o Riego de Gravilla: el proceso se aplicara inmediatamente luego de colocar el ligante, para evitar que este, se enfríe. El árido se colocara en el pavimento en la proporción previamente calculada mediante una maquina extendedora o esparcidora de agregado, asegurando su uniformidad, con espesores de un centímetro y medio por capa.
- 8) Compactación: debe realizarse preferentemente con compactadores o rodillos neumáticos lisos de alta presión, su ejecución deberá ser inmediatamente posterior al extendido, de forma que el ligante aún no se haya enfriado.
- 9) Apertura al Tráfico: no es conveniente abrir el tramo tratado antes de un plazo razonable, lo normal es esperar veinticuatro horas para su apertura, de forma que el ligante adquiera cierta viscosidad que le permita retener los agregados. En todo caso puede permitirse la circulación a vehículos a bajas velocidades de 30 a 40 Km/h. las primeras horas para evitar que dañen el tratamiento superficial, ya que puede no tener la cohesión mínima necesaria para obtener la resistencia a un tráfico normal y fluido.

4.1.2. Resultados Generales.

4.1.2.1. Análisis Comparativos de Agregados.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
Especificaciones p/ Diseño de Mezcla	Tabla N°09 y Tabla N° 10 Especificaciones P/ Diseño de mezcla Slurry Seal	Tabla N° 04 Agregados pétreos p/tratamiento superficial
Gradación de Agregados	Tabla N° 20 Rangos de gradación para Slurry Seal Tipo II. Norma	Tabla N°05 o N°22 Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales
Comparación de Dotación de Métodos	Tabla N° 21 Dotación p/ Slurry Seal	Tabla N° 23 Tasa de aplicación para tratamiento superficial

Tabla N° 27 Análisis Comparativos de Agregados

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.2. Análisis Comparativo de Materiales.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
MATERIALES	Emulsión Asfáltica CSS 1hp	Ligante Asfáltico CRS-2 (Lt/m ²)
	Arena gruesa seleccionada 3/8"	Agregado Pétreo o Gravilla P/Trat. Superficial (D 3/4" y N°4)
	Cemento portlan tipo I	
	Agua Potable	

Tabla N° 28 Análisis Comparativo de Materiales

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.3. Análisis Comparativo de Equipos.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
EQUIPO	01 Camión Macropaver Slurry Seal	01 Camión Esparcidor de Agregados
	01 Motobombas de 2" a 4"	01 Rodillo Neumático Autop 81-100 HP 5.5 - 20 T
	01 Compresora de Aire de 250 PCM con manguera de 20 m.	01 Tractor de Tiro 80 HP
	01 Retroexcavadora	01 Compresora de Aire de 250 - 330 PCM, 87 HP
	01 Cisterna de agua de 4500 gln.	01 Camión o cisterna Imprimador 6x2 178 - 210 HP 1800 G
	01 Volquete	01 Volquete
	01 Tanque Est. Cisterna de 8 m3	

Tabla N° 29 Análisis Comparativo de Equipos

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.4. Análisis Comparativo de Personal.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
PROFIONAL Y TÉCNICO DE OBRA	01 Residente de Obra	01 Residente de Obra
	01 Supervisor	01 Supervisor
	01 Supervisor de Seguridad	01 Supervisor de Seguridad
	01 Maestro de Obra	01 Maestro de Obra
	01 Técnico de Suelos	01 Técnico de Suelos
	01 Técnico encargado del control de Slurry Seal	
CAMPO	01 Chofer de Camión Macropaver Slurry Seal	01 Chofer de Camión Esparcidor
	01 Chofer de Cisterna	01 Operario de Rodillo Neumático
	01 Chofer de Volquete	01 Chofer de Volquete
	01 Operarios de Motobomba	01 Operario de Tractor de Tiro
	01 Operario de Compresora de Aire	01 Operario de Compresora de Aire
	01 Operario de Retroexcavadora	01 Operario de Camión Imprimador
	03 Guardianes	03 Guardianes
	15 Peones	15 Peones
	02 Oficiales	02 Oficiales

Tabla N° 30 Análisis Comparativo de Personal

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Contrastación de hipótesis

En la contratación de hipótesis tomamos como referentes los cuadros de análisis de precios unitarios correspondientes a cada método de mantenimiento de un pavimento flexible.

Mostrados en la tabla N°31 y tabla N°32

Empresa:	SERVICIOS GENERALES DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN TITO E.I.R.L							
Obra	EVALUACIÓN DE LOS ANALISIS DE COSTOS EN EL MANTENIMIENTO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, UTILIZANDO EL MORTERO SLURRY SEAL Y EL CONVENCIONAL APLICADO EN EL JR. D. DE LA URB. LOS ALGARROBOS I ETAPA - PIURA							
Fecha:	17 MAYO 2017							
Cliente:	CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES VISAP S.A.C							
Ubicación:	PIURA							
Atención	Ing. Carlos Reyes Morante							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
1 PAVIMENTOS								
Código	Partida	Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial	Subtotal
1.1		SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACION DE SLURRY SEAL CON EQUIPOS (e = 10 cm)					m2	10.89
				Rendimiento	2,200.00	m2/día		
		Materiales						5.86
		Emulsión Asfáltica CSS 1hp	Gln		0.6000	5.95	3.57	
		Arena gruesa seleccionada 3/8"	m3		0.0100	70.00	0.70	
		Cemento portlan tipo I	Bol		0.0700	22.20	1.55	
		Agua	Gln		0.5000	0.066	0.03	
		Mano de Obra						0.61
		Operario	HH	2.00	0.0218	16.00	0.35	
		Peón	HH	6.00	0.0218	12.00	0.26	
		Equipo						4.42
		Herramientas Manuales	%MO		5%	0.66	0.03	
		Camión Slurry Seal (Inc. Transporte)	HM	1.00	0.004	900.00	3.27	
		Motobomba de 2" a 4"	HM	1.00	0.003	9.50	0.03	
		Compresora de Aire de 250 PCM con manguera de 20 m.	HM	1.00	0.003	80.00	0.27	
		Retroexcavadora (Inc. Transporte)	HM	1.00	0.004	140.00	0.51	
		Sistema de agua de 4500 gln (Inc. Transporte)	HM	1.00	0.003	90.00	0.30	
		Nota: NO INCLUYE IGV. El precio es a todo costo incluye Movilización y desmovilización de equipos, gg y utilidad.						

Tabla N°31 Análisis de P/U p/Tratamiento c/Slurry Seal

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Discusión de Resultados.

4.3.1. Resumen de Datos y Comparación de Mantenimiento Superficial Para Pavimento Flexible del Jr. D.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
MATERIALES Y AGREGADOS	Emulsión Asfáltica CSS 1hp, Arena gruesa seleccionada 3/8", Cemento portland tipo I y Agua Potable	Ligante Asfáltico CRS-2, Agregado Pétreo o Gravilla P/Trat. Superficial (D 3/4" y N°4)
PROCESO CONSTRUCTIVO	Limpieza de la Superficie a tratar, Riego de Agua Potable y Aplicación de Slurry Seal.	Limpieza de la Superficie a Tratar, Aplicación del Ligante CRS-2, Extensión de Gravilla y Compactación
NORMA TÉCNICA	ISSA A-105 (ISSA – International Slurry Surfacing Association) y la Norma ASTM D-3910	Norma ASTM, Norma (MTC. EG-2013)
ASPECTO VISUAL	Uniformidad en la Capa de Slurry Seal y de un solo color oscuro	El extendido de del Agregado Pétreo o Gravilla algunas veces no es uniforme
TRANSITABILIDAD	Textura más rugosa protectora al desgaste, capa impermeable, superficie uniforme antiderrape	La gravilla desgasta levemente neumáticos, uniformidad en la superficie.

Tabla N° 33 Resumen de Datos y Comparación de Mantenimiento Superficial Para Pavimento Flexible del Jr. D

Fuente: Elaboración Propia

Después de hacer los respectivos análisis minuciosos de la comparación de los procesos constructivos de cada método de tratamiento superficial podemos dar como resultado lo mostrado en las tablas N°24 hasta la N°27 y con un detalle más a fondo, mostrado en la tabla N°28.

Teniendo en cuenta los costos de mantenimiento, de lo analizado se puede obtener el las diferencias entre cada método empleado para el tratamiento superficial, puesto que con esto obtendremos el más rentable para ser aplicado en el pavimento flexible del JR. D.

Como se puede apreciar en los cuadros comparativos podemos dar a conocer las diferencias entre cada método como:

Mantenimiento Bicapa	Mantenimiento Slurry Seal
El mantenimiento con bicapa cuenta con seguridad y control al tráfico.	El mantenimiento con Slurry Seal cuenta con seguridad y control al tráfico.
El mantenimiento con bicapa no cuenta con la aplicación de agua en la superficie a tratar.	El mantenimiento con Slurry Seal si cuenta con la aplicación de agua en la superficie a tratar, para que cuente con una mejor adherencia el mortero con el pavimento.
En la aplicación del mantenimiento con bicapa se emplean equipos como camión esparcidor de gravilla, camión imprimador y compactación con rodillo neumático.	En la aplicación del mantenimiento con el mortero Slurry Seal se emplean equipos como camión Macropaver Slurry Seal y no necesita de compactación.
Su apertura al tráfico no se recomienda que sea instantánea, sino después de un tiempo razonable o especificado en expediente, como puede ser después de las primeras veinticuatro horas.	Una vez terminado el proceso de colocación del mortero Slurry Seal, y haber esperado un tiempo de fraguado del mismo, que puede ser dependiendo al clima, entre unas dos a tres horas, después de esto, puede abrirse al tráfico.
Según informes e investigaciones podemos dar a conocer el tiempo de vida útil del pavimento al aplicar el método de mantenimiento superficial con bicapa es entre 4 a 5 años	El tiempo de vida útil brindado por el mortero Slurry Seal al pavimento es de 6 años.

Tabla N°34 Resumen Detallado por Método p/Tratamiento Superficial

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Al analizar los costos y procesos constructivos que muestra cada método de mantenimiento superficial, podemos ver las ventajas en tecnología y economía que puede proporcionar el mortero Slurry Seal como emulsión asfáltica al pavimento flexible a comparación del mantenimiento convencional. Debido a los insumos y equipos a emplear, el costo por metro cuadrado con el mortero Slurry Seal es de S/. 10.89/m² y el convencional es de S/. 14.99/m².
- Los Precios por metro cuadrado empleados en la investigación son de la región Piura.
- Los procesos constructivos de ambos métodos son similares, puesto que son sellos asfálticos, ya que una de las diferencias entre ellos son los equipos empleados en la aplicación, como es el camión Macropaver de Slurry Seal, ya que el mantenimiento con bicapa se emplea dos veces un camión esparcidor de gravilla y ligante, siendo la ejecución con Slurry Seal más rápida.
- Basado en informes e investigaciones, el tiempo de vida útil de la carpeta asfáltica con mantenimiento superficial empleando el mortero Slurry Seal,

tiene un periodo de 6 a 7 años, a comparación del mantenimiento con bicapa, que es de 4 a 5 años.

- En el proceso constructivo con Slurry Seal, la apertura al tráfico es rápida, debido al tiempo de fraguado que necesita el mortero, que es de unas horas, con el cual no cuenta el tratamiento con bicapa, puesto que este necesita de un tiempo estimado de veinticuatro horas a más.
- El método con el mortero Slurry Seal tiene amplios usos de aplicación, como en sellado de grietas, impermeabilización aplicados en estructuras como depósitos o tanques, impermeabilización de techos o juntas de edificios frente a la acción erosionante del agua en movimiento.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los mantenimientos viales deben ser realizados con un control de calidad de los materiales a emplearse y que cumplan con las normas y especificaciones técnicas, para evitar problemas y una mala ejecución de la obra.
- Se recomienda que los insumos empleados en ambos métodos, sean adquiridos en el sector, donde se ejecutara la obra, puesto que puede influir en el incremento de los costos, por transporte o movilización.
- Se recomienda que ambos métodos al aplicarlos, las superficies deben estar limpias, con una superficie lisa y compactada, para que al emplear cualquiera de los métodos de mantenimiento vial, este sea óptimo.
- Se debe disponer de personal totalmente capacitado para ejecutar las tareas designadas para los tratamientos superficiales así, no tener inconvenientes ni percances a la hora de la ejecución del proyecto.
- Se recomienda emplearse, en los mantenimientos viales, el mortero slurry seal, puesto que reduce el tiempo de deterioro y el costo de las carpetas asfálticas a comparación del método convencional.
- La apertura al tráfico en ambos métodos debe ser prudente y sugerir una velocidad que no exceda los 40 km/h, ya que en el caso del de mantenimiento con el método con Slurry Seal, el mortero se compacta con el paso del tráfico, a diferencia del mantenimiento con Bicapa el cual después de su compactación con rodillo neumático, se espera un fraguado de veinticuatro horas antes de su apertura al tráfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2. Alvarez Dueñas, Byron Rubén (2011). “Uso De Los Morteros Asfálticos En Vías: Colocación Del Mortero Asfáltico Slurry Seal En La Vía La Armenia – Pacto Tramo Gualea Cruz – Pacto.”, “Universidad San Francisco De Quito – Ecuador”
3. Ambrosio Rosales, Stephanie (2015). “Informe Técnico Del Concreto Asfáltico”, “Universidad Peruana De Los Andes - Perú”
4. Dunque V. Gustavo (2002). “Pavimento Y Características De Los Pavimentos.”, “Escuela De Ingeniería De Antioquia – Colombia”
5. Dunque V. Gustavo (2002), “Ensayos Sobre Productos Asfálticos En Pavimentos, Problemas Más Frecuentes, Sus Causas Y Soluciones.”, “Escuela De Ingeniería De Antioquia – Colombia”
6. Herencia Wendy. (2009), “Slurry Seal”, “Tecnología De Los Materiales Tdm.”
7. Herencia Wendy. (2009), “Diseño De Slurry Seal Y Micropavimento Metodología Issa.”, “Tecnología De Los Materiales Tdm.” Carretera Nazca – Puquio.
8. Hurtado Torres Wilber. (2014), “Funciones Del Pavimento” Diseño De Pavimentos.
9. Monsalve Escobar Lina Mercedes. (2012), “Funciones De Las Capas De Un Pavimento Flexible.”, “Diseño De Pavimento Flexible Y Rígido” - Universidad Del Quindío - Armenia-Colombia.
10. Miranda Rebolledo Ricardo Javier. (2015) “Comparación De Costos Y Tecnología De Mantenimiento Utilizando Slurry Seal Y Mantenimiento Convencional En Un Pavimento Flexible.”, Universidad Privada Del Norte - Cajamarca.
11. Pequeño Otoyá Javier Andrés. (2010), “Deterioro En Pavimentos Flexibles Y Rígidos”, Universidad Austral De Chile – Valdivia- Chile.
12. Rodríguez Velásquez Edgar Daniel. (2009), “Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento Flexible En La Av. Luis Montero, Distrito De Castilla.”, Universidad De Piura – Piura - Perú.
13. Sotil Chávez Andres. (2014), “Transferencia De Cargas, Aplicaciones Y Daños.”, Universidad Continental.
14. Slurry Seal (Mortero Asfáltico) Y Diseño Del Slurry Seal (2015) Pavimentos Y Asfaltos Tolcan - México.

REFERENCIA LINKTOGRÁFICAS

- ✓ **Bañón Blázquez Luis (Tratamientos Superficiales)**
https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02020501.pdf
- ✓ **EPIVIAL asfaltos**

<http://epivial.com/descargas/tmd-asfaltos/SLURRY%20SEAL.pdf>
- ✓ **Materiales Bituminosos**
<http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales/contenido/TEMA%207-%20MATERIALES%20BITUMINOSOS.pdf>
- ✓ **SCRIBD. (Pavimentos Flexibles)**
<https://es.scribd.com/doc/24569151/Pavimentos-flexibles>
- ✓ **SLIDESHARE (Pavimentos)**
<http://es.slideshare.net/wilberhurtadotorres9/clase-01-pavimentos>
<http://es.slideshare.net/kevinromerolatorre/tipos-de-pavimentos>
- ✓ **TDM Asfaltos**
<http://www.tdmasfaltos.com.pe/listaaplicaciones/emulec/>
- ✓ **TOLCAN Pavimentos Y Asfaltos.**
<http://tolcan.com/mantenimiento-preventivo/diseno-del-slurry-seal/>
- ✓ **TOLCAN Pavimento y Asfaltos.**
<http://tolcan.com/mantenimiento-preventivo/mantenimiento-preventivo-slurry-seal/>
- ✓ **URBANISMO (pavimentos flexibles).**
<http://www.urbanismo.com/pavimentos-flexibles/>
- ✓ **WIKIPEDIA.- ENCICLOPEDIA LIBRE**
<https://es.wikipedia.org/wiki/Pavimento>

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	JUSTIFICACIÓN	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	METODOLOGÍA
<p>“Evaluación De Los Analisis De Costos En El Mantenimiento De Un Pavimento Flexible, Utilizando El Mortero Slurry Seal Y El Convencional Aplicado En El Jr. D, De La Urb. Los Algarrobos I Etapa - Piura”.</p>	<p>¿Cuál es el mantenimiento de menor costo para un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional aplicado en el Jr. D de la Urb. Los Algarrobos I etapa - Piura?</p>	<p>Evaluar los análisis de costos en el mantenimiento de los pavimentos flexibles en Piura utilizando el mortero de Slurry Seal y el Convencional.</p>	<p>El proyecto de investigación ofrece un aporte para la construcción vial en Piura, proporcionando conocimientos técnicos y económicos que expliquen el análisis de costos en el mantenimiento. Utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional de un pav. Flexible”.</p>	<p><u>Riego con Bicapa:</u> Este trat. Superf. Se define como la aplic. De uno o varios ligantes con gravilla, con el fin de una capa de rodadura con el tamaño del árido empleado.</p> <p><u>Slurry Seal:</u> Es una mezcla graduada de agregado y cemento asfáltico con filler y aditivos para hacer de un material frío que endurece en corto periodo para hacer una superficie resistente al uso.</p>	<p align="center">Inductivo.</p>
		<p>OBJETIVO ESPECIFICO</p>			
		<p>“Analizar diferencias entre rendimientos, costos y procesos constructivos del mantenimiento utilizando el mortero Slurry Seal y el Convencional”.</p> <p>“Evaluar el costo en mantenimiento utilizando el mortero de Slurry Seal sobre un pavimento flexible”.</p>			

Tabla N°35 Matriz de Consistencia

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen 13 Ubicación General del Proyecto

Fuente: google earth, basados en una imagen satelital

VISTA INTEGRAL DEL PROYECTO DESDE UNA IMAGEN DE Google Earth

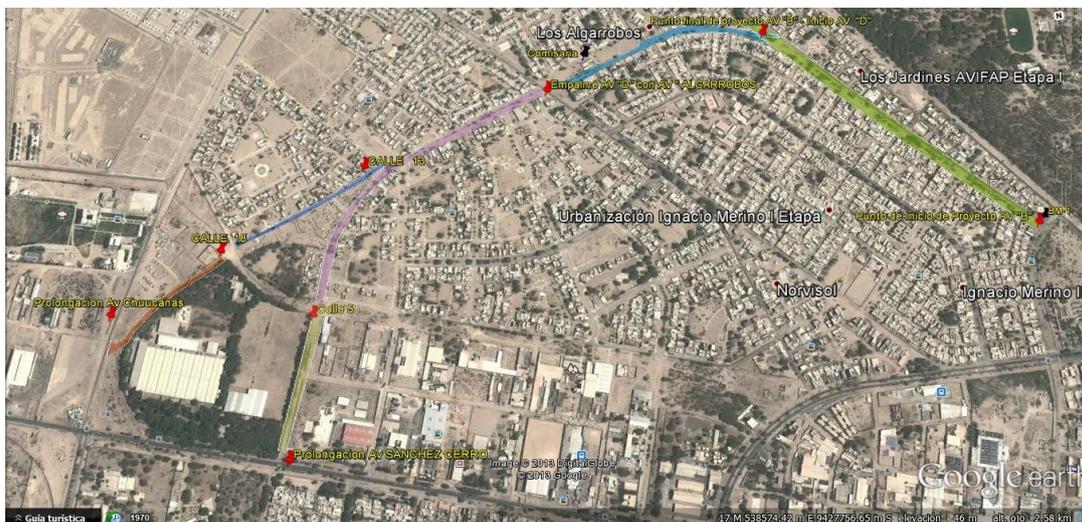


Imagen 14 vista integral del proyecto

Fuente: Imagen de google earth.

Se puede observar que la calle 13, nace en el inicio de la curva de la Av. Algarrobos, y se dirige en dirección a l calle 18, hasta la intersección con la Av. DIAMANTE. Aun en Proyecto.

PUNTO DE INICIO DEL PROYECTO y de la AV “B”.



Imagen 15 punto de inicio del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar el inicio del proyecto en la avenida “D” donde se tiene la calzada derecha a nivel de asfaltado con presencia de deterioración y la calzada izquierda a nivel de afirmado o no pavimentado, así como la berma central y el tendido de líneas de media y alta tensión por esta berma y avenida.



Imagen 16 Calzada a Terreno Natural

Fuente: Elaboración Propia

Se puede notar la calzada izquierda a nivel de terreno natural

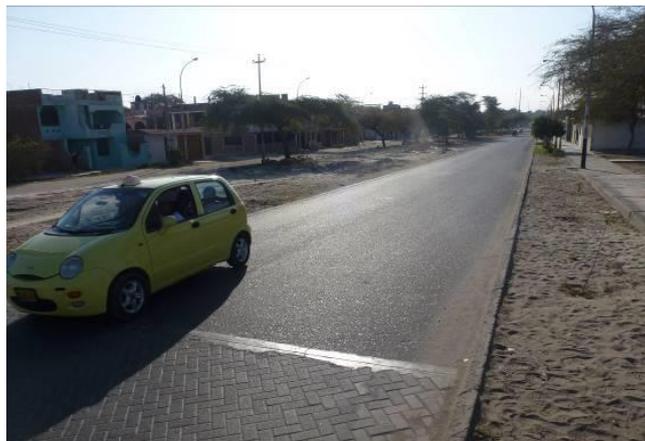


Imagen 17 Calzada derecha a nivel de asfalto

Fuente: Elaboración Propia

La calzada derecha a nivel de asfalto con leves deterioramiento.



Imagen 18 Deterioro de Veredas

Fuente: Elaboración Propia

Se puede notar en estas vistas el estado en que se encuentran las veredas, así como la calzada a nivel de terreno natural.



Imagen 19 Ubicación de Postes de Media y Alta Tensión

Fuente: Elaboración Propia

En el sardinel central se ubican los postes de media y alta tensión



Imagen 20 Cruce de Av. B con Ignacio Merino

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 21 Ubicación de Postes de Media y Alta Tensión

Fuente: Elaboración Propia.

En estas vistas se puede notar las líneas de media y alta tensión en la berma central, los postes de iluminación y telefonía en las aceras o veredas de las viviendas, las características del terreno a nivel de superficie de rodadura existente.

ANEXO 03: ARTÍCULO CIENTÍFICO

“Evaluación De Análisis De Costos En El Mantenimiento De Un Pavimento Flexible, Utilizando El Mortero Slurry Seal Y El Convencional Aplicado En El Jr. D, De La Urb. Los Algarrobos I Etapa”.

“Evaluation of Analysis of Costs in Maintenance of a Flexible Pavement, Using Slurry Seal Mortar and Conventional Applied in Jr. D, Urb. Los Algarrobos I Stage “.

CARLOS ALBERTO REYES MORANTE

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de tesis es conocer y analizar los resultados de la evaluación de los análisis de costos que se pueden dar en el mantenimiento a los pavimentos con dos métodos diferentes, en el Proyecto de **Evaluación De Análisis De Costos En El Mantenimiento De Un Pavimento Flexible, Utilizando El Mortero Slurry Seal Y El Convencional Aplicado En El Jr. D, De La Urb. Los Algarrobos I Etapa**, por lo que se busca conocer la disminución o incremento de los costos en la aplicación de los métodos.

El Pavimento debe contar con un buen diseño de paquete estructural ya que sobre este se apoyará la carpeta asfáltica donde se aplicara el Mortero, por lo tanto se debe tener un buen comportamiento para su funcionamiento óptimo y eficiente y obtener Pavimentos de calidad.

El objetivo de este trabajo de investigación es plantear un análisis en los costos aplicando los métodos de mantenimiento con el Mortero Slurry Seal y el Convencional, conocer la calidad que puede dar a los pavimentos al emplearlo en el pavimento del Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa.

La metodología utilizada en la investigación fue inductiva, ya que nos permite alcanzar conclusiones generales partiendo de hipótesis basados en la experimentación de hechos para llegar a una conclusión sobre el proceso de investigación expuestos en el presente trabajo y con las cotizaciones proporcionadas a la medida del proyecto.

La hipótesis considera que si realizamos la evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa – Piura. Lograremos conocer cuál será el menor de los costos.

Palabras Claves: Análisis De Costos, Slurry Seal Y El Convencional.

ABSTRACT

The purpose of this thesis work is to know and analyze the results of the evaluation of the cost analysis that can be given in maintenance to the pavements with two different methods, in the Project of **Evaluation of Analysis of Costs in Maintenance of a Flexible Pavement, Using Slurry Seal Mortar and Conventional Applied in Jr. D, Urb. Los Algarrobos I Stage**, for which it is sought to know the decrease or increase of costs in the application of the methods.

The Pavement must have a good structural package design as this will support the asphaltic folder where the Mortar will be applied, therefore it must have a good behavior for its optimal and efficient operation and obtain Quality Pavements.

The objective of this research is to present a cost analysis applying the maintenance methods with the Slurry Seal Mortar and the Conventional, to know the quality that can give to the pavements when using it in the pavement of Jr. D, Urb Los Algarrobos I stage.

The methodology used in the research was inductive, since it allows us to reach general conclusions based on hypotheses based on the experimentation of facts to reach a conclusion about the research process exposed in the present work and with the quotations provided to the measure of the project.

The hypothesis considers that if we perform the evaluation of the cost analysis in the maintenance of a flexible pavement, using Slurry Seal mortar and the conventional applied in Jr. D, Urb. Los Algarrobos I stage - Piura. We will know what the lowest costs will be.

Key Words: Cost Analysis, Slurry Seal and Conventional.

INTRODUCCIÓN

El hombre siempre busco métodos para comunicar y unir a los pueblos por medio de carreteras, a medida que pasaron los años, fueron evolucionando los métodos y materiales para la construcción de estas, tanto como la estructura y su mantenimiento, empleando como material electo emulsiones y materiales pétreos.

En el Perú, el sistema para construcción y mantenimiento de carreteras ah mejorando con técnicas extraídas de países desarrollados, aplicándolas y adecuándolas en las normas técnicas empleadas en el Perú. Ya que la geología, geometría, clima, etc., no se asemejan, y los análisis de costos en el mantenimiento varían.

En el ámbito de las emulsiones asfálticas han mejorado en el mantenimiento, tratamiento y aplicación para las clases de pavimentos, es este caso del mortero Slurry Seal, ya que es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para pavimentos.

La versatilidad del slurry seal reduce el deterioro de las carreteras y reduce el costo de mantenimiento en comparación de un trabajo con el mantenimiento convencional, en este caso compararemos el mantenimiento de sellado con bicapa.

Por estas razones, se afirma que el uso de este mortero asfaltico es apto para un mantenimiento correctico, preventivo y estético de los pavimentos, ya que esto es lo que se busca, para el óptimo desarrollo de las carreteras.

Los aspectos técnicos serán tratados en el trascurso de la tesis, aplicados en el tema de Evaluación de los Análisis de Costos en el Mantenimiento de un Pavimento Flexible, Utilizando el Mortero Slurry Seal y el Convencional, aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I Etapa – Piura.

Existen sistemas y métodos de mantenimiento interesantes para aplicar en el desarrollo de las vías, siempre que se sepa de ellos, la observación de las carreteras a lo largo del Perú, te enseñan lo majestuosas y agresivas que pueden ser las vías en las diferentes regiones aplicando los distintos tipos, existentes de pavimentos y diseñarlos, ya que, la sensación de emoción que pueda ser una de ellas, diseñada y ejecutada, por ti mismo.

HIPÓTESIS

Si realizamos la evaluación de los análisis de costos en el mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero Slurry Seal y el convencional aplicado en el Jr. D, de la Urb. Los Algarrobos I etapa – Piura. Lograremos conocer cuál de ellos será el más rentable.

RESULTADOS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Desarrollo de la Investigación

Diagnóstico De La Situación Actual

Se presenta a continuación una breve descripción de la situación actual de las vías por intervenir, complementándose lo descrito en la memoria descriptiva.

Pavimentos

Las avenidas y calles a ser intervenidas se encuentran a nivel de superficie de rodadura no pavimentada en unos tramos de la vía, generando polvo durante el tránsito vehicular que afecta la calidad de vida de la población.

El terreno natural está conformado por arenas con un CBR promedio de 10, según el estudio de suelos, sin embargo se realizaron pruebas con el Penetrometro de cono ligero cuyos resultados se adjuntan en este capítulo donde podemos ver que los CBR del terreno natural están en promedio de 15, sin embargo de acuerdo a la normativa de, Perú se trabaja con el diseño de laboratorio.

El tráfico promedio está caracterizado mayormente por vehículos menores y livianos, típico de zonas urbanas dando como EAL de diseño para vías de bajo volumen.

La Avenida “D” tiene el carril derecho a nivel de asfaltado pero presenta desgaste, por lo que es necesario colocar un sello, sin embargo se debe considerar que se va a intervenir para la rehabilitación de la red de agua y saneamiento, en cuyo caso es necesario considerar una reconformación de la estructura del pavimento a fin de evitar fallas futuras.

Debemos resaltar que se están iniciando los trabajos de saneamiento, cambio de las redes de agua y desagüe, lo que conllevará a cambios de nivel de las tapas de buzones, y probablemente del nivel de la vía proyectada, razón por la cual antes de iniciar el proyecto se debe realizar un levantamiento topográfico para reajustar el presente proyecto. De igual

manera con las cajas de registro y cajas de llaves de agua en las veredas, que serán cambiadas por las obras de saneamiento, y que probablemente sufran daños y requieran ser cambiadas.

Dotación de Slurry Seal

Descripción:

Este trabajo consistirá en la provisión y colocación de una mezcla aprobada de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, agua y aditivos específicos, en proporción, mezclados y esparcidos uniformemente sobre una superficie regularizada denominada Slurry Seal.

El Slurry Seal será colocado a cada lado del ancho existente a la canalización a fin de darle mayor durabilidad, terminado deberá dejar una capa homogénea, adherida firmemente a la superficie preparada y tener una textura superficial resistente al rozamiento a lo largo de su vida de servicio.

Materiales

Emulsión. El tipo de emulsión deberá ser determinada de acuerdo al diseño realizado en laboratorio. Será especificada cumpliendo con los requerimientos especificados en la ASTM D 2397 o según la Norma Técnica Peruana NTP 321.141:2003 PETROLEO Y DERIVADOS. Emulsiones Asfálticas Catiónicas con polímeros.

Cada carga de emulsión deberá ser acompañada por un Certificado de Análisis/Conformidad que asegure que es la misma utilizada en el diseño de la mezcla.

Agregado. El agregado mineral usado deberá ser del tipo y grado especificado para el uso en particular del Slurry Seal. El agregado deberá ser una piedra triturada fabricada tal como granito, escoria, piedra caliza o cualquier otro agregado de alta calidad, o combinación de éstos.

Cuando sea puesto a prueba de acuerdo a los siguientes ensayos, el agregado deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

Nro. DE PRUEBA AASHTO	Nro. DE PRUEBA ASTM	CALIDAD	ESPECIFICACIO N
AASHTO T176	ASTM D2419	Equivalente de arena	45 mínimo
AASHTO T104	ASTM C88	Durabilidad	15% máximo usando Na_2SO_4 ó 25% máximo usando $MgSO_4$
AASHTO T96	ASTM C131	Resistencia a la Abrasión	35% máximo

Tabla N° 22 Especificaciones Por Norma p/Slurry Seal
Fuente: Bañón Blazquez Luis

La prueba de abrasión deberá ser ejecutada en el agregado original. El agregado deberá cumplir los valores pulidos aprobados por el Estado.

Granulometría. Cuando se ensayan de acuerdo al AASHTO T27 (ASTM C136) y AASHTO T11 (ASTM C117), el agregado (incluyendo filler mineral) deberá satisfacer la siguiente gradación:

TAMAÑO DE MALLA	TIPO I PORCENTAJE PASANTE	TIPO II PORCENTAJE PASANTE	TIPO III PORCENTAJE PASANTE	TOLERANCIA
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
#4 (4.75 mm)	100	90 - 100	70 - 90	± 5%
#8 (2.36 mm)	90 - 100	65 - 90	45 - 70	± 5%
#16 (1.18 mm)	65 - 90	45 - 70	28 - 50	± 5%
#30 (600 um)	40 - 65	30 - 50	19 - 34	± 5%
#50 (330 um)	25 - 42	18 - 30	12 - 25	± 4%
#100 (150 um)	15 - 30	10 - 21	7 - 18	± 3%
#200 (75 um)	10 - 20	5 - 15	5 - 15	± 2%

Tabla N° 23 Granulometría y Tolerancias p/Slurry Seal

Fuente: Herencia Wendy / 2009

Los materiales deberán cumplir los siguientes requerimientos:

COMPONENTE MATERIAL	LÍMITES
Emulsión Asfáltica Residual	10.0 a 16.0% (TIPO I), 7.5 a 13.5% (TIPO II), 6.5 a 12% (TIPO III) por peso en seco del agregado
Filler Mineral	0.5 a 2% por peso en seco del agregado
Aditivos	Según se necesite
Agua	Según se requiera para producir la consistencia correcta de la mezcla ISSA T 106
Arena Gruesa	Seleccionada de D ¾" y N°4

Tabla N° 24 Límites por Componentes de Slurry Seal

Fuente: Elaboración Propia

Dotación del Mantenimiento Convencional

Tratamiento Superficial Bicapa

El tipo de material y su respectiva gradación corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o será la que determine el Supervisor.

El tamaño nominal del agregado fue seleccionado por recomendaciones de acuerdo a diseño, por tratarse de un tránsito intenso se escogió agregados resistentes y de gradación tipo A para la primera capa y gradación C para la segunda capa.

Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

Tamiz	Porcentaje que pasa			
	Tipo de material			
	A	B	C	D
25.0 mm (1")	100	-	-	-
19.0 mm (¾")	90-100	100	-	-
12.5 mm (½")	10-45	90-100	100	-
9.5 mm (⅜")	0-15	20-55	90-100	100
6.3 mm (¼")	-	0-15	10-40	90-100
4.75 mm (N°4)	0-5	-	0-15	20-55
2.36 mm (N°8)	-	0-5	0-5	0-15
1.18 mm (N°16)	-	-	-	0-5

Tabla N° 25 Gradación para Tratamientos con Bicapa

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) – 2016

Para el diseño se utilizó el método del Asfalto ampliamente utilizado en los países latinoamericanos. Para la ejecución de los trabajos de Tratamiento Superficial Bicapa. De acuerdo a diseño realizado para la primera capa, fue determinada una tasa de aplicación de 1.6 lt/m² de asfalto modificado con polímeros y una tasa de 13 kg/m² de agregado.

Tasas de Aplicación de Tratamiento Superficial

Tratamiento Superficial (TSB)	Tasa de Aplicación	
	Ligante Asfáltico CRS-2 (Lt/m ²)	Agregado Pétreo (Kg/m ²)
Primera Capa	1.4	19
Segunda Capa	1.4	13

Tabla N° 26 Tasa de Aplicación de Bicapa

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) – 2016

Comparación de Investigación

Se detallará la comparación entre los tipos de mantenimiento de un pavimento flexible, utilizando el mortero slurry seal y el convencional aplicado en el Jr. D, haciendo una comparación del proceso constructivo de cada uno, comparación general de cada uno en cuadros, finalmente se llegará a la conclusión de la diferencia entre los costos de cada mantenimiento.

Procesos Constructivos

Procedimiento Constructivo utilizando el mortero Slurry Seal:

- Preparación de la Superficie: consiste que la superficie a tratar este pareja y nivelada, por lo que los baches deben estar reparados. En caso se utilice agua, se deberá dejar secar minuciosamente las grietas antes de aplicar el Slurry Seal.
- Tomar en cuenta la seguridad vial para tomar medidas en el control del tránsito, mediante señalizaciones, conos, las bocas de inspección, cajas de válvulas, tomas de aire y otras entradas de servicio deberán ser protegidas de la aplicación del Slurry Seal con algún método adecuado aprobado por supervisión y personal de vigilancia para evitar accidentes durante y después del trabajo.

- Verificación del Material: se tendrá que verificar que los materiales a emplear cumplan con las especificaciones técnicas respectivas.
- Emulsión: el tipo de emulsión deberá ser determinada de acuerdo al diseño realizado en laboratorio. Cumpliendo los requerimientos especificados en la ASTM 2397 o según NTP 321.141:2003 PETROLEO Y DERIVADOS.
- Agregado: el agregado mineral deberá ser el tipo y grado especificado para el uso particular del Slurry Seal, junto con granulometría específica.
- Elaboración y Evaluación del Mortero Asfáltico: Antes de comenzar el trabajo, el contratista deberá presentar un diseño de mezcla firmado que cubra los materiales que se utilizarán en el proyecto. Este diseño deberá ser de un laboratorio experimentado en Slurry Seal. Después de aprobado el diseño, ningún cambio será permitido, a menos que tenga la aprobación de la Supervisión.
- Limpieza de la Superficie: antes de aplicar el Slurry Seal, la superficie deberá estar limpia de todo exceso de polvo, material suelto, sedimento, vegetación y cualquier otro material objetable que pueda dificultar su aplicación, pueden emplearse métodos de limpieza con una compresora de aire y escobas.
- Riego de Agua: el agua a regar deberá ser potable y libre de nocivas sales solubles o químicos reactivos. El riego se emplea para ayudar a que la superficie a tratar adquiera una mejor adherencia al colocar el mortero Slurry Seal, con la ayuda de un camión cisterna para que el riego sea homogéneo, y con personal adecuado para evitar los posibles charcos de agua creados por el riego.
- Colocación del mortero Slurry Seal: ya teniendo la superficie a tratar previamente humedecida, la aplicación del mortero Slurry Seal deben colocarse los materiales en el camión esparcidor o camión Macropaver, a una velocidad de 4 a 6 Km/h para su homogénea colocación, el mortero deberá estar a una temperatura en el rango para la emulsión CSS-1 rotura lenta, será de 20 – 70 °C.

El Slurry Seal no deberá ser aplicado si la temperatura del pavimento ó la temperatura del aire está por debajo de 50°F(10°C) y disminuyendo, pero puede ser aplicado cuando ambas temperaturas, del pavimento y aire están por encima de 45°F(7°C) y en aumento.

- Apertura al Tráfico: una vez terminado el proceso de colocación del mortero Slurry Seal se espera un fraguado del mortero, con un clima a favor (soleado) tiene un fraguado de dos a tres horas y media y con clima nublado cuatro a cinco horas.

Después del fraguado con la ayuda del paso vehicular el mortero tendrá una compactación adecuada sin necesidad de rodillo neumático u otro tipo de maquinaria, el tráfico permitido en la superficie tratada deberá ser controlado y no superar los 30 a 40 Km/h.

Procedimiento Constructivo utilizando el mantenimiento convencional Bicapa:

- Superficie Existente: debe estar limpia, exenta de polvo, por lo que primeramente es necesario efectuar una inspección básicamente de la superficie, la cual debe estar pareja y nivelada, por los que los baches deben ser estar reparados y las grietas selladas.
- Verificar si presenta la impermeabilidad requerida, para evitar la excesiva penetración del ligante y una capacidad portante suficiente para el árido sea tratable.
- Verificar los materiales a emplear en obra, así como el personal que sea eficaz al ejecutar las tareas y evitar contratiempos.
- Tomar en cuenta la seguridad vial para tomar medidas en el control del tránsito, mediante señalizaciones, conos y personal de vigilancia para evitar accidentes durante y después del trabajo.
- Después de verificar que la superficie existente este apta, es necesario efectuar un barrido enérgico con maquina o compresora de aire para evitar agentes externos que puedan dificultar el proceso de los trabajos. e incluso aplicar un riego de imprimación si es que la capa no ha sido tratada con anterioridad.
- Aplicación del Ligante: la aplicación de la emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2 de acuerdo a la cantidad de las especificaciones establecidas, el riego se llevará a cabo mediante una regadora con barra distribuidora o manualmente mediante una bomba de riego manual, si se trata de áreas pequeñas, tiene que ser aplicado el ligante de forma homogénea y uniforme, colocándose previamente a temperatura 50C° y 85C° según norma (MTC. EG-2013).
- Extensión o Riego de Gravilla: el proceso se aplicara inmediatamente luego de colocar el ligante, para evitar que este, se enfríe. El árido se colocara en el pavimento

en la proporción previamente calculada mediante una maquina extendora o esparcidora de agregado, asegurando su uniformidad, con espesores de un centímetro y medio por capa.

- Compactación: debe realizarse preferentemente con compactadores o rodillos neumáticos lisos de alta presión, su ejecución deberá ser inmediatamente posterior al extendido, de forma que el ligante aún no se haya enfriado.
- Apertura al Tráfico: no es conveniente abrir el tramo tratado antes de un plazo razonable, lo normal es esperar veinticuatro horas para su apertura, de forma que el ligante adquiera cierta viscosidad que le permita retener los agregados. En todo caso puede permitirse la circulación a vehículos a bajas velocidades de 30 a 40 Km/h. las primeras horas para evitar que dañen el tratamiento superficial, ya que puede no tener la cohesión mínima necesaria para obtener la resistencia a un tráfico normal y fluido.

Análisis Comparativos de Agregados.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
Especificaciones p/ Diseño de Mezcla	Tabla N°09 y Tabla N° 10 Especificaciones P/ Diseño de mezcla Slurry Seal	Tabla N° 04 Agregados pétreos p/tratamiento superficial
Gradación de Agregados	Tabla N° 20 Rangos de gradación para Slurry Seal Tipo II. Norma	Tabla N°05 o N°22 Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales
Comparación de Dotación de Métodos	Tabla N° 21 Dotación p/ Slurry Seal	Tabla N° 23 Tasa de aplicación para tratamiento superficial

Tabla N° 27 Análisis Comparativos de Agregados

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Comparativo de Materiales.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
MATERIALES	Emulsión Asfáltica CSS 1hp	Ligante Asfáltico CRS-2 (Lt/m2)
	Arena gruesa seleccionada 3/8"	Agregado Pétreo o Gravilla P/Trat. Superficial (D 3/4" y N°4)
	Cemento portlan tipo I	
	Agua Potable	

Tabla N° 28 Análisis Comparativo de Materiales

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Comparativo de Equipos.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
EQUIPO	01 Camión Macropaver Slurry Seal	01 Camión Esparcidor de Agregados
	01 Motobombas de 2" a 4"	01 Rodillo Neumático Autop 81-100 HP 5.5 - 20 T
	01 Compresora de Aire de 250 PCM con manguera de 20 m.	01 Tractor de Tiro 80 HP
	01 Retroexcavadora	01 Compresora de Aire de 250 - 330 PCM, 87 HP
	01 Cisterna de agua de 4500 gln.	01 Camión o cisterna Imprimador 6x2 178 - 210 HP 1800 G
	01 Volquete	01 Volquete
	01 Tanque Est. Cisterna de 8 m3	

Tabla N° 29 Análisis Comparativo de Equipos

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Comparativo de Personal.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
PROFIONAL Y TÉCNICO DE OBRA	01 Residente de Obra	01 Residente de Obra
	01 Supervisor	01 Supervisor
	01 Supervisor de Seguridad	01 Supervisor de Seguridad
	01 Maestro de Obra	01 Maestro de Obra
	01 Técnico de Suelos	01 Técnico de Suelos
	01 Técnico encargado del control de Slurry Seal	
CAMPO	01 Chofer de Camión Macropaver Slurry Seal	01 Chofer de Camión Esparcidor
	01 Chofer de Cisterna	01 Operario de Rodillo Neumático
	01 Chofer de Volquete	01 Chofer de Volquete
	01 Operarios de Motobomba	01 Operario de Tractor de Tiro
	01 Operario de Compresora de Aire	01 Operario de Compresora de Aire
	01 Operario de Retroexcavadora	01 Operario de Camión Imprimador
	03 Guardianes	03 Guardianes
	15 Peones	15 Peones
	02 Oficiales	02 Oficiales

Tabla N° 30 Análisis Comparativo de Personal

Fuente: Elaboración Propia

Empresa:	SERVICIOS GENERALES DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN TITO E.I.R.L.							
Obra	EVALUACIÓN DE LOS ANALISIS DE COSTOS EN EL MANTENIMIENTO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, UTILIZANDO EL MORTERO SLURRY SEAL Y EL CONVENCIONAL APLICADO EN EL I.R. D. DE LA URB. LOS ALGARROBOS I ETAPA - PIURA							
Fecha:	17 MAYO 2017							
Cliente:	CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES VISAP S.A.C							
Ubicación:	PIURA							
Atención	Ing. Carlos Reyes Morante							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
1	PAVIMENTOS							
Código	Partida	Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial	Subtotal
1.1		SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACION DE SLURRY SEAL CON EQUIPOS (e = 10 cm)		Rendimiento	2,200.00	m2/dia	m2	10.89
		Materiales						5.86
		Emulsión Asfáltica CSS 1hp	Gln		0.6000	5.95	3.57	
		Arena gruesa seleccionada 3/8"	m3		0.0100	70.00	0.70	
		Cemento portlan tipo I	Bol		0.0700	22.20	1.55	
		Agua	Gln		0.5000	0.066	0.03	
		Mano de Obra						0.61
		Operario	HH	2.00	0.0218	16.00	0.35	
		Peón	HH	6.00	0.0218	12.00	0.26	
		Equipo						4.42
		Herramientas Manuales	%MO		5%	0.66	0.03	
		Camión Slurry Seal (Inc. Transporte)	HM	1.00	0.004	900.00	3.27	
		Motobomba de 2" a 4"	HM	1.00	0.003	9.50	0.03	
		Compresora de Aire de 250 PCM con manguera de 20 m.	HM	1.00	0.003	80.00	0.27	
		Retroexcavadora (Inc. Transporte)	HM	1.00	0.004	140.00	0.51	
		Cisterna de agua de 4500 gln (Inc Transporte)	HM	1.00	0.003	90.00	0.30	
		Nota: NO INCLUYE IGV. El precio es a todo costo incluye Movilización y desmovilización de equipos, eg y utilidad.						

Tabla N°31 Análisis de Precios Unitarios p/Tratamiento c/Slurry Seal

Fuente: Elaboración Propia

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Resumen de Datos y Comparación de Mantenimiento Superficial Para Pavimento Flexible del Jr. D.

	Método de Mantenimiento de Tratamiento Superficial	
	Mortero Slurry Seal	Mantenimiento Convencional (Tratamiento Suprf. Bicapa)
MATERIALES Y AGREGADOS	Emulsión Asfáltica CSS 1hp, Arena gruesa seleccionada 3/8", Cemento portland tipo I y Agua Potable	Ligante Asfáltico CRS-2, Agregado Pétreo o Gravilla P/Trat. Superficial (D 3/4" y N°4)
PROCESO CONSTRUCTIVO	Limpieza de la Superficie a tratar, Riego de Agua Potable y Aplicación de Slurry Seal.	Limpieza de la Superficie a Tratar, Aplicación del Ligante CRS-2, Extensión de Gravilla y Compactación
NORMA TÉCNICA	ISSA A-105 (ISSA – International Slurry Surfacing Asociation) y la Norma ASTM D-3910	Norma ASTM, Norma (MTC. EG-2013)
ASPECTO VISUAL	Uniformidad en la Capa de Slurry Seal y de un solo color oscuro	El extendido de del Agregado Pétreo o Gravilla algunas veces no es uniforme
TRANSITABILIDAD	Textura más rugosa protectora al desgaste, capa impermeable, superficie uniforme antiderrape	La gravilla desgasta levemente neumáticos, uniformidad en la superficie.

Tabla N° 33 Resumen de Datos y Comparación de Mantenimiento Superficial Para Pavimento Flexible del Jr. D

Fuente: Elaboración Propia

Después de hacer los respectivos análisis minuciosos de la comparación de los procesos constructivos de cada método de tratamiento superficial podemos dar como resultado lo mostrado en las tablas N°24 hasta la N°27 y con un detalle más a fondo, mostrado en la tabla N°28.

Teniendo en cuenta los costos de mantenimiento, de lo analizado se puede obtener el las diferencias entre cada método empleado para el tratamiento superficial, puesto que con esto obtendremos el más rentable para ser aplicado en el pavimento flexible del JR. D.

Como se puede apreciar en los cuadros comparativos podemos dar a conocer las diferencias entre cada método como:

Mantenimiento Bicapa	Mantenimiento Slurry Seal
El mantenimiento con bicapa cuenta con seguridad y control al tráfico.	El mantenimiento con Slurry Seal cuenta con seguridad y control al tráfico.
El mantenimiento con bicapa no cuenta con la aplicación de agua en la superficie a tratar.	El mantenimiento con Slurry Seal si cuenta con la aplicación de agua en la superficie a tratar, para que cuente con una mejor adherencia el mortero con el pavimento.
En la aplicación del mantenimiento con bicapa se emplean equipos como camión esparcidor de gravilla, camión imprimador y compactación con rodillo neumático.	En la aplicación del mantenimiento con el mortero Slurry Seal se emplean equipos como camión Macropaver Slurry Seal y no necesita de compactación.
Su apertura al tráfico no se recomienda que sea instantánea, sino después de un tiempo razonable o especificado en expediente, como puede ser después de las primeras veinticuatro horas.	Una vez terminado el proceso de colocación del mortero Slurry Seal, y haber esperado un tiempo de fraguado del mismo, que puede ser dependiendo al clima, entre unas dos a tres horas, después de esto, puede abrirse al tráfico.
Según informes e investigaciones podemos dar a conocer el tiempo de vida útil del pavimento al aplicar el método de mantenimiento superficial con bicapa es entre 4 a 5 años	El tiempo de vida útil brindado por el mortero Slurry Seal al pavimento es de 6 años.

Tabla N°34 Resumen Detallado por Método p/Tratamiento Superficial

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Al analizar los costos y procesos constructivos que muestra cada método de mantenimiento superficial, podemos ver las ventajas en tecnología y economía que puede proporcionar el mortero Slurry Seal como emulsión asfáltica al pavimento flexible a comparación del mantenimiento convencional. Debido a los insumos y equipos a emplear, el costo por metro cuadrado con el mortero Slurry Seal es de S/. 10.89/m² y el convencional es de S/. 14.99/m².
- Los Precios por metro cuadrado empleados en la investigación son de la región Piura.
- Los procesos constructivos de ambos métodos son similares, puesto que son sellos asfálticos, ya que una de las diferencias entre ellos son los equipos empleados en la aplicación, como es el camión Macropaver de Slurry Seal, ya que el mantenimiento con bicapa se emplea dos veces un camión esparcidor de gravilla y ligante, siendo la ejecución con Slurry Seal más rápida.
- Basado en informes e investigaciones, el tiempo de vida útil de la carpeta asfáltica con mantenimiento superficial empleando el mortero Slurry Seal, tiene un periodo de 6 a 7 años, a comparación del mantenimiento con bicapa, que es de 4 a 5 años.
- En el proceso constructivo con Slurry Seal, la apertura al tráfico es rápida, debido al tiempo de fraguado que necesita el mortero, que es de unas horas, con el cual no cuenta el tratamiento con bicapa, puesto que este necesita de un tiempo estimado de veinticuatro horas a más.
- El método con el mortero Slurry Seal tiene amplios usos de aplicación, como en sellado de grietas, impermeabilización aplicados en estructuras como depósitos o tanques, impermeabilización de techos o juntas de edificios frente a la acción erosionante del agua en movimiento.

RECOMENDACIONES

- Los mantenimientos viales deben ser realizados con un control de calidad de los materiales a emplearse y que cumplan con las normas y especificaciones técnicas, para evitar problemas y una mala ejecución de la obra.
- Se recomienda que los insumos empleados en ambos métodos, sean adquiridos en el sector, donde se ejecutara la obra, puesto que puede influir en el incremento de los costos, por transporte o movilización.
- Se recomienda que ambos métodos al aplicarlos, las superficies deben estar limpias, con una superficie lisa y compactada, para que al emplear cualquiera de los métodos de mantenimiento vial, este sea óptimo.
- Se debe disponer de personal totalmente capacitado para ejecutar las tareas designadas para los tratamientos superficiales así, no tener inconvenientes ni percances a la hora de la ejecución del proyecto.
- Se recomienda emplearse, en los mantenimientos viales, el mortero slurry seal, puesto que reduce el tiempo de deterioro y el costo de las carpetas asfálticas a comparación del método convencional.
- La apertura al tráfico en ambos métodos debe ser prudente y sugerir una velocidad que no exceda los 40 km/h, ya que en el caso del de mantenimiento con el método con Slurry Seal, el mortero se compacta con el paso del tráfico, a diferencia del mantenimiento con Bicapa el cual después de su compactación con rodillo neumático, se espera un fraguado de veinticuatro horas antes de su apertura al tráfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

15. Álvarez Dueñas, Byron Rubén (2011). “Uso De Los Morteros Asfálticos En Vías: Colocación Del Mortero Asfáltico Slurry Seal En La Vía La Armenia – Pacto Tramo Gualea Cruz – Pacto.”, “Universidad San Francisco De Quito –Ecuador”
16. Ambrosio Rosales, Stephanie (2015). “Informe Técnico Del Concreto Asfáltico”, “Universidad Peruana De Los Andes - Perú”
17. Dunque V. Gustavo (2002). “Pavimento Y Características De Los Pavimentos.”, “Escuela De Ingeniería De Antioquia – Colombia”
18. Dunque V. Gustavo (2002), “Ensayos Sobre Productos Asfálticos En Pavimentos, Problemas Más Frecuentes, Sus Causas Y Soluciones.”, “Escuela De Ingeniería De Antioquia – Colombia”
19. Herencia Wendy. (2009), “Slurry Seal”, “Tecnología De Los Materiales Tdm.”
20. Herencia Wendy. (2009), “Diseño De Slurry Seal Y Micropavimento Metodología Issa.”, “Tecnología De Los Materiales Tdm.” Carretera Nazca – Puquio.
21. Hurtado Torres Wilber. (2014), “Funciones Del Pavimento” Diseño De Pavimentos.
22. Monsalve Escobar Lina Mercedes. (2012), “Funciones De Las Capas De Un Pavimento Flexible.”, “Diseño De Pavimento Flexible Y Rígido” - Universidad Del Quindio - Armenia-Colombia.
23. Miranda Rebolledo Ricardo Javier. (2015) “Comparación De Costos Y Tecnología De Mantenimiento Utilizando Slurry Seal Y Mantenimiento Convencional En Un Pavimento Flexible.”, Universidad Privada Del Norte - Cajamarca.
24. Pequeño Otoyá Javier Andrés. (2010), “Deterioro En Pavimentos Flexibles Y Rígidos”, Universidad Austral De Chile – Valdivia- Chile.