

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Propuesta de empleo de diferentes tecnologías de capa de rodadura para pavimento flexible y en reforzamiento con diferentes tipos de sellado usando el equipo de riego con Slurry Seal y Micro pavimento de la Prefectura del Guayas”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

CASTRO LÓPEZ BRYAN JAVIER

ZAMBRANO OLIVARES SHARON NATHALY

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año – 2020

DEDICATORIA

Por su apoyo incondicional, su paciencia, confianza y optimismo dedico este trabajo de grado a mi madre.

Bryan Castro L.

A mi familia y en especial a padres que, a pesar de tener poco en nuestros inicios, me lo dieron todo, y quien soy justo ahora refleja el excelente trabajo de criar a una mujer de valores lista para afrontar el mundo. Esto es por y para ustedes.

Nathaly Zambrano O.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por todo su apoyo, a mi familia por ser un pilar fundamental de mi vida, mis compañeros de estudio que me ayudaron y aconsejaron durante todo este ciclo y mis amigos que con cariño siempre me motivaron a seguir adelante.

A nuestros tutores, el MSc. Eduardo Santos Baquerizo e Ing. Víctor Orozco por guiarnos durante esta investigación, a todos los docentes que impartieron sus conocimientos para nuestra formación académica y profesional.

Bryan Javier Castro López

AGRADECIMIENTOS

Gracias a quienes que, sin importar cuan risueña pero desmotivada podía lucir, aparecían prestos a brindarme un aliento cálido desde sus corazones que me impulsaba a jamás rendirme; por esto amigos e increíbles colegas, mis más sinceros agradecimientos.

Vale la pena también destacar el incomparable trabajo de todos nuestros docentes politécnicos, este es el inicio de otro de sus legados.

Sharon Nathaly Zambrano Olivares

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Bryan Javier Castro López* y *Sharon Nathaly Zambrano Olivares* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Bryan Javier Castro López

Sharon Nathaly Zambrano
Olivares

EVALUADORES

.....
Ing. Davide Besenzon Venegas
PROFESOR DE LA MATERIA

.....
MSc. Eduardo Alberto Santos Baquerizo
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Debido a la necesidad de optimizar recursos se propone la implementación de nuevas tecnologías de mantenimiento de las carreteras a cargo del Gobierno Provincial del Guayas. Este proyecto toma como base el equipo de riego ubicado en las instalaciones de dicha entidad para evaluar su futura refacción y utilización en los proyectos de preservación de vías de segundo y tercer orden. Por ello se propone el sellado de grietas superficiales con lechada asfáltica (Slurry Seal), que aporta con propiedades tanto resistentes como impermeabilizantes a la capa de rodadura, y que además fueron verificadas mediante ensayos de laboratorio y los lineamientos de la normativa ISSA. En los últimos capítulos se evalúa el impacto económico y ambiental que destaca este tratamiento preventivo sobre tratamientos superficiales convencionales que se ejecutan en la actualidad. Finalmente se expondrán las conclusiones y recomendaciones que, dado a los aprendizajes obtenidos a lo largo del desarrollo de esta tesis, brindarán a futuros colegas el deseo de implementar tal tecnología de mantenimiento en proyectos a gran escala.

Palabras Clave: Slurry Seal, equipo de riego, grietas superficiales, tratamiento preventivo, ISSA (International Slurry Surfacing Association)

ABSTRACT

Due to the need to optimize resources, the implementation of new road maintenance technologies is proposed by the Provincial Government of Guayas. This project is based on the irrigation equipment located in the facilities of said entity to evaluate its future repair and use in the preservation projects of second and third order roads. For this reason, the sealing of superficial cracks with asphalt grout (Slurry Seal) is proposed, which provides both resistant and waterproofing properties to the tread layer, and which were also verified by laboratory tests and the guidelines of the ISSA regulations. The last chapters evaluate the economic and environmental impact that this preventive treatment stands out over conventional surface treatments that are currently being carried out. Finally, the conclusions and recommendations will be presented that, given the lessons learned throughout the development of this thesis, will provide future colleagues with the desire to implement such maintenance technology in large-scale projects.

Keywords: Slurry Seal, irrigation equipment, superficial cracks, preventive treatment, ISSA (International Slurry Surfacing Association)

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARACIÓN EXPRESA.....	V
EVALUADORES	VI
RESUMEN	1
<i>ABSTRACT</i>	2
ÍNDICE GENERAL	3
ABREVIATURAS	10
SIMBOLOGÍA.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
INDICE DE APÉNDICES.....	19
ÍNDICE DE GRÁFICAS	20
CAPÍTULO 1	21
1. Introducción	21
1.1 Antecedentes	22
1.2 Descripción del problema.....	22
1.3 Justificación del problema.....	22
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo General.....	23
1.4.2 Objetivos Específicos.....	23
1.5 Información relacionada al área de estudio.....	23
1.5.1 Ubicación geográfica	23

1.5.2	Población	24
1.5.3	Clima.....	24
1.6	Fundamentación teórica	24
1.6.1	Lechadas Asfálticas (Slurry Seal)	24
1.6.2	Diseño de lechada asfáltica (Slurry Seal)	26
1.6.3	Prueba de mezclado	26
1.6.4	Ensayo de consistencia	28
1.6.5	Ensayo de abrasión	29
1.6.6	Ensayo de adhesión de arena (rueda cargada).....	31
CAPÍTULO 2		33
2	METODOLOGÍA	33
2.1	Tipos de pavimento en vías y carreteras.....	33
2.1.1	Pavimento Flexible	33
2.1.1.1	Definición	33
2.1.1.2	Tipos de asfaltos como ligantes	33
2.1.1.3	Capas de un pavimento flexible	34
2.1.1.4	Sub-base de pavimento flexible	35
2.1.1.5	Base de pavimento flexible	36
2.1.1.6	Capa de rodadura de pavimento flexible.....	36
2.1.2	Pavimento Rígido	37
2.1.2.1	Sub-base de pavimento rígido	37
2.1.2.2	Base de un pavimento rígido.....	38
2.1.2.3	Capa de rodadura de un pavimento rígido	38
2.2	Fallas en carpeta asfáltica.....	38
2.2.1	Fisuras y grietas	38
2.2.1.1	Piel de cocodrilo	38

2.2.1.2	Fisuras transversales y longitudinales.....	39
2.2.1.3	Fisuras en bloque.....	40
2.2.1.4	Fisuras por reflexión de juntas	41
2.2.1.5	Fisuras en arco	42
2.2.2.1	Ahuellamiento	43
2.2.2.2	Corrimiento.....	43
2.2.2.3	Corrugación.....	44
2.2.2.4	Hundimiento	45
2.2.2.5	Hinchamiento	46
2.2.3.1	Bache	47
2.2.3.2	Peladura.....	47
2.2.3.3	Desintegración de bordes	48
2.2.4.1	Exudación de asfalto	49
2.2.4.2	Parchado y reparaciones de servicios públicos	50
2.3	Sellado de capa de rodadura con Slurry Seal II	51
2.3.1	Antecedentes.....	51
2.3.2	Componentes	52
2.3.3	Emulsiones Asfálticas.....	53
2.3.4	Relleno mineral y Aditivos.....	54
2.3.5	Agua	55
2.3.6	Aplicaciones.....	55
2.3.7	Proceso constructivo.....	57
2.3.7.1	Equipo de Riego Slurry	58
	2.3.7.1.1 Especificaciones del equipo	59
2.3.7.2	Costos de maquinaria.....	65
2.3.7.3	Costos de mano de obra	66

2.3.7.4	Costos en materiales	67
2.3.8	Costo de equipos.....	67
2.3.9	Costo de mano de obra	68
2.3.10	Costo de materiales.....	68
2.4	Sellado con micropavimento	69
2.4.1	Antecedentes.....	69
2.4.2	Tipos de micropavimentos.....	69
2.4.3	Especificaciones de los ensayos	70
2.4.4	Granulometría.....	72
2.4.5	Aplicación	73
2.5	Tratamiento Superficial por Bacheo	74
2.5.1	Equipamiento necesario	74
2.5.2	Proceso constructivo generalizado.....	75
2.5.3	Especificaciones técnicas.....	75
2.5.4	Ventajas de uso	76
2.6	Parámetros cuantificadores.....	77
2.6.1	Descripción de las alternativas	77
2.6.1.1	Alternativa A.....	77
2.6.1.2	Alternativa B.....	78
2.6.1.3	Alternativa C.....	78
2.6.2	Selección de alternativa Óptima	78
CAPÍTULO 3		80
3	DISEÑO Y VERIFICACIONES	80
3.1	Criterios de diseño en laboratorio para Slurry Seal.....	80
3.1.1	Límite por ensayo de abrasión.....	80
3.1.2	Límite por adhesión de arena	81

3.1.3	Contenido óptimo de emulsión asfáltica	83
3.2	Criterios de diseño en laboratorio para Micro Pavimento	85
3.2.1	Límite por ensayo de abrasión	85
3.2.2	Límite por adhesión de arena	86
3.2.3	Contenido óptimo de emulsión asfáltica	87
CAPÍTULO 4		89
4	Evaluación de Impacto Ambiental.....	89
4.1	Objetivos	89
4.1.1	General.....	89
4.1.2	Específicos	89
4.2	Descripción del proyecto	89
4.3	Línea base ambiental	90
4.3.1	Clima.....	91
4.3.2	Suelo.....	93
4.3.3	Calidad del aire	94
4.3.4	Nivel de ruido.....	95
4.3.5	Flora y Fauna local	96
4.3.6	Nivel de empleo	98
4.4	Actividades del proyecto	98
4.5	Identificación cualitativa de impactos ambientales	99
4.5.1	Impactos producidos por la actividad de explotación de canteras	100
4.5.2	Impactos producidos por la actividad de transporte de material	101
4.5.3	Impactos producidos por la actividad de acopio de material.....	101
4.5.4	Impactos producidos por la actividad de elaboración de lechada asfáltica	102
4.5.5	Impactos producidos por la actividad de imprimación y compactación	103

4.6	Valoración de impactos ambientales.....	103
4.7	Matrices de Valoración de Impacto Ambiental	107
4.8	Plan de manejo ambiental: medidas de mitigación	111
4.9	Conclusiones.....	112
CAPÍTULO 5		115
5	Presupuesto.....	115
5.1	Descripción de rubros	115
5.1.1	Rubros de mantenimiento vial	115
5.2	Análisis de costos unitarios	120
5.2.1	Análisis de precios unitarios para limpieza de cunetas no revestidas .	120
5.2.2	Análisis de precios unitarios para imprimación asfáltica.....	121
5.2.3	Análisis de precios unitarios para bacheo asfáltico	122
5.2.4	Análisis de precios unitarios para Slurry Seal II.....	123
5.2.5	Análisis de precios unitarios para Micropavimento	124
5.3	Descripción de cantidades de obra	125
5.3.1	Presupuesto de mantenimiento preventivo con sello Slurry	126
5.3.2	Presupuesto de tratamiento superficial por bacheo.....	127
5.4	Proceso Constructivo	128
5.5	Cronograma de Proyecto	129
5.5.1	Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).....	129
5.5.2	Diagrama de Gantt	131
5.6	Cronograma valorado de obra.....	133
5.7	Discusión de costos	136
5.7.1	Comparación de análisis de precios unitarios.....	136
5.7.2	Comparación de presupuestos	137
CAPÍTULO 6		139

6	Conclusiones Y Recomendaciones	139
6.1	Conclusiones.....	139
6.2	Recomendaciones.....	141
	BIBLIOGRAFÍA	142
	APÉNDICE	145

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de ingeniería en Ciencias de la Tierra
ISSA	International Slurry Surfacing Association
ASSHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
TPD	Tránsito Promedio Diario
NSSA	National Slurry Seal Association
CBR	California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California
MOP	Ministerio de Obras Públicas
VIA	Valoración de Índice Ambiental

SIMBOLOGÍA

SS-1	Emulsión Aniónica Rompimiento Lento
SS-1h	Emulsión Aniónica Rompimiento Lento
QS-1h	Emulsión Aniónica Rompimiento Controlado
CSS-1h	Emulsión Catiónica Rompimiento Lento
CQS-1h	Emulsión Catiónica Rompimiento Controlado
Ai	Área de incidencia (ensayo rueda cargada)
Wi	Peso mezcla inicial
Wt	Peso mezcla final
Waf	Peso final con arena adherida después de 100 ciclos
Wai	Peso de adhesión inicial sin arena luego de los 1000 ciclos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.5.1 Delimitación geográfica de la Provincia del Guayas. Fuente: Google Earth.	23
Figura 1.6.1 Prueba de mezclado. Fuente: propia.	27
Figura 1.6.2 Prueba del cono. Fuente: propia.	29
Figura 1.6.3 Ensayo de abrasión durante 6 minutos. Fuente: Propia.	30
Figura 1.6-4 Peso inicial luego de los 1000 ciclos. Fuente: propia.	32
Figura 1.6.5 Muestra luego de los 100 ciclos para peso final. Fuente: propia.	32
Figura 2.1.1 Sección transversal de pavimento flexible Fuente: Cámara Nacional del Cemento (México, 2008)	35
Figura 2.1.2 Sección transversal de un pavimento rígido. Fuente: Cámara Nacional del Cemento (México, 2008).	37
Figura 2.2.1 Fisura Piel de cocodrilo. Fuente: (Fallas en pavimento flexible, 2014)	39
Figura 2.2.2 Fisuras transversales y longitudinales. Fuente: (Grupo Técnico- Convenio 587-03, 2006).	40
Figura 2.2.3 Fisura en bloque. Fuente: (Corredor & Corros, 2010)	41
Figura 2.2.4 Fisuras por reflexión de juntas. Fuente: (Tipos de causas, niveles de severidad y procedimientos de reparación en fallas en pavimentos asfálticos, 2008).	41
Figura 2.2.5 Fisura en arco. Fuente: (Grupo Técnico- Convenio 587-03, 2006) ...	42
Figura 2.2.6 Fisura por ahuellamiento. Fuente: (Rondón 2012).	43
Figura 2.2.7 Fisura por corrimiento. Fuente: (Coronado, 2000)	44
Figura 2.2.8 Fisura por corrugación. Fuente: (Fallas en pavimento flexible, 2014).	45
Figura 2.2.9 Fisura por hundimiento. Fuente: (Grupo Técnico- Convenio 587-03, 2006).	45
Figura 2.2.10 Fisura por hinchamiento. Fuente: (Departamento de administración y evaluación de pavimentos- Dirección general de reglamentos y sistemas, 2016)	46

Figura 2.2.11 Fisura de bache. Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles,2006).	47
Figura 2.2.12 Falla por peladura. Fuente: (Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla, 2009).	48
Figura 2.2.13 Fisura en bordes. Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006).	49
Figura 2.2.14 Exudación de asfalto. Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006).	50
Figura 2.2.15 Parchado. Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006).	51
Figura 4.3.1 Mapa de tipos de clima de la Provincial del Guayas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.	92
Figura 4.3.2 Manglares Churute. Fuente: GoRaymi.	96
Figura 4.3.3 Fauna representativa de la Reserva Manglares Churute. Fuente: (Universidad Central del Ecuador Sede Galápagos,2014).	97
Figura 5.5.1 EDT para el tratamiento preventivo de sellado con Slurry Seal. Fuente: propia.	129
Ilustración 5.5.2 EDT para el tratamiento superficial por bacheo asfáltico (e=2”). Fuente: propia.	130
Figura 5.5.3 EDT para el tratamiento preventivo de sellado con micro pavimento. Fuente: propia.	130
Figura 5.5.4 Diagrama de Gantt para tratamiento con Slurry Seal tipo II. Fuente: propia.	131
Figura 5.5.5 Diagrama de Gantt para tratamiento con bacheo asfáltico. Fuente: propia.	131
Figura 5.5.6 Diagrama de Gantt para tratamiento con micro pavimento. Fuente: propia.	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.6.1 Selección del tipo de sello según el TPD. Fuente: Guía de laboratorio de Slurry Seal.	25
Tabla 1.6.2 Materiales componentes de los sellos de lechada asfáltica. Fuente: Guía de laboratorio de Slurry Seal.....	26
Tabla 2.1.1 Porcentaje en peso que pasante de tamices malla cuadrada para sub-base. Fuente: MOP – 001 – F, 2002	35
Tabla 2.1.2 Granulometría de agregados para base de pavimento flexible. Fuente: MOP - 001 - F, 2002.....	36
Tabla 2.3.1Resumen de componentes para sello Slurry Seal. Fuente: (Cuadro adecuado de “Guía para Slurry en laboratorio”)	52
Tabla 2.3.2 Especificaciones para emulsiones catiónicas, utilizadas en la construcción de sellos de lechada asfáltica. Fuente: ISSA.....	53
Tabla 2.3.3 Especificaciones para emulsiones aniónicas, utilizadas en la construcción de sellos de lechada asfáltica	54
Tabla 2.3.4 Sistema de agregados Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	59
Tabla 2.3.5 Sistema de emulsión. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	60
Tabla 2.3.6 Sistema de aditivo líquido. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	60
Tabla 2.3.7 Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015).....	61
Tabla 2.3.8 Sistema de agua. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	61

Tabla 2.3.9 Sistema de mezclado. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	62
Tabla 2.3.10 Fuente: Sistema hidráulico. (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	63
Tabla 2.3.11 Plataforma de operación y control. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	63
Tabla 2.3.12 Equipos opcionales. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)	64
Tabla 2.3.13 Costos de equipos por sellado con Slurry Seal II	66
Tabla 2.3.14 Costos de mano de obra por sellado con Slurry Seal II.	66
Tabla 2.3.15 Costos de materiales por sellado con Slurry Seal II.	67
Tabla 2.4.1 Tratamientos superficiales acorde al tráfico. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)	70
Tabla 2.4.2 Especificaciones para ensayos de caracterización de agregados. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)	71
Tabla 2.4.3 Especificaciones para ensayos de caracterización de agregados. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)	71
Tabla 2.4.4 Especificaciones para ensayos de diseño de mezcla. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)	72
Tabla 2.4.5 Especificaciones de tipos de granulometrías acorde al tamaño del tamiz. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)	73
Tabla 2.4.6 Ritmo de aplicación sugerido para los tipos de agregados. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010).	74
Tabla 2.5-2.5.1 Porcentaje en peso que pasante de tamices malla cuadrada en base Fuente: MOP – 001 – F, 2002	76

Tabla 3.1.1 Factores de corrección para correlación a C -100. Fuente: ISSA No. 100	81
Tabla 3.1.2 Verificación de pérdida de abrasión en laboratorio. Fuente: propia.	81
Tabla 3.1.3 Verificación de adhesión de arena en laboratorio. Fuente: propia.	82
Tabla 3.1.4 Dosificaciones de Slurry Seal ensayados en laboratorio.	84
Tabla 3.2.1 Dosificaciones de Micro pavimento ensayados en laboratorio (abrasión). Fuente: (Guilcapi & Santamaria, 2012)	86
Tabla 3.2.2 Dosificaciones de Micro pavimento ensayados en laboratorio (rueda cargada). Fuente: (Guilcapi & Santamaria, 2012).	86
Tabla 4.3.2-4.3.1 Descripción geomorfológica de los suelos en los cantones de la Provincia del Guayas. Fuente: SNI Ecuador.	93
Tabla 4.3.2 Población empleada en la Provincia del Guayas. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010)	98
Tabla 4.4.1. Transporte de Material desde la cantera Yolán hacia vías de II orden en el cantón El Empalme. Fuente: Prefectura del Guayas.	99
Tabla 4.5.1 Impactos producidos por la actividad de explotación de carreteras. Fuente: propia.	100
Tabla 4.5.2 Impactos producidos por la actividad de transporte de material. Fuente: propia.	101
Tabla 4.5.3 Impactos producidos por la actividad de de acopio de material. Fuente: propia.	101
Tabla 4.5.4 Impactos producidos por la actividad de elaboración de lechada asfáltica. Fuente: propia.	102
Tabla 4.5.5 Impactos producidos por la actividad de imprimación y compactación. Fuente: propia.	103
Tabla 4.6.1 Valores de extensión del impacto. Fuente: CADs-ESPOL, 2010.	104
Tabla 4.6.2 Valores de duración del impacto. Fuente: CADs-ESPOL, 2010.	104
Tabla 4.6.3 Valores de magnitud del impacto. Fuente: propia.	105
Tabla 4.6.4 Valores de reversibilidad del impacto. Fuente: CADs-ESPOL, 2010.	105
Tabla 4.6.5 Valores de probabilidad del suceso. Fuente: CADs-ESPOL, 2010.	105
Tabla 4.6.6 Valores de factores para cálculo de VIA. Fuente: propia.	106

Tabla 4.6.7 Significancia del impacto. Fuente: CADS-ESPOL, 2010.	106
Tabla 4.7.1 Carácter del impacto. Fuente: propia.	107
Tabla 4.7.2 Intensidad del impacto. Fuente: propia.	107
Tabla 4.7.3 Extensión del impacto. Fuente: propia.	108
Tabla 4.7.4 Duración del impacto. Fuente: propia.	108
Tabla 4.7.5 Magnitud del impacto. Fuente: propia.	109
Tabla 4.7.6 Reversibilidad del impacto. Fuente: propia.	109
Tabla 4.7.7 Riesgo o probabilidad del suceso. Fuente: propia.	110
Tabla 4.7.8 Matriz de Valoración de Índice Ambiental (VIA). Fuente: propia.	110
Tabla 4.7.9 Significancia del impacto. Fuente: propia.	111
Tabla 4.8.1 Medidas de Mitigación por impacto. Fuente: propia.	112
Tabla 5.2.1 Análisis de precios unitarios; remoción de carpeta asfáltica e=2”(inc. desalojo). Fuente: Gobierno Provincial del Guayas.	120
Tabla 5.2.2 Análisis de precios unitarios; imprimación asfáltica para bacheo.	121
Tabla 5.2.3 Análisis de precios unitarios; bacheo asfáltico para carpeta de 2”. Fuente: Gobierno Provincial del Guayas.	122
Tabla 5.2.4 Análisis de precios unitarios; sellado con Slurry Seal II. Fuente: propia.	123
Tabla 5.2.5 Análisis de precios unitarios; sellado con Micropavimento. Fuente: propia.	124
Tabla 5.3.1 Informe de tramos pavimentados en El Empalme. Fuente: Gobierno Provincial del Guayas.	125
Tabla 5.3.2 Porcentaje de áreas de trabajo propuesta para cada rubro. Fuente: propia.	126
Tabla.5.3.3 Presupuestos de sellado con Slurry Seal II. Fuente: propia.	127
Tabla 5.3.4 Presupuestos de tratamiento superficial por bacheo. Fuente: propia.	127
Tabla 5.3.5 Presupuestos de sellado con Micro pavimento. Fuente: propia.	128
Tabla 5.6.1 Cronograma valorado de obra para mantenimiento Slurry Seal II. Fuente: propia.	133
Tabla 5.6.2 Cronograma valorado de obra para mantenimiento con Micro pavimento. Fuente: propia.	134

Tabla 5.6.3Cronograma valorado de obra para mantenimiento por Bacheo asfáltico. Fuente: propia.135
Tabla 5.7.1Comparación de costo por precios unitarios. Fuente: propia. 136

INDICE DE APÉNDICES

**Apéndice 1. Especificaciones técnicas del equipo de riego Bergkamp M210.
Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS
ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015).....145**

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1.1 Contenido óptimo de emulsión asfáltica para Slurry Seal II. Fuente: propia.	83
Gráfica 3.2.1 Contenido óptimo de emulsión asfáltica para micro pavimento. Fuente: propia.	87

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento y reparación de capa de rodadura de vías de segundo y tercer orden son actividades necesarias para la satisfacción de los usuarios, estas no se pueden evitar ni aplazar debido al desgaste superficial que tienen todos los elementos y sistemas estructurales causadas por las cargas a las que son expuestas. Cabe recalcar que existen múltiples factores que aportan al deterioro de los materiales superficiales como sus métodos constructivos, estado de los materiales, agentes externos vinculados con el clima, entre otros, pero para controlar las fracturas no profundas existen distintos materiales y procedimientos a seguir (Attoh-Okine & Ayenu-Prah, 2008).

El Slurry Seal o micro pavimento se refiere a la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica modificada con o sin polímero, agregado mineral triturado y relleno, agua y un aditivo para controlar el endurecimiento (Labi et al., 2007). Es un material que sella grietas superficiales, detiene la desintegración y aporta propiedades antideslizantes lo que implica mayor seguridad y eficacia, también posee propiedades impermeabilizantes (Barrionuevo, 2012).

La demanda por refacciones en vías rurales suele ser alta por la baja calidad en el diseño y el pobre mantenimiento que se le da a este tipo de caminos de segundo o tercer orden. El comercio suele ser un factor determinante en los cantones del Guayas por lo que los vehículos tienen grandes cargas y esto daña más al pavimento de lo que tenía previsto según el diseño. El mantenimiento estándar que se da en estas condiciones son un bacheo simple pero que representa una solución ineficiente debido a la frecuencia que se solita asistencia por parte de los usuarios, por lo que se requieren nuevos métodos o tecnologías que ayuden a la longevidad de la vía reduciendo costos y optimizando recursos.

Entre la maquinaria a disposición del Gobierno Provincial del Guayas se cuenta con un equipo de riego de micro agregados de alta tecnología de mezclado que puede representar menores costos de proyecto y optimización de tiempo y recursos, sin dejar de lado la vida útil de una carretera utilizando esta maquinaria junto con lechadas

asfálticas que según estudios han logrado obtener vidas útiles de hasta 15 años empleando este proceso como tratamiento preventivo(Villavicencio Cristian, 2013).

1.1 Antecedentes

Actualmente la Prefectura del Guayas está a cargo de la realización bacheos y colocación de carpeta asfáltica en los ciertos cantones del Guayas como Nobol, Marcelino Maridueña y Naranjito utilizando los equipos y maquinarias a disposición de la prefectura. Cuentan con un equipo de riego que está inhabilitado por el momento pero que esperan sacarle provecho para agilizar los procesos y optimizar las actividades en obra. Se busca una mejor eficiencia a la hora de entregar los productos y ofrecer alterativas de mantenimiento más amigables con el medio ambiente y económicas.

1.2 Descripción del problema

El Gobierno Provincial esta encargada del mantenimiento y refacciones de las vías rurales de los cantones de la provincia del Guayas, lamentablemente no pueden optimizar el uso de maquinarias en respuesta de las peticiones por parte de los usuarios. Esto genera acumulación de quejas y entorpece los procesos o trabajos que se deben realizar como la pavimentación de otras calles, esto es causado debido al daño constante que presentan las carpetas asfálticas, por un indebido tratamiento preventivo dejando que esta se desgaste comprometiendo a la estructura.

1.3 Justificación del problema

Es muy común que los tratamientos que se realizan en las carreteras no son los adecuados debido el momento y tipo de falla y es por esto por lo que se gastan recursos en exceso y que no necesariamente representa la mejor respuesta al desgaste de la superficie vial. Los rubros empleados para el mantenimiento o refacción implican bacheo justamente por la tardía intervención que se les da a estas vías rurales y de tercer orden.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar los diferentes tipos de mantenimiento para pavimento flexible utilizando equipo de riego de Slurry Seal y Micro pavimento en las vías rurales a cargo de la Prefectura del Guayas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características del Slurry Seal y Micro pavimento por medio de ensayos de laboratorio para comprobar la calidad del material.
- Revisar el impacto económico del uso de Slurry Seal y Micro pavimento en comparación a los métodos tradicionales de mantenimiento.
- Determinar el periodo adecuado para la aplicación del Slurry Seal y Micro pavimento ante los daños superficiales.

1.5 Información relacionada al área de estudio

1.5.1 Ubicación geográfica

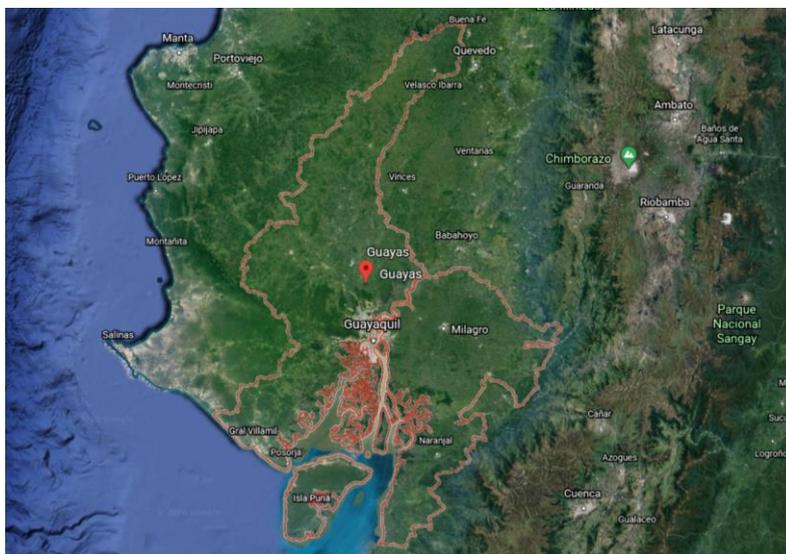


Figura 1.5.1 Delimitación geográfica de la Provincia del Guayas. Fuente: Google Earth.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas actualmente se encuentra realizando obras en cantones como: Marcelino Maridueña, Naranjito, El Empalme, Nobol, entre otros. Es así como se tomará en consideración ciertos

sectores rurales en los que se están gestionando proyectos de mantenimiento y reparación vial.

1.5.2 Población

Según los resultados del Instituto Nacional de Estadística y Censos sobre la población y vivienda en Ecuador realizado en el año 2010, la provincia del Guayas está compuesta por 3.645.483 habitantes, siendo aproximadamente un 25 % de la población de la república ecuatoriana. (INEC, 2010)

1.5.3 Clima

El clima de la provincia de Guayas es de sabana y monzón tropical, con altas temperaturas durante la mayor parte del año. Cerca de las aguas termales, la evaporación es mayor que la precipitación, lo que hace que el área sea seca y casi desértica. La temperatura media anual es de unos 25 ° C. Como otras regiones del Ecuador, la provincia tiene dos estaciones: invierno o temporada de lluvias, aproximadamente de enero a mayo. Y el verano o temporada seca de junio a diciembre. (*Ecuador - Guía virtual de turismo accesible*, 2017)

1.6 Fundamentación teórica

1.6.1 Lechadas Asfálticas (Slurry Seal)

Los sellos de lechada asfáltica son una mezcla de agregado fino, emulsión asfáltica que puede ser de rompimiento lento “SS” o rompimiento controlado “QS” para fines de ensayos de laboratorio y diseño óptimo de porcentaje y adicionalmente se coloca agua. Esta combinación genera una consistencia cremosa y sirve como tratamiento preventivo que puede ser utilizado en calles y carreteras, para alargar la vida útil de la misma y mejorar la experiencia de los usuarios reduciendo daños prolongados o profundos y limitando los daños al medio ambiente(Mónica & Andrea, 2016).

Estos sellos de lechada se clasifican en Tipo I, II y III dependiendo del uso que se les quiera dar y sus diferencias yacen en el agregado de la mezcla:

- Tipo I: pasando 2.36 mm, tamiz N°8

- Tipo II: pasando 4.75 mm, tamiz N°4
- Tipo III: pasando 9.5 mm, tamiz N°3/8

Evidentemente la aplicación de cada tipo de lechada se vincula con el tránsito promedio diario que circula por dicha calle o carretera para asegurar un buen rendimiento sin desprendimientos prematuros.

Tabla 1.6.1 Selección del tipo de sello según el TPD. Fuente: Guía de laboratorio de Slurry Seal.

z	Descripción	TPD (Tránsito Promedio Diario)
Tipo I	Áreas de parqueos Vías urbanas y residenciales Pistas de aterrizaje en aeropuertos	< 10 000
Tipo II	Vías urbanas y residenciales Pistas de aterrizaje en aeropuertos	10 000 a 25 000
Tipo III	Rutas interurbanas y primarias	> 25 000

Es muy común utilizar el Slurry Seal Tipo I y II por su ventana de aplicación desde parqueaderos hasta vías moderadas mientras que el Tipo III se usa muy poco en nuestro país y se recomienda tomarlo en consideración para vías donde predomine vehículo de diseño pesado mayormente como camino a sectores industriales. A continuación, en la Tabla 1.2 se muestra los componentes básicos para fabricar una mezcla para sellos de Slurry Seal que tendrán que ser ensayados hasta encontrar el equilibrio más adecuado.

Tabla 1.6.2 Materiales componentes de los sellos de lechada asfáltica. Fuente: Guía de laboratorio de Slurry Seal.

Materiales componentes	Límites de especificación
Emulsión asfáltica	Tipo I: (16,5 - 26,4) % Tipo II: (12,4 - 22,3) % Tipo III: (10,7 - 19,8) % (sobre peso de agregado seco)
Asfalto residual	Tipo I: (10 - 16) % Tipo II: (7,55 - 13) % Tipo III: (6,5 - 19,8) % (sobre peso de agregado seco)
Relleno mineral	0 % a 3,0 % (sobre peso de agregado seco)
Aditivos	Lo que se requiera
Agua	Lo que se requiera para alcanzar una buena consistencia de la mezcla

1.6.2 Diseño de lechada asfáltica (Slurry Seal)

Se toma en consideración el cisco de la cantera donde se extrae el directamente el material para determinar los porcentajes de asfalto en la emulsión que se va a utilizar durante los ensayos. Para determinar los porcentajes óptimos de emulsión asfálticas se realizan 4 ensayos representativos siendo los de abrasión y cono cargados los que determinaran el rango permisible de porcentaje de emulsión.

1.6.3 Prueba de mezclado

Esta prueba se la realiza inicialmente para revisar la composición de la mezcla una vez esta ha sido colocada con sus respectivos porcentajes. Inicialmente para este tipo de Slurry Tipo II se considerará valores entre 28% a 30% entre emulsión asfáltica y agua (líquidos) además del material filler y el cisco (agregados) pasante del tamiz N°4 (Rd et al., 2010).

Norma

ISSA A105

Procedimiento

- Se colocan 100g del agregado en un vaso de plástico y se define el porcentaje que se va a atribuir al agua y emulsión.
- Agregar 1 gr de material fino (cemento) que constituye como el filler de la mezcla.
- Añadir el porcentaje de agua que puede ser entre 13 – 15 % del material granular, y homogeneizar la mezcla del vaso para que la emulsión al ser colocada entre en contacto tantos con los granos como el agua.
- Poner el porcentaje de emulsión asfáltica en el vaso y revolver la mezcla con una cuchara de manera constante durante 180 segundos hasta 300 segundos. Esto se lo hace para verificar que la mezcla no se endurece rápidamente y si es trabajable para realizar los ensayos.
- Una vez cumplido los 300 segundos de agitación se procede a realizar los otros ensayos que ayudaran al diseño definitivo del Slurry.



Figura 1.6.1 Prueba de mezclado. Fuente: propia.

1.6.4 Ensayo de consistencia

Este ensayo determina la cantidad ideal de agua que debe poseer el mortero asfáltico para que tenga un adecuado comportamiento al ser aplicado sobre la carretera en tratamiento.

Norma

La norma por seguir para realizar el ensayo de consistencia de la lechada asfáltica es la ISSA TB 106.

Procedimiento

- Se colocan 400g del agregado en un recipiente y se utilizan los porcentajes definidos para el ensayo de tiempo de mezclado que cumplió con los 300 segundos.
- Agregar 4 gr de material fino (cemento) que constituye como el filler de la mezcla.
- Añadir el porcentaje de agua (60 gramos) que puede ser entre 13 – 15 % del material granular, y homogeneizar la mezcla del recipiente para que la emulsión al ser colocada entre en contacto tanto con los granos como el agua.
- Poner el porcentaje de emulsión asfáltica y mezclarlo en el recipiente ya homogeneizado durante máximo 180 segundos para evitar que se ponga muy cremoso (56g).
- Verter la mezcla en el cono que debe estar alineado con el centro de la hoja impresa de escala de flujo sin tardar mucho tiempo y cuando esté lleno retirarlo y dejar que la mezcla fluya sobre la base graduada hasta que se detenga
- La fluencia alcanzada por la mezcla se mide en 4 puntos de la escala de círculos de la base graduada, separados entre sí 90°, y con una aproximación de 0.25 cm.



Figura 1.6.2 Prueba del cono. Fuente: propia.

1.6.5 Ensayo de abrasión

Esta prueba determinara que tan resistente es la muestra ante la abrasión de un mecanismo que simula el paso de un vehículo al cruzar y frenar. Este ensayo es de suma importancia porque determinara los valores mínimos de emulsión que debe poseer la lechada y si tiene suficiente cohesión.

Norma

La norma que especifica el procedimiento de esta prueba es la ISSA TB 100.

- Se colocan 800 gramos del agregado en un recipiente y se utilizan los porcentajes definidos para el ensayo de tiempo de mezclado que cumplió con los 300 segundos.
- Agregar 8 gr de material fino (cemento) que constituye como el filler de la mezcla.
- Añadir el porcentaje de agua (120 gramos) que puede ser entre 13 – 15 % del material granular, y homogeneizar la mezcla del recipiente para que la emulsión al ser colocada entre en contacto tantos con los granos como el agua.

- Poner el porcentaje de emulsión asfáltica y mezclarlo en el recipiente ya homogeneizado durante máximo 180 segundos para evitar que se ponga muy cremoso (112g).
- La muestra es colocada en aros de 28 cm de espesor donde se distribuirá la mezcla uniformemente para obtener una altura constante en toda el área del marco.
- Se introduce al horno durante 15 horas a 60°C para luego pesarlo y tener el valor inicial y luego se lo sumerge ligeramente en una olla de agua y se lo deja en reposo entre 60 a 90 minutos.
- Se moviliza la muestra sumergida a la máquina que realizara la prueba de abrasión ajustando debidamente el aparato sin ejercer mucha presión sobre la muestra. Se prendera la maquina durante 6 minutos para que haga la simulación y al acabar se retirara el agua dejando la muestra húmeda recogiendo fragmentos que pueden estar sueltos.



Figura 1.6.3 Ensayo de abrasión durante 6 minutos. Fuente: Propia.

- Finalmente, se lo peso luego de 15 minutos en el horno a 60°C y se lo pesa para obtener el segundo dato requerido.

1.6.6 Ensayo de adhesión de arena (rueda cargada)

Este ensayo determinara el máximo contenido de emulsión asfáltica que puede tener la mezcla para poseer una apropiada adhesión de arena bajo cargas móviles cíclicas, además se miden los desplazamientos laterales por este movimiento ya antes mencionado.

Norma

La norma para realizar esta prueba en la ISSA TB 109.

- Se colocan 400g del agregado en un recipiente y se utilizan los porcentajes definidos para el ensayo de tiempo de mezclado que cumplió con los 300 segundos.
- Agregar 4 gr de material fino (cemento) que constituye como el filler de la mezcla.
- Añadir el porcentaje de agua (60 gramos) que puede ser entre 13 – 15 % del material granular, y homogeneizar la mezcla del recipiente para que la emulsión al ser colocada entre en contacto tantos con los granos como el agua.
- Poner el porcentaje de emulsión asfáltica y mezclarlo en el recipiente ya homogeneizado durante máximo 180 segundos para evitar que se ponga muy cremoso (56g).
- La muestra es colocada es una base rectangular normada la cual se dejará curar a peso constante en un horno a 60°C por 15 horas.
- Colocar la muestra en la maquina y será expuesta a 1000 ciclos con un peso de aproximadamente 60 kg a temperatura ambiente. Se adhiere algo de arena a la rueda que hará las pasadas para que la simulación sea más real.
- Retirar la muestra y pesarla, este peso será el inicial que luego se comparara con la muestra ahora con 300 gramos de arena que debe estar a 85 °C dentro de un marco que se ubica justo encima de la lechada y se realizan 100 ciclos más sobre esa cama de arena.



Figura 1.6-4 Peso inicial luego de los 1000 ciclos.

Fuente: propia.

- Al finalizar todos los ciclos se retira la muestra y se limpia con una brocha suavemente la superficie de la muestra por las partículas sueltas y se calcula el peso adicional que gana por la arena luego de una compactación de 100 ciclos.



Figura 1.6.5 Muestra luego de los 100 ciclos para peso final. Fuente: propia.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

2.1 Tipos de pavimento en vías y carreteras

2.1.1 Pavimento Flexible

2.1.1.1 Definición

Este tipo de pavimento está conformado por una capa bituminosa que descansa sobre dos capas diseñadas previamente llamadas base y subbase. El grosor y granulometría de estas depende de la carga vehicular que la vía tendrá y la distribución de esfuerzos que se consideró para la misma. La capa de rodadura está conformada principalmente de un material bituminoso (que se compone de hidrocarburo soluble en disulfuro de carbono). Los asfaltos sobre la base de la estructura vial pueden clasificarse entre:

- Cementos Asfálticos
- Emulsiones Asfálticas
- Asfaltos Cortados

Para asegurar una buena adherencia entre la base y la carpeta asfáltica se aplica un riego de asfalto que figura como ligante entre estas dos capas y ayudara a que las partículas de adhieran unas a otras y no haya desprendimiento temprano luego de la colocación.

2.1.1.2 Tipos de asfaltos como ligantes

Riego de imprimación: se refiere a un riego de asfalto de baja viscosidad sobre una base granular antes de colocar la carpeta asfáltica. Se lo realiza con una consistencia un poco más líquida para que pueda penetrar la grava o piedra que hay en la base y sujete bien tanto los áridos inferiores como los finos de la capa de rodadura. Al necesitarse de una profundidad considerable de penetración se deduce que se utilizará un producto de curado medio y baja viscosidad, esto siempre dependerá de la granulometría de la base, pero la imprimación al tratarse de un proceso que no presenta mezclado se puede

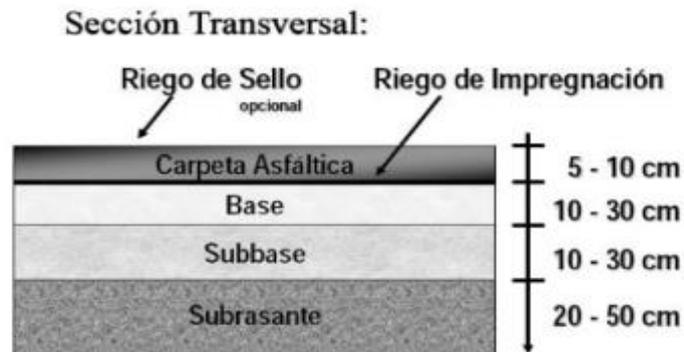
utilizar emulsión asfáltica de rotura rápida. Un riego de imprimación en la colocación de pavimentos representa los siguientes beneficios:

- Recubrimiento y adhesión de finos y gruesos sueltos en la base
- Endurecimiento o refuerzo
- Impermeabilizante de los vacíos que existen en la superficie de la base

Riego de Liga: es una aplicación de riego de emulsión asfáltica diluida que sirva que adherir la capa de rodadura ya existente y la que será colocada como tratamiento de pavimento flexible. Es importante que la aplicación del riego de liga debe emplearse el mismo día que se realizara la pavimentación a temperaturas ambiente idealmente (27°C o superior). A pesar de colocar el mismo día la capa de rodadura no se puede realizar este proceso inmediatamente puesto el diluido generar la rotura que se identifica porque el cambio de color de marrón a negro. El riego de liga cumple un rol muy importante en el bacheo como tratamiento superficial ya que se debe limpiar muy bien el terreno de donde se ha retirado la capa deteriorada, esto para procurar la mejor eficacia una vez se coloca el riego y se evita una película de suciedad y basura.

2.1.1.3 Capas de un pavimento flexible

El pavimento flexible está constituido por distintas capas que se encargaran de distribuir los esfuerzos escolares hasta la sub-rasante que vendría siendo el terreno natural de toda la estructura. Los espesores y granulometrías seleccionados dependerán de la carga vehicular a la que será expuesta la vía o carretera y como se considerará la distribución de esfuerzos. Desde la parte inferior tenemos el terraplén o subrasante, luego la sub-base, la base y finalmente mediante un ligante la capa de rodadura que es la capa donde aplicaran los sellos o tratamientos superficiales que se analizaran más adelante(Vasquéz, 2014).



**Figura 2.1.1 Sección transversal de pavimento flexible Fuente:
Cámara Nacional del Cemento (México, 2008)**

2.1.1.4 Sub-base de pavimento flexible

Esta capa sirve de amortiguamiento para que las cargas entre la base y la subrasante no generen daños ni deformaciones que comprometan la estabilidad de la estructura. El material utilizado en esta capa es barato y tienen grosores mínimos entre 10 y 15 cm según el diseño que se le dé, dado el bajo costo del material utilizado en esta capa consta del grosor más amplio entre las otras. Los agregados que se emplean deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión y la porción pasante del tamiz N°40 un índice de plasticidad menor a 6 y LL máximo de 25(Mop-001-F, 2002).

Tabla 2.1.1 Porcentaje en peso que pasante de tamices malla cuadrada para sub-base. Fuente: MOP – 001 – F, 2002

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

2.1.1.5 Base de pavimento flexible

Esta capa tiene como función resistir las cargas vehiculares para trasladarlas a la sub base y finalmente que lleguen a la subrasante, esta capa debe tener buena resistencia y estabilidad para poder reducir el espesor de la capa de rodadura que es la más costosa y fina (Vasquéz, 2014). El material empleado en la base de la estructura debe ser resistente a la ficción y provisto de vacíos, para asegurar una buena impermeabilidad ante eventos externos como lluvias o cauces que puedan comprometer la estabilidad de la vía.

Los agregados que se emplean deberán tener un coeficiente de desgaste inferior a 40% de acuerdo con el ensayo de abrasión y la porción pasante del tamiz N°40 un índice de plasticidad menor a 6 y LL máximo de 25, además el valor de soporte de CBR deberá estar mínimo al 80%.

Existen 4 clases distintas de base y la diferencia yace en la granulometría de la composición como se muestra en la Tabla 2.1.2:

Tabla 2.1.2 Granulometría de agregados para base de pavimento flexible. Fuente: MOP - 001 - F, 2002.

TAMIZ	Porcentaje en peso pasante de los tamices de malla cuadrada				
	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
	Tipo A	Tipo B			
2" (50,8 mm)	100	--	--	--	100
1 1/2" (38,1 mm)	70 - 100	100	--	--	--
1" (25,4 mm)	55 - 85	70 - 100	100		60 - 90
3/4" (19,0 mm)	50 - 80	60 - 90	70 - 100	100	--
3/8" (9,5 mm)	35 - 60	45 - 75	50 - 80	--	--
N° 4 (4,76 mm)	25 - 50	30 - 60	35 - 65	45 - 80	20 - 50
N° 10 (2,00 mm)	20 - 40	20 - 50	25 - 50	30 - 60	--
N° 40 (0,425 mm)	10 -- 25	10 -- 25	15 - 30	20 - 35	--
N° 200 (0,075 mm)	2 -- 12	2 -- 12	3 -- 15	3 -- 15	0 - 15

2.1.1.6 Capa de rodadura de pavimento flexible

La capa de rodadura se coloca sobre la base y para reforzar la adherencia una aplicación de riega bituminoso que permitirá que los agregados de la base se unan con el asfalto. Esta capa superficial debe tener buena resistencia ante la

abrasión debido al efecto vehicular al que será expuesto y contar con buena capacidad impermeabilizante para no dañar las capas inferiores.

2.1.2 Pavimento Rígido

Este tipo de pavimento consta con una estructura un poco distinta a la revisada anteriormente puesto que hay ausencia de sub-base, Lo que significa que solo tendrá tres capas en total incluyendo la sub-rasante. En vez de colocar una carpeta asfáltica se utiliza una losa de concreto de espesor entre 10 - 18cm que tiene más resistencia a la flexión, pero también son expuestos a grandes esfuerzos abrasivos por las llantas de los vehículos, esfuerzos de compresión y tensión.

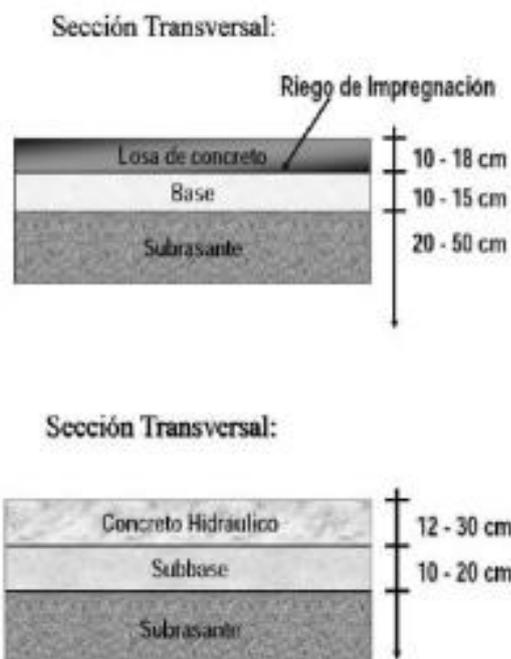


Figura 2.1.2 Sección transversal de un pavimento rígido.

Fuente: Cámara Nacional del Cemento (México, 2008)

2.1.2.1 Sub-base de pavimento rígido

Para el caso del uso de concreto hidráulico se considera esta capa con el fin de eliminar la acción de bombeo y aportar con uniformidad a la losa de concreto.

2.1.2.2 Base de un pavimento rígido

Se encuentra inmediatamente inferior a la capa de rodadura (losa de concreto) y se compone principalmente de agregado grueso y arenas que tendrán como fin controlar cambios de volumen por las fuerzas internas de concreto colocado. Tiene como función soportar las cargas vehiculares y aumentar la capacidad de la estructura y traspasarlas a la sub-rasante para un correcto desempeño.

2.1.2.3 Capa de rodadura de un pavimento rígido

La capa de rodadura de un pavimento rígido requiere la colocación de una losa de concreto que se seleccionara en función de la resistencia a la compresión, flexo tracción, densidad aparente, entre otros. En esta investigación se analizarán los sellos que se ubican encima de una carpeta asfáltica (pavimento flexible), por lo que no se detallaran los tipos de hormigones utilizados para este tipo de pavimento.

2.2 Fallas en carpeta asfáltica

La manera más idónea de identificar fallas en un pavimento flexible y determinar sus causas es efectuando un minucioso estudio de reconocimiento en la zona afectada mediante una inspección visual. En este debe definir el tipo, La severidad y magnitud de cada falla, además de determinar si su diseño, material, soporte de carga, método constructivo, o factores externos como agua, temperatura, son las causas de un inminente deterioro. Así mismo, pueden también realizarse ensayos destructivos y no destructivos para determinar condiciones estructurales que compete al estado actual de la carpeta.

2.2.1 Fisuras y grietas

2.2.1.1 Piel de cocodrilo

Son fisuras interconectadas que forman pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos que por lo general tienen un diámetro promedio menor a 30 cm.

Su formación empieza en el interior de la capa asfáltica donde las deformaciones y tensiones causadas por cargas de tránsito alcanzan un rango fuera de los límites permisibles. Las fisuras se propagan y van uniéndose entre sí formando trozos con bordes agudos y quebrados. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.1 Fisura Piel de cocodrilo. Fuente: (Fallas en pavimento flexible, 2014)

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	Sello superficial
Media	Parqueo menor, recapeo,
Alta	reconstrucción

2.2.1.2 Fisuras transversales y longitudinales

Fracturas de longitud variable que se extienden a través y a lo largo de la superficie pavimentada, siendo las longitudinales paralelas al eje de la carretera y las transversales perpendiculares a ésta. Sus posibles causas son: reflexión de grietas en la capa subyacente, incluyendo pavimentos de concreto, con excepción de la reflexión de sus juntas, instancias iniciales del fenómeno de fatiga por debilidad estructural, ocurren en las huellas de canalización del tránsito, defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie, reflexión de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.2 Fisuras transversales y longitudinales. Fuente: (Grupo Técnico-Convenio 587-03, 2006).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No requiere mantenimiento.
Media	Sellado de fisuras.
Alta	Sellado de fisuras, bacheo menor.

2.2.1.3 Fisuras en bloque

Fisuras interconectadas, formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm con un área variable de 0.1 a 9.0 m². Causadas por la contracción de las mezclas asfálticas debido a variaciones de temperatura, así mismo ocurren en pavimentos bituminosos que han sido colocados en bases granulares estabilizadas o mejoradas con cemento portland, cuando la capa estabilizada se contrae y esto se refleja en la superficie. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.3 Fisura en bloque. Fuente: (Corredor & Corros, 2010)

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	Sellado de fisuras, riego de sello.
Media	Sellado de fisuras, reciclado superficial, escarificado en caliente y sobrecapa.

2.2.1.4 Fisuras por reflexión de juntas

Fisuras o grietas que se observan en la superficie de sobrecapas que tienden a reproducir las fallas y juntas que se producen en la capa de abajo. Se presentan por el movimiento de las losas de concreto, mayormente por cambios en la temperatura o por cambios producidos por humedad. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.4 Fisuras por reflexión de juntas. Fuente: (Tipos de causas, niveles de severidad y procedimientos de reparación en fallas en pavimentos asfálticos, 2008).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	Sellado de fisuras.
Media	Sellado de fisuras, parcheo menor.
Alta	Sellado de fisuras, reconstrucción de juntas.

2.2.1.5 Fisuras en arco

Son fisuras en forma de media luna que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Son producto del efecto de frenado o giros bruscos de las ruedas de los vehículos; por lo general cuando se combinan mezclas asfálticas de baja estabilidad y poca adherencia entre la superficie y la siguiente capa del pavimento. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.5 Fisura en arco. Fuente: (Grupo Técnico- Convenio 587-03, 2006)

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	Sellado de fisuras.
Media	Parcheo menor, reconstrucción.
Alta	

2.2.2 Deterioro superficial

2.2.2.1 Ahuellamiento

Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6.0 m. Causadas principalmente por: capas estructurales mal compactadas, mezcla de pavimento inestable, exceso en la utilización de ligantes de riego, así como también la misma acción del tránsito provocado por un mal estudio de aforo de tráfico. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.6 Fisura por ahuellamiento. Fuente: (Rondón 2012).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No necesita intervención.
Media	Nivelación, parcheo superficial parcial o profundo, reconstrucción.
Alta	

2.2.2.2 Corrimiento

Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañadas por levantamientos de material, formando cordones laterales. Aparecen por cargas excesivas de tránsito que actúan sobre mezclas de pavimento de baja estabilidad ya sea por exceso del mismo, falta de vacíos y por un mal confinamiento lateral; así como también por la ineficiente adherencia entre la capa de rodadura y la subyacente a causa de una mala imprimación. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.7 Fisura por corrimiento. Fuente: (Coronado, 2000)

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No se hace nada.
Media	Bacheo superficial o profundo.
Alta	Fresado, bacheo superficial o profundo.

2.2.2.3 Corrugación

Se presenta como una serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1.0 metro entre ellas, a lo largo del pavimento. Su principal causa radica en la acción del tránsito sobre la carpeta asfáltica. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.8 Fisura por corrugación. Fuente: (Fallas en pavimento flexible, 2014).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No se hace nada.
Media	Reconstrucción.
Alta	

2.2.2.4 Hundimiento

Es la depresión o descenso de la superficie del asfalto en un área puntual. Son productos de asentamientos de la fundación, fallas durante la construcción o un mantenimiento discontinuo a los drenes.



Figura 2.2.9 Fisura por hundimiento. Fuente: (Grupo Técnico- Convenio 587-03, 2006).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No necesita intervención.
Media	Nivelación, parcheo superficial, parcial, reconstrucción.
Alta	Parcheo superficial, parcial, reconstrucción.

2.2.2.5 Hinchamiento

Aparece como un levantamiento o abultamiento localizado superficialmente, generando una forma de onda y distorsionando el perfil de la carretera. Son causadas por la expansión de los suelos de subrasante del tipo expansivo, o también por una previa fisuración de la superficie. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.10 Fisura por hinchamiento. Fuente: (Departamento de administración y evaluación de pavimentos- Dirección general de reglamentos y sistemas, 2016)

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No necesita intervención.
Media	Reconstrucción
Alta	

2.2.3.1 Bache

Es la desintegración de la carpeta asfáltica, con la posibilidad de extenderse a capas adyacentes formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares. Causadas por fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas; así como el exceso de tránsito en zonas de pavimento débil o sobre áreas con fisuras previas como la de tipo piel de cocodrilo. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.11 Fisura de bache. Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles,2006).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	Para todos los niveles se debe realizar bacheo parcial o profundo dependiendo de la condición.
Media	
Alta	

2.2.3.2 Peladura

Es la desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima. Sus causas radican en el endurecimiento del ligante a usar; también por la pérdida de adherencia entre

el agregado y el asfalto, cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, e inclusive, la acción del agua. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.12 Falla por peladura. Fuente: (Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla, 2009).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	Sello, tratamiento superficial, recapeo.
Media	Sello, tratamiento superficial, recapeo.
Alta	Sello, tratamiento superficial, recapeo, reciclado, reconstrucción.

2.2.3.3 Desintegración de bordes

Ésta falla consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. Su causa fundamental es la acción localizada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas que allí se sitúan.



Figura 2.2.13 Fisura en bordes. Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	Sellado de fisuras
Media	Sellado de fisuras, parcheo menor,
Alta	construcción de bordillos.

2.2.4 Otros deterioros

2.2.4.1 Exudación de asfalto

Es el afloramiento del ligante de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento formando una película continua de bitumen. Causada por un exceso de contenido de asfalto en las mezclas asfálticas, así como también en mezclas con porcentaje bajo de vacíos más aun en épocas calurosas. (Coronado, 2000)



Figura 2.2.14 Exudación de asfalto. Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No se hace nada.
Media	Colocación de capas de arena caliente que permitan la absorción del asfalto excedente, optando también por un sello con agregado absorbente.
Alta	

2.2.4.2 Parchado y reparaciones de servicios públicos

Puntos en donde el pavimento original fue reemplazado con un material similar o distinto, con el fin de reparar el pavimento previo.



Figura 2.2.15 Parchado. Fuente: (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006).

Posibles actividades de mantenimiento acorde a su severidad	
Baja	No necesita intervención.
Media	No necesita intervención, reconstrucción del parche.
Alta	Reconstrucción del parche.

2.3 Sellado de capa de rodadura con Slurry Seal II

2.3.1 Antecedentes

Las lechadas asfálticas fueron utilizadas por primera vez por los alemanes en los años 1930s donde emplearon materiales para sellar grietas superficiales o daños visibles en la capa de rodadura. Sin embargo, en el año 1969 se creó la Asociación Nacional de Sellos Asfálticos (NSSA) que posterior daría origen a la Asociación Internacional de Sellos de Lechada Asfáltica (ISSA). Actualmente se utiliza la palabra “surfacing” en vez de “seal” para incluir materiales modificados que cumplen con la misma función y que se han estudiado y diseñado a través de los años.

La aplicación de sellado ha sido bastante amplia desde hace 50 años para prolongar la vida útil de las carreteras o vías e introducir una nueva cultura de mantenimiento preventivo a las misma en donde se refleja que a lo largo de los años el costo por mantenimiento en rehabilitación es considerablemente más alto

que sellando las grietas superficiales que van apareciendo tras un tiempo determinado bajo las cargas vehiculares. En algunos países de América Latina como Chile y Perú ya se utilizan extensivamente estos métodos de sellado utilizando tecnologías innovadoras como los equipos de riego *Bergkamp*, diseñados para generar un riego eficiente en poco tiempo evitando pérdidas de material mientras se preserva el control total del funcionamiento de la maquinaria esparcidora de mezcla Slurry o microagregado.

2.3.2 Componentes

Como se mencionó en el Capítulo 1, el Slurry Seal es una mezcla de agregado con emulsión asfáltica y otros componentes, existen tres tipos de Slurry según el uso que se les dé. En este proyecto se discutirá el Tipo II que es el que se plantea utilizar y además es el que se ensayó para determinar el contenido óptimo de emulsión asfáltica en laboratorio. A continuación, se mencionarán los otros componentes presentes en una mezcla de Slurry y como benefician o afectan al producto final:

Tabla 2.3.1 Resumen de componentes para sello Slurry Seal. Fuente: (Cuadro adecuado de “Guía para Slurry en laboratorio”)

Componentes de la mezcla	Tipos de Slurry Seal		
	Tipo I (Pasante del tamiz N°8)	Tipo II (Pasante del tamiz N°4)	Tipo III (Pasante del tamiz N°3/8)
Agregado (sobre peso de agregado seco)	Grava fina (10-16)% $d_{\text{agregado}} = 2,36\text{mm}$	Grava fina (7,5-13,5)% $d_{\text{agregado}} = 4,75\text{mm}$	Grava media (6,5-12)% $d_{\text{agregado}} = 9,5\text{mm}$
Agua	Lo que se requiera	Lo que se requiera	Lo que se requiera
Aditivo	Sulfato de aluminio Cloruro de aluminio Bórax	Sulfato de aluminio Cloruro de aluminio Bórax	Sulfato de aluminio Cloruro de aluminio Bórax
Relleno mineral (0% - 3%)	Polvo de roca, cenizas, cal hidratada, cemento hidráulico, limos finos y otros.	Polvo de roca, cenizas, cal hidratada, cemento hidráulico, limos finos y otros.	Polvo de roca, cenizas, cal hidratada, cemento hidráulico, limos finos y otros.
Emulsión asfáltica	(16,5-26,4)% Emulsión catiónica o aniónica	(12,4-22,3)% Emulsión catiónica o aniónica	(10,7-19,8)% Emulsión catiónica o aniónica

2.3.3 Emulsiones Asfálticas

Las emulsiones asfálticas están conformadas por pequeñas partículas de asfalto, agua, emulsificante que estabiliza y evita la aglomeración de los glóbulos de asfalto para dar más estabilidad y aditivos. Se recomienda que el contenido de asfalto presente en la emulsión sea entre 50% - 70% con un diámetro promedio de partículas de 5 micrones y debe tener una consistencia líquida o viscosa a temperatura ambiente. Según la especificación AASHTO R5 las emulsiones que pueden ser empleadas a la mezcla de sellado de lechada asfáltica son las emulsiones aniónicas SS-1, SS-1h y QS-1h y las catiónicas CSS-1h y CQS-1h.

La viscosidad de la emulsión puede ser baja o alta dependiendo del tipo de agregado y cantidad acuosa que se le ponga siendo “1” baja viscosidad y “2” alta. La rigidez dependerá únicamente del asfalto residual que se le proporcione a la emulsión y se diferencian con las letras “h” de hard o duro en inglés y “s” de soft como suave. La emulsión asfáltica se debe diseñar en función del tipo de agregado y de las condiciones geométricas del lugar como pendientes y tráfico promedio diario de la carretera en mantenimiento y factores ambientes como temperatura, humedad y precipitación.

Para verificar que tipo de emulsión es la utilizada se pueden generar una corriente eléctrica introduciendo dos electrodos que responderán dependiendo de la polaridad eléctrica de los glóbulos de asfalto, en caso de una emulsión aniónica los glóbulos tendrán carga negativa y catiónica para carga positiva. A continuación, se mostrarán los límites mínimos y máximos de acuerdo con los ensayos a la que se someten las emulsiones asfálticas:

Tabla 2.3.2 Especificaciones para emulsiones catiónicas, utilizadas en la construcción de sellos de lechada asfáltica. Fuente: ISSA

TIPO DE ENSAYO	SS-1		SS-1h		QS-1h	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
En la emulsión						
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	20	100	20	100	20	100
Porcentaje de estabilidad de almacenamiento en 24 h (%)	-	1	-	1	-	1
Porcentaje de mezclado del cementante asfáltico	-	2,0	-	2,0	-	No aplica

Porcentaje retenido en el tamiz (%)	-	0,10	-	0,10	-	0,10
Destilación Porcentaje de residuo (%)	57	-	57	-	57	-
En el residuo de la destilación						
Penetración a 25°C	100	200	40	90	40	90
Ductilidad a 25°C (cm)	40	-	40	-	40	-
Porcentaje de solubilidad en tricloroetileno (%)	97,5	-	97,5	-	97,5	-

Tabla 2.3.3 Especificaciones para emulsiones aniónicas, utilizadas en la construcción de sellos de lechada asfáltica

TIPO DE ENSAYO	SS-1		SS-1h		CQS-1h	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
En la emulsión						
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	20	100	20	100	20	100
Porcentaje de estabilidad de almacenamiento en 24 h (%)	-	1	-	1	-	No aplica
Ensayo de la carga de la partícula	Positiva		Positiva		Positiva	
Porcentaje de mezclado del cementante asfáltico	-	2,0	-	2,0	-	No aplica
Porcentaje retenido en el tamiz (%)	-	0,10	-	0,10	-	0,10
Destilación Porcentaje de residuo (%)	57	-	57	-	57	-
En el residuo de la destilación						
Penetración a 25°C	100	250	40	90	40	90
Ductilidad a 25°C (cm)	40	-	40	-	40	-
Porcentaje de solubilidad en tricloroetileno (%)	97,5	-	97,5	-	97,5	-

2.3.4 Relleno mineral y Aditivos

El objetivo del relleno mineral es evitar la segregación ya que corrige la curva granulométrica generando mayor consistencia. También ayuda a acelerar el rompimiento de la emulsión con el agregado ya que tienen mejor interacción debido al cemento o cal empleado. En este caso se utilizó cemento portland y se lo empleo homogéneamente en la muestra a ensayar para evitar aglomeraciones locales en los recipientes y se evitó un exceso de relleno mineral de tal manera

que no se generaran retracciones en el mortero de pega que fisura la lámina al secarse.

Se puede adicionar otros aditivos a la emulsión asfáltica, generalmente actúan como retardantes pues generan retraso del agregado y la emulsión, esto para que los tiempos de rompimiento sean mayores. Esto se emplea para aplicaciones en entornos de más de 35°C donde el tiempo de curado es muy breve y afectaría la eficacia del sello, entre los compuestos que se emplean en la emulsión asfáltica se tiene sulfato de aluminio, cloruro de aluminio y bórax.

2.3.5 Agua

El agua empleada para la mezcla asfáltica debe estar libre de cualquier componente orgánico, aceites, ácidos, álcalis u otras sustancias. Se puede utilizar agua potable o consumible para el ser humano que cumpla con la norma AASHTO 26, lo que quiere decir que no puede ser salada ni salobre, esta cumple la función de aportar trabajabilidad a la mezcla por los ensayos y los moldes que se utilizarán posteriormente. Hay que tener en cuenta que la emulsión ya contiene un contenido de agua por lo que, al realizar varios ensayos, al variar la cantidad emulsión indirectamente se modifica el contenido de agua total.

2.3.6 Aplicaciones

El momento adecuado para aplicar un sello de lechada asfáltica es cuando se presentan fisuras superficiales y es clave para reducir costos en mantenimiento de vías, para desgastes o hundimientos se requieren otras intervenciones que implican rediseñar las capas inferiores a la capa de rodadura.

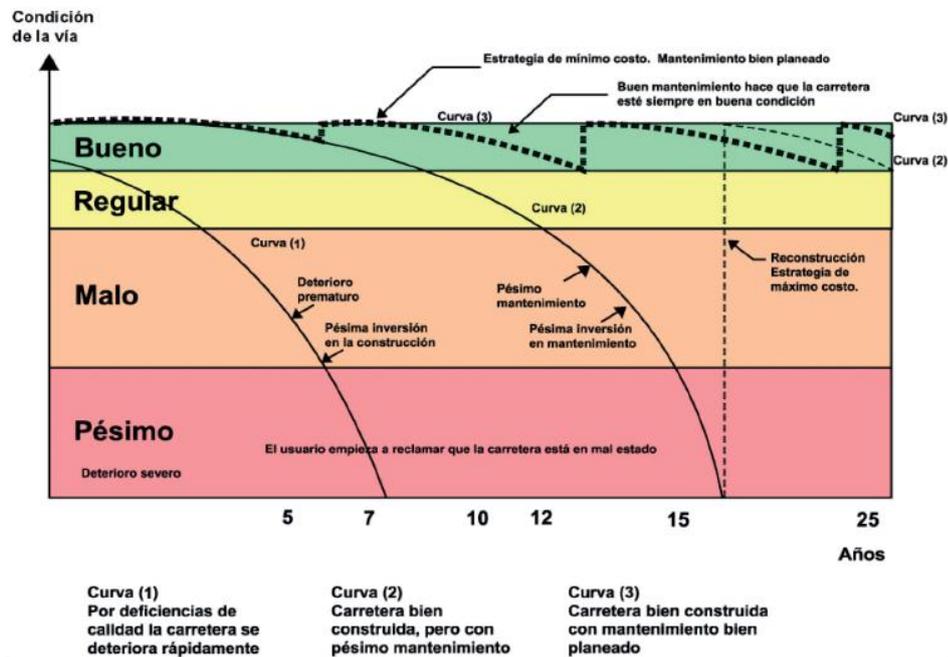


Figura 2.3.1 Curva de deterioro de un pavimento flexible. Fuente: Guía de Diseño de Laboratorio para los sellos de Lechada Asfáltica.

La condición de vida de un pavimento va decreciendo con el tiempo y como se puede observar en la gráfica cada tratamiento o intervención mejora la calidad en lo que este se encuentre, pero para que cada intervención sea eficaz debe realizar en el momento preciso. El sellado de Slurry es una aplicación preventiva lo que nos coloca en la franja verde, y si se aplica durante toda la vida útil durara más y evitara que se generen daños más costosos a temprana edad.

Es importante mencionar que este sello no sirve como capa de rodadura ni está diseñada para soportar toda la carga vehicular de la vía, los sellos son eficaces si se los coloca en el momento oportuno y dependiendo del daño funcional que se observe en la carretera, para daños estructurales se tendrán realizar rehabilitación de algunas de las capas anteriormente diseñadas y colocadas. Se debe aplicar un sellado Slurry Seal si:

- Existen grietas menores a 3 [mm].
- Se puede notar un grado de oxidación en el pavimento.
- Corrección de desprendimiento de partículas.

- Textura desgasta, esto implica menor resistencia al deslizamiento.
- Se desea reforzar la capacidad de la estructura cuando existen restricciones con respecto a las otras.
- Se quiere experimentar mayor confort al circular.
- Corrección de ahuellamientos menores a 6 [mm].

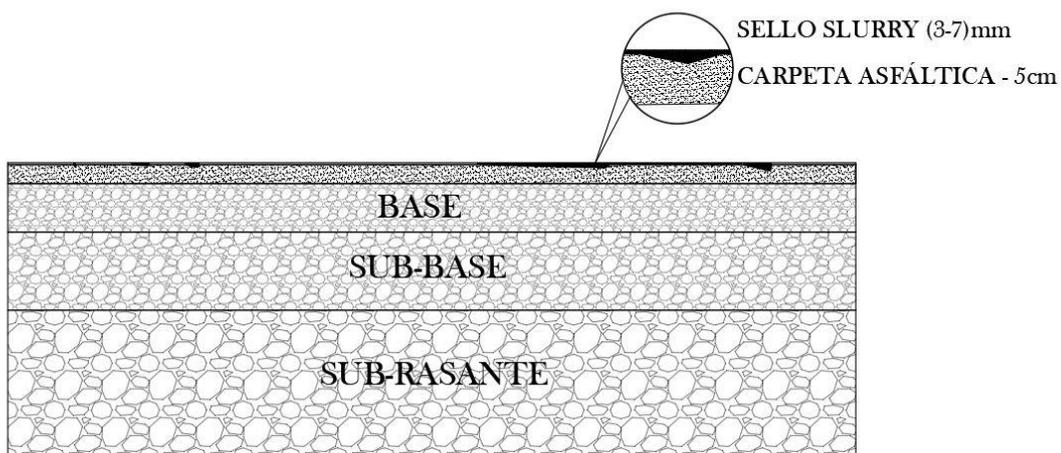


Figura 2.3.2 Esquema de pavimento flexible con sello Slurry Seal Tipo II.

Fuente: propia.

2.3.7 Proceso constructivo

Previo a la colocación del sellado por sistema Slurry, es importante saber que la eficacia de este tratamiento tiene mucho peso en la experiencia del contratista y la preparación de los trabajadores. En algunas ocasiones las colocación de estos sellos no suelen ser bien ejecutados y a los pocos días de haber sido puesto en sitio ya presenté desprendimiento o ahuellamiento con el paso de las semanas. Tradicionalmente el tren de maquinaria consta con un camión imprimador, equipo distribuidor de agregado o grava, camión de agregados, rodillos compactadores neumáticos, pero con los años han salido nuevas tecnologías que pueden generar la mezcla sincrónicamente para reducir costos en maquinaria y disminuir el impacto en el ambiente. Actualmente el Gobierno Provincial realiza bacheos cuando registran deterioros en la capa de rodadura, lo cual representa muchos

costos y una intervención innecesaria y poco eficaz, además según la logística el tiempo de vida de estos bacheos no son lo esperado y deja insatisfechos a los usuarios que circulan por los cantones del Guayas.

2.3.7.1 Equipo de Riego Slurry

La Prefectura del Guayas consta en su patio de vehículos con un equipo de riego Bergkamp modelo M210 el cual puede ser utilizado para lechadas asfálticas tradicionales o modificadas con polímeros (Micropavimento), es un equipo que se encuentra fuera de uso y se requiere realizar un chequeo e inversión de refacción para poder hacer uso de ella. En la siguiente figura se puede visualizar el equipo de riego que se implementara para los posteriores presupuestos de tratamientos superficiales.



Figura 2.3.7.1 Equipo de riego en el patio del Gobierno Provincial del Guayas. Fuente: propia.

La serie M2 de Bergkamp consiste en múltiples modelos que se ajustan a las necesidades de los constructores e ingenieros que pavimentan con morteros

asfálticos y micro pavimentos. La máquina se carga con agregado, emulsión asfáltica y agua en el banco de materiales, y en el sitio se coloca la caja esparcidora, este modelo incluye un control de deslizamiento lateral de la caja alejado para permitir maniobrar la caja esparcidora desde el pavimento, así como un tanque de aditivo de acero inoxidable.

2.3.7.1.1 Especificaciones del equipo

Tabla 2.3.4 Sistema de agregados Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Sistema de agregados	
Tolva	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen: 8,0 m³ (10.5 yd³). - Construida con placa de acero calibre 10. - Las paredes laterales tienen un ángulo de 55° y revestimiento en polietileno para permitir flujo libre de agregados sin necesidad de vibrador.
Banda alimentadora de agregados	<ul style="list-style-type: none"> - Banda construida sobre cadena estructural para un mejor rendimiento en alimentación y resistencia al desgaste. - Banda se engancha con el embrague neumático, de operación variable por eje de mando compartida con bomba de emulsión, es de 61 cm (24 pulg) de ancho.
Calibración de agregados	<ul style="list-style-type: none"> - Apertura variable de compuerta en parte trasera de tolva. - Sensor digital de proximidad del contador de revoluciones para polea de mando, indicador digital en kg/min (lbs/min) en panel de operación. - Contador de aire para calibración y monitoreo de cantidad del material.
Bastidor de transportador	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción modular. Desmontable para mantenimiento.
Compuerta de agregado	<ul style="list-style-type: none"> - Apertura variable de compuerta. - Alimentadora de agregado impulsada por eje de mando junto con la bomba de emulsión para proporcionar emulsión consistente a la proporción de agregado. - Compuerta de agregado tiene sensor para detener toda la producción cuando la tolva está vacía.

Tabla 2.3.5 Sistema de emulsión. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Sistema de emulsión	
Tanque	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen: 2271 L (600 gal). - Construido con placa de acero calibre 10 con deflectores internos. - Soldadura doble. - Tanque es removible y tiene tapa de registro removible y filtro en línea de alimentación de fácil limpieza. - Construido de acero inoxidable es opcional.
Bomba	<ul style="list-style-type: none"> - Bomba de engranes de desplazamiento positivo, con doble encamisado térmico, modificada para manejo de emulsiones especiales y descarga directamente en el mezclador. - Impulsada por eje de mando de velocidad variable compartido con la banda transportadora de agregados. - Bomba engancha con embrague neumático (antideslizante).
Válvula	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo mariposa en la línea de succión de la bomba, control apertura/cierre neumático en concordancia con el interruptor del mezclador.

Tabla 2.3.6 Sistema de aditivo líquido. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Sistema de aditivo líquido	
Tanque	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de 246 litros (65 gal). - Desmontable y construido en acero inoxidable con doble soldadura.
Bomba	<ul style="list-style-type: none"> - Dos bombas de engranajes de desplazamiento positivo, accionado hidráulicamente. - Mecánicamente conectado para proporcionar la mezcla de agua y aditivo en una proporción de 10:1.
Bomba opcional	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo peristáltica de desplazamiento positivo con conexiones de acero inoxidable para aditivos corrosivos.
Control y monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> - Control de flujo del motor hidráulico determina cantidad de aditivo y agua suministrada al mezclador. - Monitor del caudal en la consola del operador permite un ajuste preciso.

Tabla 2.3.7 Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Sistema de aditivo seco	
Tolva	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de 0,35 m³ (12.5 ft³). - Construido con placa de acero inoxidable con tapa de bisagras y dispersor interno de operación hidráulica.
Alimentador	<ul style="list-style-type: none"> - Gusano alimentador sinfín de 10 cm (4 pulg) con ángulo de incidencia (ángulo de paso) en hélices duplicado para asegurar alimentación precisa, de operación reversible, impulsado hidráulicamente. - Envía el material al final de la banda transportadora de agregados.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> - Contador digital de revoluciones. - Indicador digital en kg/min (lbs/min) y porcentaje de adición de cemento al agregado.
Control y Medida	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad ajustable para relación cemento/agregado, una vez establecido, la relación permanece constante aun si se cambia velocidad de producción.

Tabla 2.3.8 Sistema de agua. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Sistema de agua	
Tanque	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de 2271 L (600 gal). - Removible y construido con placa de acero calibre 10 con deflectores internos y tapa de registro removible. - Recubrimiento interior para resistencia a la corrosión. - Soldadura doble.
Bomba de agua alimentadora al mezclador	<ul style="list-style-type: none"> - De desplazamiento positivo de rodillos impulsada hidráulicamente.

Control de agua de mezclado y monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> - Control de velocidad de motor hidráulico determina la cantidad de agua enviada al mezclador. - Medidor de flujo en consola del operador, permite ajustes de precisión.
Bomba de mangueras y de rociador	<ul style="list-style-type: none"> - Bomba centrífuga independiente, impulsada hidráulicamente, con válvula de alivio en línea.
Barra de rociador de camino y llantas	<ul style="list-style-type: none"> - Barra rociadora de camino situada detrás de los ejes motrices. - Barra rociadora de llantas situada en frente del eje delantero. - Extensiones para asegurar una cobertura completa, con control de encendido / apagado en la consola del operador. - Válvulas de retención para eliminar el goteo de la boquilla.
Sistema de llenado de tanque	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de flujo sin retroceso en el llenado, con operación a distancia en tapa y conector rápido en porte de llenado en lado del pasajero del camión.

Tabla 2.3.9 Sistema de mezclado. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Sistema de mezclado	
Mezclador	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo pugmill. Doble eje de paletas múltiples con almohadillas reemplazables. - Impulsado por dos motores hidráulicos. - Operación reversible con variación de revoluciones con indicador digital. - Paletas con ángulo fijo. - Mezcladora es desmontable y con ajuste de ángulo.
Vertedor de uretano	<ul style="list-style-type: none"> - Con control neumático.

Tabla 2.3.10 Fuente: Sistema hidráulico. (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Sistema hidráulico	
Bombas	- Dos de desplazamiento positivo, una de pistones con compensador de presión, de volumen variable y sensor de carga a 1.850 PSI (128 bar) y una de engranes a 3.000 PSI (207 bar).
Tanques de reserva	- Capacidad de 246 litros (65 gal) con deflectores internos y filtro de 10 micrones. - Bomba eléctrica para transferencia de aceite de barriles al tanque para asegurar limpieza, solo aceite limpia y filtrada es transferido al sistema hidráulico.
Enfriador de aceite	- Montado al frente del radiador.
Sistema de filtración	- Elementos con cartuchos reemplazables de 10 micrones. - Sistema contiene una alarma para indicar cuando partículas se han acumulado excesivamente.
Aceite recomendado	- Mobilfluid 424

Tabla 2.3.11 Plataforma de operación y control. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Plataforma de operación y control	
Ubicación	- Localizada en la parte trasera y a todo lo ancho de la unidad.
Controles posteriores del operador	- La consola de operación y control, incluye el interruptor de arranque/paro para control de operación secuencial de mezclado con palanca de mando, controles hidráulicos manuales para elevación y posicionamiento de caja esparcidora, desplazamiento lateral, control de velocidad, arranque/paro y adelante/reversa de gusanos sinfín, control direccional derecha/izquierda de vertedor del mezclador, controles y medidores de flujo.

<p>Gabinete de controles con seguro en puertas</p>	<p>- Incluye interruptores y selectores de tablero de control de lógica neumática, filtro y regulador neumático, control de velocidad y flujo para eje de mando, mezclador y sistema de cemento, contadores para agregado, emulsión y finos, manómetro de presión del eje de mando, arranque/paro de motor central, acelerador, manómetro de presión de aire, voltímetro y contador de horas.</p>
<p>Consola localizada abajo del gabinete de control</p>	<p>- Incluye válvulas hidráulicas manuales apertura/cierre para mezclador, motor del eje de mando y control de la barra de rociador de agua.</p>

Tabla 2.3.12 Equipos opcionales. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Equipos opcionales	
<p>Bomba frontal de auto-carga de emulsión</p>	<p>- Bomba de desplazamiento positivo con engranes helicoidales, con encamisado térmico para succionar emulsiones de tanques o cisternas al tanque de la máquina, impulsada por motor hidráulico con válvula de control local y conexiones rápidas.</p>
<p>Bomba frontal de auto-carga de agua</p>	<p>- Bomba centrífuga para succionar agua de tanques o cisternas al tanque de la máquina, impulsada por motor hidráulico con válvula de control local y conexiones rápidas.</p>
<p>Sistema aditivo resistente a la corrosión</p>	<p>- Bomba peristáltica con accesorios de acero inoxidable para los aditivos corrosivos.</p>
<p>Sistema de lona Pulltarps</p>	<p>- Este sistema de lona incluye mecanismos eléctricos y mecánicos que permite que la lona se desplace de manera automática sobre dos cables laterales desenrollándose sobre la tolva de carga y una vez en el sitio de descarga se enrolla dentro de una protección, impulsada por motor eléctrico. - La unidad viene completa con lona, brazos transversales, soportes, cables, motor de 12 VCD y interruptores de seguridad.</p>

Paquete de repuestos	- Una selección de repuestos recomendada cual permite un rápido retorno a las operaciones de pavimentación en caso de un problema.
Eje Portador (Tag Axles)	- Recomendado para aumentar la distancia entre ejes y una mejor gestión de las restricciones de peso de carga legales.

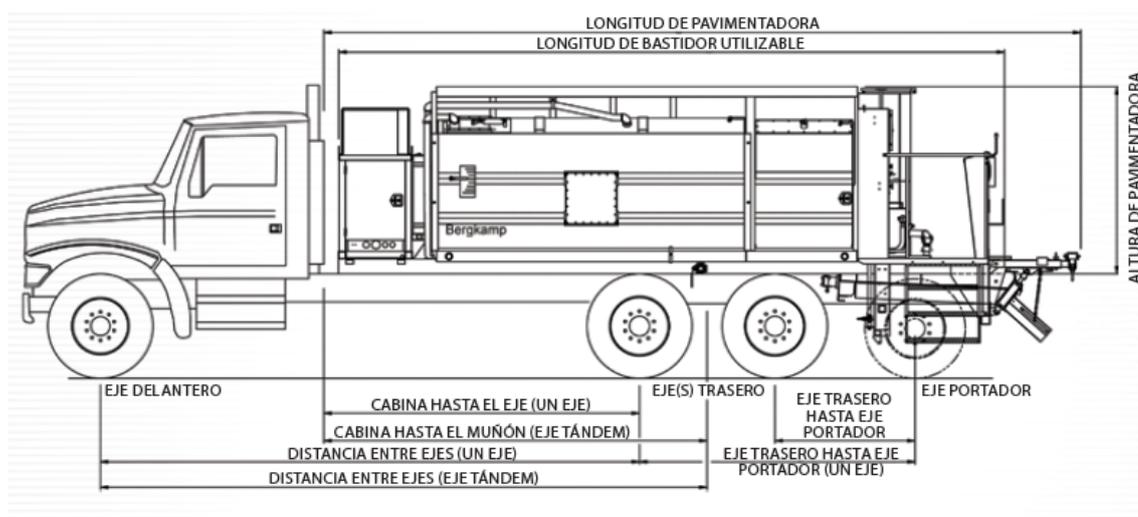


Figura 2.3.7.1.2 Modelo del equipo de riego Bergkamp M2 Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Longitud	7,53 m (24,7 ft)
Ancho	2,44 m (8 ft)
Altura (sobre el bastidor)	1,93 m (6,3 ft)
Peso en vacío	6577 kg (14500 lbs)

2.3.7.2 Costos de maquinaria

Todos los precios referentes a tarifas y las consideraciones de rendimiento se tomaron directamente de la base de datos de obras viales del Gobierno Provincial del Guayas. Donde el rendimiento para todos los equipos es del 0.0027 y se tomó como referencia de otro presupuesto el valor de tarifa para el micropavimentador modelo Bergkamp M210. También se adjuntó la

compactación del riego de Slurry, lo que genera el ligero incremento del valor en el rubro de Slurry Seal II.

Tabla 2.3.13 Costos de equipos por sellado con Slurry Seal II

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR					0,040
EQUIPO DE RIEGO M210	1,00	15,00	15,00	0,0027	0,081
SUBTOTAL M					0,12

2.3.7.3 Costos de mano de obra

Todos los costos de mano de obra también se colocaron en base a lo manejo por la Prefectura del Guayas, también es posible realizar el análisis de precios unitarios tomando en consideración el salario estipulado según la contraloría del estado. De esta manera se podría realizar la comparación de presupuestos de manera más general pero el fin de esta investigación es plantear una situación que beneficiaría al cliente de la problemática tratada.

Tabla 2.3.14 Costos de mano de obra por sellado con Slurry Seal II.

MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CHOFER EQUIPO RIEGO	1,00	5,29	2,31	0,0231	0,05
OP. EQUIPO RIEGO M210	1,00	3,85	3,85	0,0231	0,09
PEÓN	2,00	3,60	7,20	0,0231	0,17
OP. ROILLO AUTOPROP.	1,00	3,85	3,85	0,0231	0,09
SUBTOTAL N					0,40

2.3.7.4 Costos en materiales

En la Prefectura del Guayas no se manejan actividades de sellado utilizando material Slurry por lo que no existen rubros de este tipo, se realizó el análisis de precios unitarios tomando como base otro trabajo ejecutado en la provincia del Pichincha hace 5 años. Se utilizaron costos actualizados respetando las unidades de cada material, para la emulsión asfáltica se tenía un precio de \$1.99 según el rubro analizado, pero al revisar el Sistema Oficial de Contratación Pública el costo por galón es de \$2.10. Los demás precios de agregados y relleno mineral se mantuvieron igual, y este variara en función de la cantera de donde se extraiga el material.

Tabla 2.3.15 Costos de materiales por sellado con Slurry Seal II.

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo
		A	B	C=A*B
CEMENTO PORTLAND TIPO 1	kg	0,016	0,14	0,00
ARENA TRITURADA (MAT. SLURRY SEAL)	m ³	0,006	32,25	0,19
AGUA PARA COMPACTACIÓN	m ³	0,003	0,33	0,00
EMULSION ASFÁLTICA CQS-1h	lt	3.14	0.35	1,10
SUBTOTAL O				1,30

2.3.8 Costo de equipos

Todos los costos del rubro de bacheo fueron tomados de la base de datos del Gobierno Provincial por lo que no se realizaron cambios en tarifas ni rendimientos.

Tabla 2.3-16 Costos de equipos por bacheo de carpeta 2". Fuente: Gobierno Provincial del Guayas.

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)					0,01
COMPRESOR DE AIRE	1,00	28,45	28,45	0,0027	0,08
MOTONIVELADORA 135 HP	1,00	43,00	43,00	0,0027	0,12
RODILLO TANDEM 119 HP	1,00	38,00	38,00	0,0027	0,10
RODILLO NEUMATICO 96 HP	1,00	25,08	25,08	0,0027	0,07

SUBTOTAL M					0,38
------------	--	--	--	--	------

2.3.9 Costo de mano de obra

Se consideraron los operadores respectivos de la maquinaria empleada, del compresor, motoniveladora y rodillo auto propulsado, no obstante se cuenta también con el engrasador responsable.

Tabla 2.3-17 Costos de mano de obras por bacheo de carpeta 2". Fuente: Gobierno Provincial del Guayas

MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OP. COMPRESOR (GRUPO II) (E.O.C2)	1,00	3,85	3,85	0,0027	0,01
OP. MOTONIVELADORA (GRUPO I) (E.O.C1)	1,00	4,04	4,04	0,0027	0,01
OP. RODILLO AUTOPROPULSADO (GRUPO II) (E.O.C2)	2,00	3,85	7,70	0,0027	0,02
ENGRASADOR O ABASTECEDOR RESPONSABLE (E.O.D2)	1,00	3,65	3,65	0,0027	0,01
PEON (E.O.E2)	9,00	3,60	32,40	0,0027	0,09
SUBTOTAL N					0,14

2.3.10 Costo de materiales

Para materiales se considera el hormigón asfáltico que será colocado en una capa de 5 cm para reemplazar la carpeta antes retirada. Existe un análisis de precio unitario de bacheo asfáltico para carpeta de 2".

Tabla 2.3-18 Costos de materiales por bacheo de carpeta 2". Fuente: Gobierno Provincial del Guayas

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO
		A	B	C=A*B
HORMIGON ASFALTICO	m3	0,061	76,00	4,64
SUBTOTAL O				4,64

2.4 Sellado con micropavimento

El Micropavimento (MicroSurfacing) es una mezcla asfáltica fría de rotura controlada de agregados 100% triturado, minerales finos, agua libre de impurezas, emulsión asfáltica con polímeros y aditivos especiales que, en las proporciones adecuadas y correctamente aplicadas, constituyen una capa de rodadura uniforme e impermeable que garantiza la conservación de cualquier tipo de vía de tránsito vehicular. Se puede aplicar en capas con lo cual se corrigen defectos de la superficie, como hundimientos, desniveles, etc. Entre sus características principales podemos mencionar que suministra la resistencia necesaria a las fuerzas abrasivas del tránsito vehicular.

2.4.1 Antecedentes

A pesar de que fue desarrollado en Alemania a fines de los años 60, en los Estados Unidos se lo comenzó a utilizar desde los 80. En el mundo a finales del siglo pasado se aplicaron cerca de 2,000,000 de toneladas de MicroPavimento (MicroSurfacing). La ISSA (International Slurry Surfacing Association) agrupa empresas y dependencias de 17 países relacionadas con diseños, equipos y aplicaciones de MicroSurfacing. La guía general para su aplicación es la ISSA A143 la cual es una excelente referencia para elaborar las especificaciones y/o normas.

2.4.2 Tipos de micropavimentos

Sabiendo que el Micro pavimento es un mortero asfáltico de alto rendimiento, se tiene una clasificación de tres tipos de morteros de acuerdo al tamaño del agregado según la ISSA (International Slurry Surfacing Association). (Barrionuevo, 2012)

Tipo I: Se aplica en áreas de bajo tráfico, donde el objetivo principal es el óptimo sellado de la superficie. También se puede aplicar como tratamiento previo a un recabado asfáltico o sello de agregados.

Tipo II: Es el tipo de lechada más usado, protege la superficie subyacente del envejecimiento y daño por efecto del agua, y mejora la fricción superficial. Además, puede corregir desintegración de la superficie. Se usa principalmente en pavimentos que soportan tráfico moderado.

Tipo III: Este tipo de lechada se usa para conseguir altas tasas de aplicación y elevados valores de fricción superficial. Se aplica en vías con elevados niveles de tráfico.

Los criterios normativos para la aplicación de los diferentes tratamientos con mortero asfáltico se basan de acuerdo al volumen y tipo de tráfico según se indica en el siguiente cuadro acorde a la normativa ISSA:

Tabla 2.4.1 Tratamientos superficiales acorde al tráfico. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)

Tratamiento	Granulometría	Volumen de tráfico			Velocidad de tráfico	
		Liviano-medio	Medio-pesado	Pesado-muy pesado	Baja	Alta
Mortero asfáltico	Tipo II	x			x	
	Tipo III	x				x
Mortero asfáltico modificado con polímeros	Tipo II		x		x	
	Tipo III		x			x
Micro pavimento	Tipo II			x	x	
	Tipo III			x		x

2.4.3 Especificaciones de los ensayos

Caracterización de agregados

El agregado utilizado es de piedra molida (granito, escoria, caliza, sílex, etc), para asegurarse de estar bien molido el agregado madre será mayor que la piedra más grande de la gradación utilizada.

Tabla 2.4.2 Especificaciones para ensayos de caracterización de agregados. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)

Caracterización de agregados	
Ensayos	Especificaciones
Granulometría	Tipo II y III
Durabilidad	15% máx. Na ₂ SO ₄
Abrasión	30% max
Forma de partícula	100 % triturada
Equivalente de arena	65 % mín
Azul de metileno	15 mg/g máx.

Caracterización de emulsiones

El asfalto emulsionado debe ser modificado con polímeros. El material del polímero debe estar fresado o fusionado con el asfalto o la solución emulsionante antes del proceso de emulsificación. En general, se considera mínimo un tres por ciento (3%) de sólidos de polímero, basado en el peso del asfalto. (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)

Tabla 2.4.3 Especificaciones para ensayos de caracterización de agregados. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micro pavimento ISSA A 143, 2010)

Caracterización de emulsiones	
Ensayos	Especificaciones
Residuo asfáltico	62% mín.
Viscosidad	20-100 SSF
Sedimentación	1% máx.
Tamiz	0.1% máx.
Penetración	40-90 dmm
Pto. Ablandamiento	57°C mín.
% polímero	3% mín. del contenido de asfalto

Diseño de mezcla

Se evalúa la compatibilidad del agregado, la emulsión asfáltica con polímeros, agua, relleno mineral y los aditivos.

Tabla 2.4.4 Especificaciones para ensayos de diseño de mezcla. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)

Diseño de mezcla	
Ensayos	Especificaciones
Tiempo de mezcla	> 120 seg
Tiempo de rotura	0.5 hr máx.
Tiempo de tráfico	1 hr máx.
WTAT, g/m ² pérdida: 1 hora de inmersión	538 máx.
WTAT, g/m ² pérdida: 6 días inmersión	807 máx.
LWT, g/m ² adhesión arena	538 máx.
Desplazamiento lateral	5% máx.

2.4.4 Granulometría

Los agregados deben cumplir un óptimo control de calidad. Para obtener una aplicación de alto rendimiento con morteros asfálticos, el proceso de trituración y manejo de agregados incluirá un control en la granulometría, fracturación de caras, limpieza del material y el equivalente de arena. Los agregados deben ser 100 % triturados, sin fluctuaciones drásticas en su granulometría que afecten el diseño de mezcla previamente aprobado. Básicamente la Asociación Internacional de Recubrimientos con Morteros (ISSA) describe tres granulometrías estándar, sin embargo por su uso convencional en todo el mundo únicamente se utilizan dos: Tipo II y Tipo III; cada una diseñada y seleccionada de acuerdo a la estructura existente, tráfico y condiciones climatológicas en el área de aplicación.

Tipos de granulometría

Tipo II. Esta gradación de agregado se utiliza para rellenar huecos de la superficie, reparar problemas del pavimento, sellar y brindar una superficie durable.

Tipo III. Esta gradación de agregado brinda máxima resistencia ante el deslizamiento y una superficie de menor desgaste. Este tipo de superficie de micropavimento es apropiado para pavimentos de alto tránsito, relleno de baches o para ser colocado en superficies muy texturadas que requieran un agregado de mayor tamaño para rellenar huecos.

Tabla 2.4.5 Especificaciones de tipos de granulometrías acorde al tamaño del tamiz.

Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)

Tipo	II	III
Tamaño de Tamiz	Porcentaje que Pasa	
9.5 mm (3/8")	100	100
4.75 mm (No. 4)	90-100	70-90
2.36 mm (No. 8)	65-90	45-70
1.18 mm (No. 16)	45-70	28-50
600 micrones (No. 30)	30-50	19-34
300 micrones (No. 50)	18-30	12-25
150 micrones (No. 100)	10-21	7-18
75 micrones (No. 200)	5-15	5-15
Contenido de asfalto en el mortero asfáltico %	7.5-13.5	6.5-12
Típica tasa de aplicación kg/m ²	5.4-9.1	8.2-13.6

2.4.5 Aplicación

Se debe preparar la superficie antes de aplicar el micro pavimento, para esto, se deben eliminar el material suelto, machas de lodo, vegetación y otro material inaceptable de la superficie. Si se usa agua, debe permitirse que las grietas se sequen bien antes de aplicar la capa de micro asfalto (si éstas superan las 0.25" de ancho en la superficie tratarlas con un sellador aprobado), procurando proteger alcantarillas, cajas de válvulas y rejillas.

Cuando las condiciones locales lo permitan, la superficie será nebulizada con agua antes de utilizar la esparcidora. El ritmo de aplicación del fog puede ajustarse a los cambios de temperatura, textura de la superficie, humedad y sequedad del pavimento. El micro pavimento debe tener la consistencia apropiada al salir de la mezcladora. Debe colocarse suficiente cantidad del material en todas las partes de la esparcidora en todo momento, a fin de que pueda obtenerse una cobertura completa. Evite sobrecargar la esparcidora. No se permite utilizar agregado con aglomeraciones o partes sin mezclar. No se permitirá que la máquina coloque agregado seco o que este se presente de antemano en la superficie.

Ritmo de aplicación

Con el fin de brindar un ritmo de aplicación adecuado de la mezcla para la condición de la superficie, este será calculado acorde la siguiente tabla:

Tabla 2.4.6 Ritmo de aplicación sugerido para los tipos de agregados. Fuente: (Norma de rendimiento recomendada para micropavimento ISSA A 143, 2010)

Tipo de agregado	Ubicación	Ritmo de aplicación sugerido
Tipo II	Calles urbanas y residenciales, pistas en aeropuertos, capa niveladora.	10-20 lb/yd ² (5,4-10,8 kg/m ²) Según sea necesario.
Tipo III	Rutas principales e interestatales, baches de ruedas, capa niveladora.	12-30 lb/yd ² (8,1-16,3 kg/m ²) Según sea necesario.

2.5 Tratamiento Superficial por Bacheo

El bacheo asfáltico es uno de los procesos de mantenimiento rutinario principales ejecutados en carreteras, avenidas principales o secundarias, caminos vecinales y demás, el cual consiste en reemplazar porciones de carpeta asfáltica (por lo general de 10 cm de espesor) que presenten daños por desintegración o desprendimiento de los agregados en pequeñas áreas donde el pavimento presente condiciones inestables.

La mayoría de los baches se deben al envejecimiento del pavimento de asfalto o el agua que se filtra por las grietas de la acera. El agua que ingresa a la estructura del pavimento (es decir, la capa base y la capa subbase) producirá el debilitamiento de estas capas siendo la principal causa que los genera.

2.5.1 Equipamiento necesario

- Cortadora: realiza el corte del área, de preferencia cuadrada o rectangular a reemplazar.
- Compresor de aire: necesario para retirar excesos de polvo.
- Equipo de riego de liga o imprimación.

- Compactador de rodillo o de placa.
- Rastrillo afinador.
- Regadera y olla en caso de no se disponga de un imprimador.
- Herramientas básicas como: picos, palas, escobas, carretillas.

2.5.2 Proceso constructivo generalizado

1. Con un cortador de pavimento se perfilan los bordes verticales hasta llegar a la base.
2. Se remueve el material dañado completamente y sin afectar del todo a la capa anterior, se retira el exceso de polvo con el compresor de aire tratando de limpiar las esquinas y paredes verticales.
3. Se aplica un riego de liga, principalmente en las paredes verticales para obstruir el paso de agua.
4. Con el rastrillo se coloca la mezcla asfáltica de bacheo, la cual debe estar a temperatura media alta para una mejor cohesión y adherencia de partículas.
5. Se le da el acabado final compactándolo con el rodillo o placa.

2.5.3 Especificaciones técnicas

En caso de utilizarse asfaltos diluidos, éstos deberán cumplir con los requisitos señalados en la subsección 810-3. Si se usa emulsiones asfálticas, éstas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la subsección 810-4.

Los agregados que se emplearán en este trabajo estarán determinados en el contrato y deberán cumplir lo señalado en el numeral 405-5.02, inclusive las granulometrías, pudiendo utilizarse además una granulometría fina y abierta para un agregado 90% triturado, con los límites de la Tabla 2.4.3-1. En todo caso, antes de añadir el asfalto a la mezcla en sitio, las varias fracciones de agregados deberán estar completamente mezclados y secos.

Tabla 2.5-2.5.1 Porcentaje en peso que pasante de tamices malla cuadrada en base

Fuente: MOP – 001 – F, 2002

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	3/8" Máximo	1/4" Máximo
1/2" (12.7 mm.)	100	
3/8" (9.5 mm.)	90-100	100
1/4" (6.3 mm.)	55-35	85-100
Nº 4 (4.75 mm.)	30-50	-
Nº 8 (2.38 mm.)	15-32	15-32
Nº 16 (1.18 mm.)	0-15	0-15
Nº 200 (0.075 mm.)	0-3	0-3

Sobre ensayos y tolerancias La calidad del material asfáltico será comprobada mediante las normas indicadas en la subsección 810-3, para los asfaltos diluidos, y subsección 810-4, para emulsiones asfálticas según el tipo y grado de material bituminoso que se use.

El hormigón asfáltico mezclado en sitio deberá cumplir con la fórmula maestra de obra indicada en el numeral 405-4.05.1, dentro de las siguientes tolerancias:

- a) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz Nº 4 y tamices mayores: $\pm 5\%$.
- b) Peso de los agregados secos que pasen los tamices Nº 8 hasta el Nº 100: $\pm 4\%$.
- c) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz Nº 200: $\pm 2\%$.
- d) Dosificación del material asfáltico: $\pm 0.5\%$.

2.5.4 Ventajas de uso

- Corrige diversidad de defectos y daños de la superficie de los pavimentos (baches, hundimientos, zonas agrietadas, nivelado de zonas, etc.)
- Provoca un mínimo de molestias, se abre al tráfico en menos de una hora después de la aplicación.

- Mejora en Índice de Confort (IDC) y/o IRI (International Roughness Index) , mejora la seguridad.
- Solución efectiva en costo.
- No es necesario re-nivelar tapas de registro o brocales de drenaje.
- No altera la descarga de aguas pluviales de los lotes a la calle.
- Usando una caja especialmente diseñada se corrigen roderas y huellas.
- Durabilidad de 4 a 10 años.

2.6 Parámetros cuantificadores

- Factibilidad de ejecución: que tan risible es realizar el método propuesto dadas las condiciones actuales
- Tiempo: La duración en la que se realizan los rubros del proyecto
- Costo: El presupuesto considerado entre mano de obra, materiales, equipos y maquinaria.
- Efectividad: La calidad del proyecto entregado
- Vida útil: El tiempo en la que el proyecto satisface las necesidades del usuario
- Mantenimiento: La necesidad de realizar mantenimientos al proyecto luego de haberlo entregado
- Ambiental: Desechos al medio ambiente por el método constructivo
- Inversión: El costo inicial que se debe dar para emplear el proceso constructivo.

2.6.1 Descripción de las alternativas

2.6.1.1 Alternativa A

Realizar tratamiento preventivo de sellado a la capa de rodadura utilizando equipo de riego de Slurry Seal de la Prefectura del Guayas.

Ejecutar tratamientos preventivos a las vías rurales a cargo del Gobierno Provincial, en el cual se utilizará un equipo de riego modelo M210 que ayudará a realizar un sello de lechada asfáltica Slurry Seal para mejorar la calidad de la

capa de rodadura entre otros beneficios. Esto implica una reducción de costos y ampliación de vida útil de las vías de segundo y tercer orden.

2.6.1.2 Alternativa B

Realizar tratamiento preventivo de sellado a la capa de rodadura utilizando equipo de riego de Micro pavimento de la Prefectura del Guayas

Ejecutar tratamientos preventivos a las vías rurales a cargo del Gobierno Provincial, en el cual se utilizará un equipo de riego modelo M210 que ayudará a realizar un sello de micro agregado para mejorar la calidad de la capa de rodadura entre otros beneficios. Esto implica una reducción de costos a los trabajos realizados actualmente pero más costoso que una aplicación de Slurry.

2.6.1.3 Alternativa C

No hacer nada

Actualmente se realizan trabajos de bacheo cuando se presencia un deterioro en la carpeta asfáltica, por lo que se seguiría trabajando en las carreteras cuando el estado de fallas esta avanzado y requiera un tratamiento superficial. A largo plazo resulta más costoso y menos eficaz en cuanto a vida útil de la estructura se refiere.

2.6.2 Selección de alternativa Óptima

Se realiza un análisis de cada alternativa utilizando los parámetros cuantificadores planteados anteriormente para identificar las ventajas y desventajas que presenta cada alternativa respectivamente como se muestra en la Tabla 2.1. Se hará una suma de cada aportación para tener un resultado de la selección más favorable.

Parámetros cuantificadores	Peso	Valoración			Aportación		
		A	B	C	A	B	C
Factibilidad de ejecución	10,00%	95	92	90	9,5	9,2	9
Tiempo	13,00%	90	90	65	11,7	11,7	8,45
Costo	17,00%	90	85	75	15,3	14,45	12,75

Efectividad	10,00%	85	92	55	8,5	9,2	5,5
Vida útil	16,00%	88	93	55	14,08	14,88	8,8
Mantenimiento	14,00%	90	92	75	12,6	12,88	10,5
Ambiental	5,00%	95	90	85	4,75	4,5	4,25
Inversión	15,00%	55	50	90	8,25	7,5	13,5
TOTAL	100,00%				84,68	84,31	72,75

Al realizar la evaluación de cada parámetro asociado a la alternativa correspondiente se obtuvo un puntaje de 84,68 como máximo siendo la alternativa A. La aplicación de micro aglomerado a pesar de tener un mejor rendimiento en cuanto se refiere a vida útil de la carretera si presenta un costo mayor dado el tamaño del árido y el polímero utilizado en la composición. La alternativa C es claramente inferior debido al mal tratamiento y seguimiento que se le da al estado de la carretera por lo que es recomendable seguir un sellado usando los materiales antes mencionados.

CAPÍTULO 3

3 DISEÑO Y VERIFICACIONES

Con lo visto en el capítulo anterior, el Slurry Seal y el Micro Pavimento tienen cada uno sus especificaciones de diseño, y dado a que muchas de ellas son similares, se realizaron dos ensayos de laboratorio para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica: el ensayo de abrasión húmeda (ISSA TB No. 100) y el de rueda cargada y adhesión de arena (ISSA TB No. 109).

3.1 Criterios de diseño en laboratorio para Slurry Seal

3.1.1 Límite por ensayo de abrasión

Los límites que se determinan para realizar la curva dependerán de los modelos de los equipos utilizados en laboratorio, la norma ISSA especifica el valor de pérdida por abrasión en gramos sobre superficie para este modelo es 807 [g/m²] y se lo compara con los valores obtenidos como se muestra en la Tabla 2.3.1. Para encontrar el valor de pérdida de abrasión se realizan dos mediciones respectivamente al salir del horno para determinar el peso inicial y final.

$$\text{Pérdida por abrasión} = W_i - W_t$$

Siendo:

$W_i = \text{Peso mezcla inicial}$

$W_t = \text{Peso mezcla final}$

Posterior a esto se determina la conversión adecuada de g a g/m² que estará ligada al equipo utilizado durante el ensayo (A-120). Esta especificación se encuentra en la Tabla 2 de la norma ISSA No. 100:

Tabla 3.1.1 Factores de corrección para correlación a C -100. Fuente: ISSA No. 100

TABLE 2
LOSS CORRECTION FACTORS FOR CORRELATION TO C-100

Hobart Model	Equivalent Test Duration	Multiply Grams Lost by the Appropriate Factor to Obtain Loss per Unit Area	
	Seconds	g / ft ²	g / m ²
C-100 ⁽¹⁾	300 ± 2	3.06 x 1.0	32.9 x 1.0
A-120 ⁽¹⁾	405 ± 2	2.78 x 1.17	29.9 x 1.17
N-50 ⁽¹⁾	315 ± 2	For losses ≥ 24.5g, use 3.48 x 0.78 ⁽²⁾	For losses ≥ 24.5g, use 37.5 x 0.78 ⁽²⁾
		For losses < 24.5 g, use 3.06 x 1.0 ⁽²⁾	For losses < 24.5g, use 32.9 x 1.0 ⁽²⁾

Por lo tanto:

$$\text{Pérdida por abrasión} \left[\frac{g}{m^2} \right] = \text{Pérdida por abrasión} \times (29.9 \times 1.17)$$

Estos resultados no deberán exceder el valor de 807 [g/m²] como lo especifica la norma y se realizará una gráfica donde se obtendrá una ecuación de la recta basado en los resultado y el límite ya antes mencionado.

Tabla 3.1.2 Verificación de perdida de abrasión en laboratorio. Fuente: propia.

ABRASIÓN HÚMEDA - ISSA TB No. 100

CONTENIDO DE EMULSIÓN (%)	CONTENIDO DE ASFALTO (%)	PESO MEZCLA INICIAL (g)	PESO MEZCLA FINAL (g)	PESO PÉRDIDA POR ABRASIÓN (g)	PÉRDIDA POR ABRASIÓN (g/m ²)	ESPECIFICACIÓN	VERIFICACIÓN
16,0	10,1	874,0	872,0	2,0	70,0	807	OK
14,0	8,8	855,0	849,0	6,0	209,9		OK
12,5	7,9	857,0	845,0	12,0	419,8		OK
11,0	6,9	801,0	787,0	14,0	489,8		OK
9,5	5,9	835,0	817,0	18,0	629,7		OK

Se obtiene como resultado:

$$f(x) = -1.0581x^2 - 60.389x + 1298.1$$

$$f(x) = 807$$

3.1.2 Límite por adhesión de arena

Los límites que se determinan para realizar la recta dependerán de los modelos de los equipos utilizados en laboratorio, la norma ISSA especifica el valor de adhesión de arena en gramos sobre superficie para este modelo es 538 [g/m²] y

se lo compara con los valores obtenidos como se muestra en la Tabla 2.3.2. Tras los primeros 1000 ciclos se realizará la primera pesada para tener el peso de mezcla inicial, cuando se hagan los 100 ciclos con la arena puesta se realizará la medición y poder obtener cuando contenido de arena se ha adherido.

$$\text{Adhesión de arena} = W_{af} - W_{ai}$$

Siendo:

W_{af}: Peso final con arena adherida luego de los 100 ciclos

W_{ai}: Peso de adhesión inicial sin arena luego de los primero 1000 ciclos

Al obtener el peso final, se mide el área de incidencia quiere decir donde exista rastros de arena adherida y no se toma en cuenta la proporción de Slurry que no interactuó con la arena.

$$\text{Adhesión} \left[\frac{g}{m^2} \right] = (W_{af} - W_{ai}) / A_i$$

Donde:

A_i: área de incidencia en la muestra ya ensayada

Tabla 3.1.3 Verificación de adhesión de arena en laboratorio. Fuente: propia.

RUEDA CARGADA Y ADHESIÓN DE ARENA - ISSA TB No. 109									
CONTENIDO DE EMULSIÓN (%)	CONTENIDO DE ASFALTO (%)	ÁREA DE EXUDACIÓN			PESO DE MEZCLA (g)	PESO DE ARENA + MEZCLA (g)	ADHESIÓN DE ARENA (g/m ²)	ESPEC.	VERIF.
		ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ÁREA (m ²)					
16,0	10,1	3,5	36,0	0,0126	456	460	317,5	538	OK
14,0	8,8	3,1	34,5	0,0108	450	452	185,0		OK
12,5	7,9	3,4	34,7	0,0118	498	500	169,4		OK
11,0	6,9	2,8	35,2	0,0100	491	492	100,4		OK
9,5	5,9	3,3	35,3	0,0115	508	509	86,8		OK

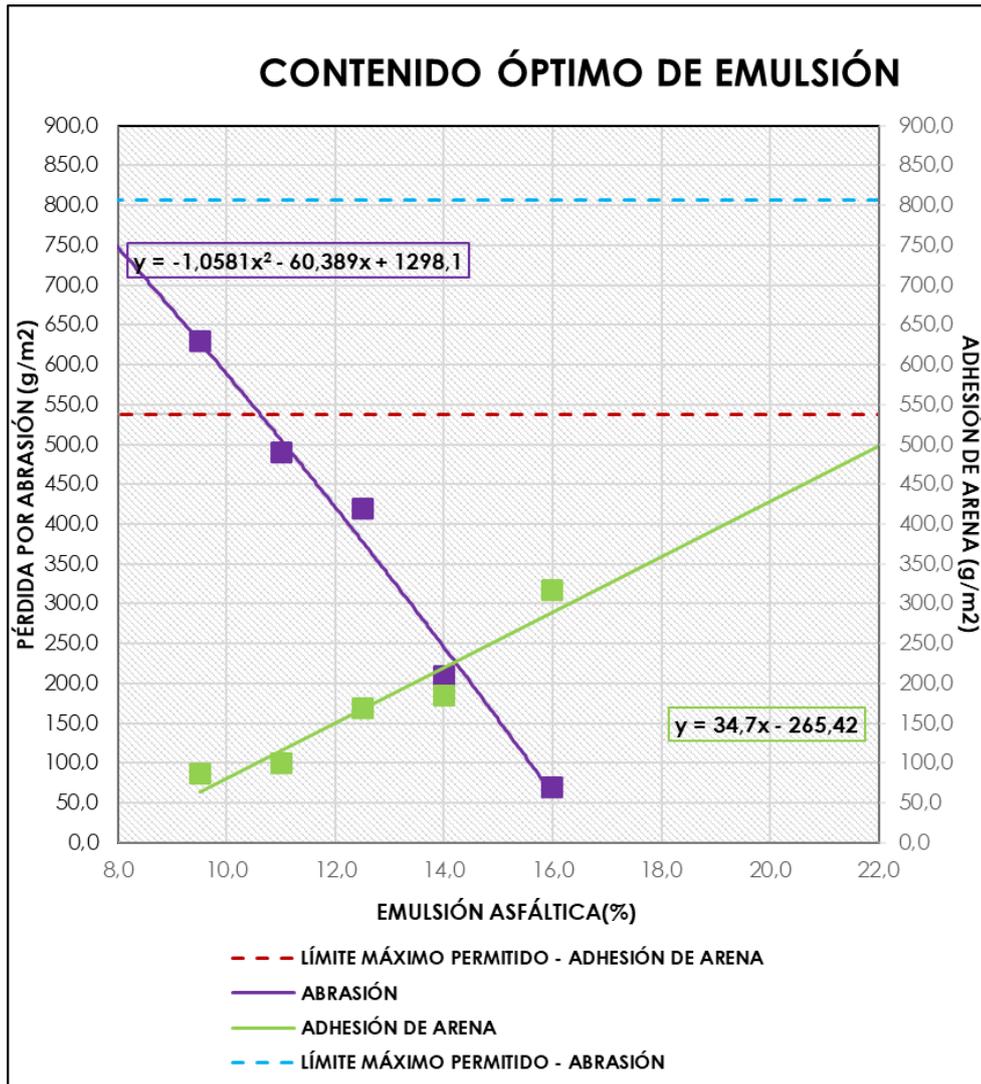
Se obtiene como resultado:

$$f(x) = 34.7x - 265.42$$

$$f(x) = 538$$

3.1.3 Contenido óptimo de emulsión asfáltica

Luego de realizar los ensayos de laboratorio se realiza una gráfica en donde se determinará el porcentaje óptimo que debe tener la mezcla para un buen rendimiento en campo, las dos rectas que estarán en dichas graficas dependerán de los valores correspondientes en las tablas 2.3.1 y 2.3.2:



Gráfica 3.1.1 Contenido óptimo de emulsión asfáltica para Slurry Seal II. Fuente: propia.

Como se puede visualizar en el gráfico 3.1 hay dos rectas que representan los datos recolectados de las cinco muestras durante los dos ensayos de laboratorio. Primero tenemos la recta morada que refleja los resultados del ensayo de

abrasión donde se fue variando el contenido de emulsión asfáltica y dio como resultado una línea con pendiente negativa que cumple en los 5 casos para el límite que establece la norma ISSA de acuerdo con el equipo utilizado durante los ensayos, es importante destacar que mientras más contenido de emulsión haya el ensayo entrega mejores resultados ya que el emulsificante ayuda a adherir las partículas granulares y esto disminuye el desprendimiento de granos. Por otro lado, la recta con pendiente positiva indica los resultados observados posterior a los ensayos de adhesión de arena donde se puede ver que para valores superiores a 20% de emulsión asfáltica se está acercando a la franja límite según la norma, mientras más contenido de agua tenga la mezcla la exudación será mayor y se ganara más kg de arena para esto se establece el límite de 538 g/m².

Todos los valores cumplieron los límites respectivos y la intercepción de las rectas indica que la cantidad optima de emulsión asfáltica para un Slurry Seal Tipo II es de 14.3% aproximadamente, pero se pueden utilizar otros valores que también cumplen con las especificaciones ISSA para reducir costos sin comprometer la eficiencia del sellado, un sello Slurry Tipo II ronda de \$2,11 a \$2,30 según la calidad del agregado y calidad de la emulsión empleada por lo que se pueden elegir varias opciones a partir del grafico obtenido en este proyecto.

Tabla 3.1.4 Dosificaciones de Slurry Seal ensayados en laboratorio.

% EMULSIÓN	% AGUA	% ASFALTO EN EMULSIÓN	%ASFALTO	% AGUA
16,0	14,0	63,0%	10,08	19,92
14,0	14,5	63,0%	8,82	19,68
12,5	15,0	63,0%	7,88	19,63
11,0	15,5	63,0%	6,93	19,57
9,5	16,0	63,0%	5,94	19,56

En la tabla anterior se puede ver a modo resumen las dosificaciones que se utilizaron para cada ensayo y el contenido de cada componente en la lechada asfáltica Slurry. A pesar de que todos los ensayos cumplieron con los requerimientos especificados por la norma ISSA, es importante identificar las

opciones más económicas que no comprometan la efectividad de la colocación del sello. A mayor contenido de emulsión la exudación incrementa lo que implica resultados ajustados en el ensayo de adhesión de arena, pero ocurría un efecto contrario en el ensayo de abrasión obteniendo valores lejos del límite, por lo que al tener todos los resultados no se recomienda escoger las muestras de condiciones de frontera (9.5%-16%), sino una que cumpla y no ponga en una situación crítica al sello que será colocado en la vía.

3.2 Criterios de diseño en laboratorio para Micro Pavimento

Dadas las limitaciones para efectuar ensayos a lo largo de la pandemia la demostración de los ensayos de abrasión y adhesión de arena serán citados de la tesis “Análisis comparativo de emulsiones asfálticas con polímeros tipo SBR en el diseño de micro pavimentos empleando agregados de las canteras de Guayllabamba y San Antonio”, desarrollada en la Escuela Superior del Ejército. Así mismo las normas y procedimientos mostrados para el Slurry Seal son teóricamente los mismos para el micro pavimento.

3.2.1 Limite por ensayo de abrasión

A diferencia de la especificación usada para el ensayo del slurry seal, en este ensayo el límite de pérdida por abrasión húmeda fue de 538 g/m² debido a que la duración del ensayo fue de 1 hora (ver tabla 2.2.4).

Tabla 3.2.1 Dosificaciones de Micro pavimento ensayados en laboratorio(abrasión).

Fuente: (Guilcapi & Santamaria, 2012)

ABRASIÓN HÚMEDA - ISSA TB No. 100				
CONTENIDO DE EMULSIÓN (%)	CONTENIDO DE ASFALTO (%)	PÉRDIDA POR ABRASIÓN (g/m ²)	ESPECIFICACIÓN	VERIFICACIÓN
15.5	9.6	324.7	538	OK
14.5	9.0	458.6		OK
13.5	8.4	509.6		OK

Se obtiene como resultado:

$$f(x) = -41.46x^2 - 1109.9x + 6917.8$$

$$f(x) = 538$$

3.2.2 Límite por adhesión de arena

Tabla 3.2.2 Dosificaciones de Micro pavimento ensayados en laboratorio (rueda cargada). Fuente: (Guilcapi & Santamaria, 2012).

RUEDA CARGADA Y ADHESIÓN DE ARENA - ISSA TB No. 109				
CONTENIDO DE EMULSIÓN (%)	CONTENIDO DE ASFALTO (%)	ADHESIÓN DE ARENA (g/m ²)	ESPECIFICACIÓN	VERIFICACIÓN
15.5	9.6	531.4	538	OK
14.5	9.0	408.9		OK
13.5	8.4	370.5		OK

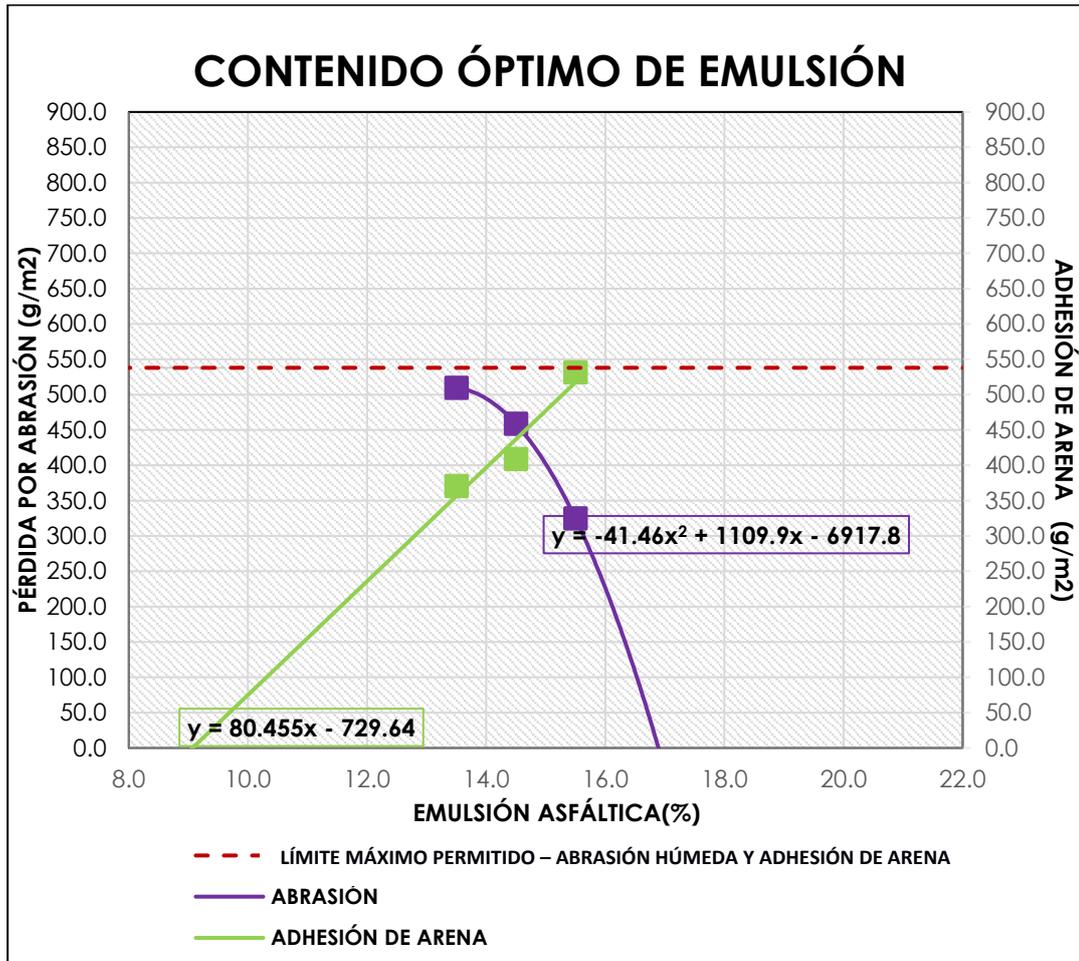
Se obtiene como resultado:

$$f(x) = 80.455x - 729.64$$

$$f(x) = 538$$

3.2.3 Contenido óptimo de emulsión asfáltica

De la misma forma, se realiza una gráfica en la que se determinará el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica con polímero que debe tener la mezcla de micro pavimento, tomando en consideración los valores expuestos en las tablas 3.2.1 y 3.2.2.



Gráfica 3.2.1 Contenido óptimo de emulsión asfáltica para micro pavimento. Fuente: propia.

El ensayo, dado su alcance, se lo realizó con porcentajes de 1 a 4 en cuanto a cantidad de polímeros SBR (*Styrene-Butadiene Rubber* o en español caucho estireno-butadieno), sin embargo para la demostración en este trabajo se utilizó el porcentaje más alto (4%) dado a que se dice que a mayor cantidad de polímeros en la mezcla asfáltica, el desgaste del micro pavimento es menor, esto por las propiedades mismas

de los polímeros como lo son: resistencia a la abrasión, resistencia al desgarrado, resistencia al impacto y maneja temperaturas de servicio de 10-70 °C.

Con un análisis similar al anterior con respecto al slurry seal, el micro pavimento, para este ensayo, requiere un aproximado de 14.2% de emulsión asfáltica, considerando que así mismo se pueden usar los otros valores que también cumplan con las especificaciones ISSA con la finalidad de reducir costos dado que el micro pavimento tiene un valor representativo de \$2,9/m²; sin embargo, hay que destacar que este valor está sujeto a la cantidad de emulsión con polímero que vaya a ser usada. En ambos casos, sea la implementación de este tratamiento o del Slurry seal, se debe procurar siempre implementar las dosificaciones adecuadas que no sobrepasen los límites dictados por la norma.

CAPÍTULO 4

4 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivos

4.1.1 General

Evaluar los distintos impactos ambientales que se verían involucrados en el área definida para el proyecto, con el fin de mitigar los diferentes daños a la naturaleza que se llegaran a presentar durante de la reconstrucción de la capa asfáltica la vía.

4.1.2 Específicos

- Definir la línea base ambiental con la información de proyectos de mantenimiento de carpeta asfáltica anteriormente realizados para tener referencias con respecto al estado ambiental actual del cantón El Empalme.
- Identificar los impactos positivos y negativos para un mejor desempeño de actividades que brinden las soluciones más óptimas para el cuidado del medio ambiente.

4.2 Descripción del proyecto

El Gobierno provincial del Guayas en su labor de dar mantenimiento y refacción de vías en sectores rurales, necesita un estudio de optimización del uso de una maquinaria en específico que mantienen guardada en uno de sus galpones, dicha maquinaria en particular trabaja para el riego de micropavimento/Slurry seal. Estos sellos de mortero asfáltico son una excelente solución para carreteras en las primeras etapas de deterioro. La mezcla de agregados (áridos), emulsión asfáltica, agua se esparce uniformemente sobre la superficie de la carretera existente. Al hacer esto al principio del ciclo de vida de la carretera, puede prolongar económicamente la vida útil de la carretera a siete años o más.

4.3 Línea base ambiental

Con altas aspiraciones a que el proyecto sea de gran beneficio a los cientos de usuarios que lleguen a servirse de vías refaccionadas por tal tecnología de sellado, se lleva a cabo la descripción de los distintos factores relacionados al componente ambiental que será de gran relevancia para su desarrollo. Dichos factores son: físicos, biológicos y socio-económicos.

Factores ambientales afectados

Entorno físico

- Clima
- Suelo
- Calidad del aire
- Nivel de ruido

Entorno biológico

- Flora y Fauna

Entorno socio-económico

- Seguridad poblacional
- Nivel de empleo
- Seguridad laboral
- Tráfico vehicular

4.3.1 Clima

El clima de la provincia de Guayas es de sabana y monzón tropical, con altas temperaturas durante la mayor parte del año. Cerca de las aguas termales, la evaporación es mayor que la precipitación, lo que hace que el área sea seca y casi desértica. La temperatura media anual es de unos 25 ° C. Como otras regiones del Ecuador, la provincia tiene dos estaciones: invierno o temporada de lluvias, aproximadamente de enero a mayo. Y el verano o temporada seca de junio a diciembre. (*Ecuador - Guía virtual de turismo accesible*, 2017)

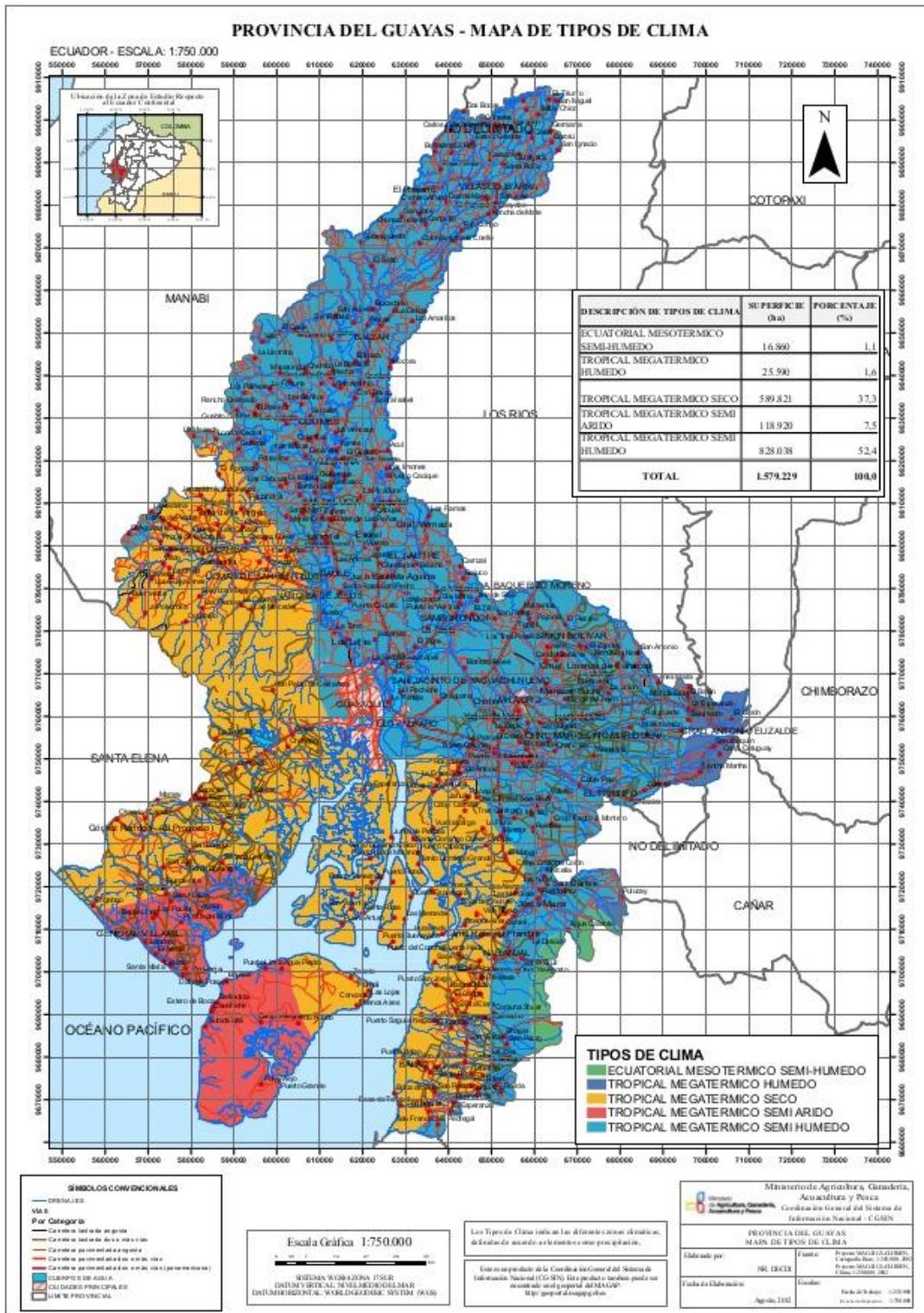


Figura 4.3.1 Mapa de tipos de clima de la Provincial del Guayas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

4.3.2 Suelo

Tabla 4.3.2-4.3.1 Descripción geomorfológica de los suelos en los cantones de la Provincia del Guayas. Fuente: SNI Ecuador.

CANTONES	RELIEVE	SUELOS	GEOLOGÍA
Bucay, El Triunfo	Montañoso, escarpado y muy disectado	Montañoso, escarpado y muy disectado	Materiales volcánicos y volcano-sedimentarios. Cretácicos.
Colimes, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Guayaquil	Relieves montañosos y colinados muy altos, moderadamente disectados.	Arcillosos	Rocas volcánicas y volcano-sedimentarias del Cretácico.
Yaguachi, Samborondón, Baquerizo Moreno, Milagro, Simón Bolívar, Naranjito, Lomas de Sargentillo, Santa Lucía, Palestina y Colimes	Recientes: Terrenos planos y ondulados, bancos, basines, meandros y cauces abandonados	Muy arcillosos, arcillo- limosos y limo- arenosos	Depósitos aluviales.
Simón Bolívar, Naranjito	Conos de esparcimiento y deyección antiguos y recientes, planos a moderadamente disectados	Suelos derivados de cenizas volcánicas; otros, areno-arcillosos y pedregosos	Depósitos aluviales de tipo torrencial

4.3.3 Calidad del aire

Tabla 4.3.3-1 Calidad de Aire de cantones estratégicos del proyecto. Fuente: The Weather Channel, 2021.

	Guayaquil	Daule	El Empalme
PM2.5 (Partículas en suspensión menores a 2,5 micrones) [µg/m3]	10.16	10.65	9.88
NO2 (Dióxido de Nitrógeno) [µg/m3]	8.98	9.9	3.59
O3 (Ozono) [µg/m3]	39.42	36.64	48.76
SO2 (Dióxido de Azufre) [µg/m3]	9.23	10.74	3.2
PM10 (Partículas en suspensión menores a 10 micrones) [µg/m3]	16.18	16.83	14.98
CO (Monóxido de carbono) [µg/m3]	138.63	123.06	100
Estado	Buena	Moderada	Buena

4.3.4 Nivel de ruido

Tabla 4.3.4-1 Niveles máximos de ruido permisibles según el uso de suelo. Fuente: (Chang Gómez, 2009)

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

Tabla 4.3.4-2 Niveles de presión sonora máximos para vehículos automotores. Fuente: (Chang Gómez, 2009)

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	NPS MAXIMO (dBA)
Motocicletas:	De hasta 200 centímetros cúbicos.	80
	Entre 200 y 500 c. c.	85
	Mayores a 500 c. c.	86
Vehículos:	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas.	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas.	82
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP.	85
Vehículos de Carga:	Peso máximo hasta 3,5 toneladas	81

	Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12,0 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12,0 toneladas	88

4.3.5 Flora y Fauna local

Reserva Ecológica Manglares Churute

El principal ecosistema que protege la reserva es el manglar, que cubre el 60% del territorio. En la reserva existen cinco de las siete especies de manglar reportadas en el país: mangle rojo, mangle blanco, mangle negro, mangle jelí, y mangle colorado o gateado. Al igual que en el resto de zonas, el mangle rojo, que se caracteriza por sus grandes raíces aéreas, es el más abundante. En las zonas de tierra firme y hacia la parte alta de los cerros contiguos se encuentran los bosques secos propios de esta parte de la Costa, donde crecen árboles como el guayacán, la tagua, el moral bobo y el palosanto. (Ministerio del Ambiente y Agua, 2015)



Figura 4.3.2 Manglares Churute. Fuente: GoRaymi

Al ser una reserva que protege una extensa zona de humedales, existe una gran diversidad de peces, moluscos y crustáceos. Entre los últimos hay cangrejos rojos, jaibas, conchas prietas, mejillones y ostiones. Uno de los

grupos más característicos es el de las aves. Existen más de 300 especies, incluyendo aves acuáticas como garzas, cormoranes e ibis, así como aves migratorias como zarapitos y chorlitos que, durante la época de invierno y frío del hemisferio norte, llegan a esta zona donde es más fácil conseguir alimento y refugio. También son representativas de la reserva las aves de los bosques secos, algunas de las cuales tienen distribución restringida a este ecosistema. (Ministerio del Ambiente y Agua, 2015)



Figura 4.3.3 Fauna representativa de la Reserva Manglares Churute.

Fuente: (Universidad Central del Ecuador Sede Galápagos,2014).

Entre los mamíferos se han reportado especies propias de la zona costera como murciélagos, zarigüeyas, perezosos y mapaches cangrejeros también llamados, ositos lavadores. Es además uno de los pocos lugares del golfo donde se encuentran animales más grandes y amenazados como jaguares, tigrillos, monos aulladores, puercos saínos, cocodrilos y caimanes. (Ministerio del Ambiente y Agua, 2015)

4.3.6 Nivel de empleo

Tabla 4.3.2 Población empleada en la Provincia del Guayas. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010)

Ocupación	Hombre	Mujer
Empleado privado	375.630	178.368
Cuenta propia	237.918	115.351
Jornalero o peón	146.754	9.190
Empleado u obrero del Estado, Municipio o Consejo Provincial	73.065	51.115
No declarado	49.856	36.095
Empleada doméstica	5.141	58.200
Patrono	20.587	11.900
Trabajador no remunerado	10.196	5.184
Socio	7.295	4.090
Total	926.442	469.493

4.4 Actividades del proyecto

Actividades constructivas

1. Explotación de canteras

La planta procesadora de agregados pétreos y cemento asfáltico Yolán, capaz de producir hasta 120 toneladas de asfalto por hora. Equivalente a 500 m³ o 50 volquetas llenas.

2. Transporte de material (agregado)

El transporte del cisco extraído de la cantera Yolán, ubicada en el cantón Daule hacia El Empalme equivale a aproximadamente 152 km de ruta, pero al ser un trabajo de mantenimiento de varios caminos de II orden, los viajes hacia éstos pueden darse en distintos eventos.

Tabla 4.4.1. Transporte de Material desde la cantera Yolán hacia vías de II orden en el cantón El Empalme. Fuente: Prefectura del Guayas.

No.	Caminos	Longitud desde la cantera al camino (km)
1	23 de Junio	144
2	2 de Mayo	144
3	Buena Suerte	152
4	Limón Chico	161
5	Caracolí	154
6	Los Pavones	160

3. Acopio de material

Después de ser transportado, todos los materiales que conforman la lechada asfáltica son vertidos en la cámara mezcladora del micropavimentador modelo Bergkamp M210.

4. Elaboración de la lechada asfáltica

El proceso de elaboración es in situ y es realizado por la misma micropavimentadora, optimizando en gran parte el tiempo y la mano de obra que usualmente se requiere para un bacheo convencional. Mediante un mezclador de paletas múltiples, los agregados se mezclan uniformemente a velocidad variable proporcionada por un mando hidráulico doble.

5. Imprimación y compactación

El proceso de final de mantenimiento se realiza con las debidas señaléticas de seguridad a lo largo de la vía.

4.5 Identificación cualitativa de impactos ambientales

En la evaluación de Impactos Ambientales es necesario realizar una interacción entre las actividades que se realizarán en el proyecto y los componentes ambientales que se verán afectados durante el mismo, destacando en mayor importancia a los factores negativos. Para esto, se analizó cada actividad realizada bajo cada medio afectado y el posible impacto que se genera con el fin de identificar de forma cualitativa las potenciales afecciones que tendrán los componentes ambientales por

la ejecución de dichas actividades. De igual forma, los impactos positivos, negativos y neutros serán distinguidos a simple vista acorde a la siguiente especificación:

Positivo	
Negativo	
No aplica (N/A)	

4.5.1 Impactos producidos por la actividad de explotación de canteras

Tabla 4.5.1 Impactos producidos por la actividad de explotación de carreteras.

Fuente: propia.

	Medio	Aspecto ambiental afectado	Posible impacto ambiental generado
Explotación de canteras	Físico-químico	Clima	Aumento de temperatura por la actividad de explotación.
		Suelo	Disminución de cobertura vegetal. Afectación a la estabilidad de talúdes. Afectación a niveles de erosión de la zona.
		Calidad de Aire	Incremento de emisiones de polvo. Contaminación por fugas de combustible.
		Nivel de Ruido	Afectación por alto nivel de ruido hacia zonas aledañas.
	Biológico	Flora y Fauna	Disminución de cobertura vegetal en la zona de influencia.
	Socio-económico	Seguridad poblacional	Riesgo de posibles derrumbes si se habita cerca a la cantera.
		Nivel de empleo	Aumento de plazas de trabajo.
		Seguridad laboral	Incremento en el riesgo de accidentes laborales.
		Tráfico vehicular	Incremento de tráfico en la zona de influencia directa en indirecta

4.5.2 Impactos producidos por la actividad de transporte de material

Tabla 4.5.2 Impactos producidos por la actividad de transporte de material.

Fuente: propia.

Transporte de material (agregado)	Medio	Aspecto ambiental	Posible impacto ambiental generado	
	Físicoquímico		Clima	N/A
			Suelo	N/A
			Calidad de Aire	Contaminación por emisiones de CO2 al ambiente.
			Nivel de Ruido	Incremento de ruido emitido por la volqueta y el material a transportar.
	Biológico	Flora y Fauna	N/A	
	Socio-económico		Seguridad poblacional	Riesgo por alguna posible liberación accidental de material.
			Nivel de empleo	N/A
			Seguridad laboral	Riesgo de accidentes automovilísticos.
			Tráfico vehicular	Afectación en vías de tráfico liviano.

4.5.3 Impactos producidos por la actividad de acopio de material

Tabla 4.5.3 Impactos producidos por la actividad de de acopio de material.

Fuente: propia.

Acopio de material	Medio	Aspecto ambiental	Posible impacto ambiental generado	
	Físicoquímico		Clima	N/A
			Suelo	N/A
			Calidad de Aire	Incremento en emisiones de polvo.
			Nivel de Ruido	Incremento de ruido emitido por el material que se dispone a ser depositado en la micropavimentadora.
Biológico	Flora y Fauna	N/A		

	Socio-económico	Seguridad poblacional	N/A
		Nivel de empleo	N/A
		Seguridad laboral	Riesgo por alguna posible liberación accidental de material fuera de la micropavimentadora.
		Tráfico vehicular	Cierre de la calle a la que se le dará el mantenimiento.

4.5.4 Impactos producidos por la actividad de elaboración de lechada asfáltica

Tabla 4.5.4 Impactos producidos por la actividad de elaboración de lechada asfáltica.

Fuente: propia.

	Medio	Aspecto ambiental	Posible impacto ambiental generado
Elaboración de lechada asfáltica	Físicoquímico	Clima	N/A
		Suelo	Aumento de temperatura por emisiones de vapores calientes que emergen de la maquinaria.
		Calidad de Aire	Generación de gases producto de la mezcla de materiales.
		Nivel de Ruido	Incremento de ruido emitido por la micropavimentadora durante la mezcla de materiales dentro.
	Biológico	Flora y Fauna	N/A
	Socio-económico	Seguridad poblacional	N/A
		Nivel de empleo	N/A
		Seguridad laboral	Riesgo por alguna posible liberación accidental de material fuera de la micropavimentadora.
		Tráfico vehicular	Cierre de la calle a la que se le dará el mantenimiento.

4.5.5 Impactos producidos por la actividad de imprimación y compactación

Tabla 4.5.5 Impactos producidos por la actividad de imprimación y compactación.

Fuente: propia.

	Medio	Aspecto ambiental	Posible impacto ambiental generado
Imprimación y compactación	Fisicoquímico	Clima	Disminución del efecto isla de calor
		Suelo	N/A
		Calidad de Aire	Alteración en la calidad de aire por cambios en las concentraciones de material particulado.
		Nivel de Ruido	Incremento de ruido emitido por la micropavimentadora durante el proceso de mantenimiento.
	Biológico	Flora y Fauna	N/A
	Socio-económico	Seguridad poblacional	N/A
		Nivel de empleo	Aumento de plazas de trabajo.
		Seguridad laboral	Optimización del trabajo de mantenimiento de la vía por la facilidad de operación de la maquinaria.
		Tráfico vehicular	Cierre de la calle a la que se le dará el mantenimiento.

4.6 Valoración de impactos ambientales

Como premisa se tienen los impactos potenciales que se van a producir a lo largo del desarrollo de la obra y operación, pero sin mostrar aún la gravedad de cada uno de ellos. Por ello, es necesario de realizar un análisis más elaborado correlacionando cada actividad con cada impacto para y darle una valoración a cada interacción.

Los criterios a usar serán propuestos en esta ocasión, bajo la metodología de los criterios Relevantes Integrados (Buroz, 1998) la cual elabora y define índices de impacto ambiental para cada actividad e impacto que se llegase a definir. Las siete variables propuestas por tal metodología son:

1. **Carácter de impacto o signo (+/-):** Caracteriza al impacto como beneficioso (signo +) o dañino (signo -) siempre y cuando la actividad lo amerite, de no ser

así y la actividad no genere impactos o sean desapercibidos, no se le atribuye calificación alguna.

2. **Intensidad del impacto (I):** Considera cuan grave es una actividad generada sobre un componente ambiental. La imparcialidad de la calificación dependerá de los conocimientos previos que tenga el evaluador, para esto se propone un rango de calificación que varía de 1 a 10 en orden creciente a la gravedad del impacto. Si el impacto genera reacciones desapercibidas la calificación será nula.
3. **Extensión o influencia espacial del impacto (E):** Se encarga de calificar al impacto acorde al tamaño del área de afectación generada por cada actividad del proyecto, bajo las siguientes valoraciones:

Tabla 4.6.1 Valores de extensión del impacto. Fuente: CADS-ESPOL, 2010.

Extensión	Valor
Puntual (impactos afectan solamente al sitio de implantación del proyecto)	1
Local (impactos afectan zonas en los alrededores del proyecto)	5
Regional (impactos afectan zonas alejadas al sitio del proyecto)	10

4. **Duración del impacto ambiental (D):** Tiempo de duración del efecto que causará la actividad sobre el componente ambiental. Se considerará la siguiente valoración:

Tabla 4.6.2 Valores de duración del impacto. Fuente: CADS-ESPOL, 2010.

Duración	Valor
Instantáneo (efectos del impacto desaparecen inmediatamente)	1
Temporal (efecto del impacto se produce solamente por un período fijo de tiempo y después desaparece)	2.5
Periódica (efectos del impacto aparecen con cierta frecuencia mientras dure la acción que lo produce)	5
Permanente (efectos del impacto no desaparecen)	10

5. **Magnitud del impacto ambiental (M):** Relaciona las cuatro variables anteriores por ende no necesita ser calificada. Se rige bajo la siguiente ecuación:

$$M = \pm[(I \times F_I) + (E \times F_E) + (D \times F_D)]$$

Donde los factores F_I , F_E y F_D son valores adimensionales inferiores a 1 (su sumatoria debe ser igual a la unidad) y dependerán de la magnitud de impacto en base al peso de incidencia de la variable a considerar. Tal como los valores anteriores, estos se establecen conforme el criterio del evaluador, pudiendo asignar valores de 1/3 en caso de dudas.

Tabla 4.6.3 Valores de magnitud del impacto. Fuente: propia.

Factor de Peso	Valor
F_I	1/3
F_E	1/3
F_D	1/3

6. **Reversibilidad (RV):** Considera cuan capaz es el sistema de volver a las condiciones originales apenas la actividad que genera el impacto culmine. Se asignarán los siguientes valores:

Tabla 4.6.4 Valores de reversibilidad del impacto. Fuente: CADSESPOL, 2010.

Reversibilidad	Valor
Completamente reversible (el entorno sí puede regresar a sus condiciones originales una vez que la acción cesó)	1
Parcialmente reversible (el entorno no regresa totalmente a las condiciones originales una vez que la acción cesó)	5
Irreversible (el entorno no puede regresar a sus condiciones originales una vez que la acción cesó)	10

7. **Riesgo o probabilidad del suceso (RG):** Valora acorde a la probabilidad con la que ocurriría el impacto sobre el componente ambiental propuesto. Se considerarán valores de:

Tabla 4.6.5 Valores de probabilidad del suceso. Fuente: CADSESPOL, 2010.

Probabilidad de Ocurrencia	Valor
Alta (existe más de un 50% de probabilidad de que el impacto ocurra)	10
Media (existe entre un 10 a 50% de probabilidad de que el impacto ocurra)	5
Baja (existe menos del 10% de probabilidad de que el impacto ocurra)	1

Acorde a cada valoración estipulada, se procede a calcular el VIA (Valor de Índice Ambiental) mediante la siguiente ecuación:

$$VIA = RV^{FRV} RG^{FRG} |M|^{FM}$$

Donde FRV, FRG y FM, son factores adimensionales menores a 1 (su sumatoria será igual a la unidad) que representan la importancia de los 3 últimos factores y su incidencia. Para este caso se usarán los siguientes valores:

Tabla 4.6.6 Valores de factores para cálculo de VIA. Fuente: propia.

Factor de Peso	Valor
FRV	1/3
FRG	1/3
FM	1/3

Ya obtenido el VIA de cada impacto se procede a designar la significancia de los valores resultantes con el fin de ayudar en la toma de decisiones y así obtener apropiadas medidas de mitigación que deben ser implementadas a su momento.

Tabla 4.6.7 Significancia del impacto. Fuente: CADS-ESPOL, 2010.

Valor del VIA	Significancia del Impacto
0-3	Baja
3-7	Media
7-10	Alta

4.7 Matrices de Valoración de Impacto Ambiental

Matriz de Carácter del impacto

Tabla 4.7.1 Carácter del impacto. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1
Transporte de material (agregado)	0	0	-1	-1	0	-1	0	-1	-1
Acopio de material	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-1
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-1
Imprimación y compactación	1	0	-1	-1	0	0	1	1	-1

Matriz de Intensidad

Tabla 4.7.2 Intensidad del impacto. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	9	10	7	8	5	2	7	6	6
Transporte de material (agregado)	0	0	7	4	0	2	0	5	1
Acopio de material	0	0	4	3	0	0	0	6	5
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	3	2	0	0	0	2	5
Imprimación y compactación	8	0	3	5	0	0	3	8	5

Matriz de Extensión

Tabla 4.7.3 Extensión del impacto. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	1	10	10	10	10	10	10	10	10
Transporte de material (agregado)	0	0	5	5	0	5	0	5	5
Acopio de material	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Imprimación y compactación	1	0	1	1	0	0	1	1	1

Matriz de Duración

Tabla 4.7.4 Duración del impacto. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	2.5	10	5	5	5	2.5	2.5	5	2.5
Transporte de material (agregado)	0	0	10	1	0	2.5	0	1	2.5
Acopio de material	0	0	2.5	1	0	0	0	1	2.5
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	2.5	1	0	0	0	1	2.5
Imprimación y compactación	10	0	2.5	5	0	0	2.5	5	2.5

Matriz de Magnitud

Tabla 4.7.5 Magnitud del impacto. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	-4.2	-10	-7	-7.7	-6.7	-5	6.5	-7	-6
Transporte de material (agregado)	0	0	-7	-3.3	0	-3	0	-3.7	-3
Acopio de material	0	0	-3	-1.7	0	0	0	-2.7	-3
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	-2	-1.3	0	0	0	-1.3	-3
Imprimación y compactación	6.3	0	-2	-3.7	0	0	2.2	4.7	-3

Matriz de Reversibilidad

Tabla 4.7.6 Reversibilidad del impacto. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	1	10	5	1	10	1	1	1	1
Transporte de material (agregado)	0	0	1	1	0	1	0	1	1
Acopio de material	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Imprimación y compactación	10	0	1	1	0	0	1	1	1

Matriz de Riesgo

Tabla 4.7.7 Riesgo o probabilidad del suceso. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	5	10	5	10	5	1	10	5	1
Transporte de material (agregado)	0	0	5	1	0	1	0	1	5
Acopio de material	0	0	5	1	0	0	0	1	10
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	5	1	0	0	0	1	10
Imprimación y compactación	10	0	5	5	0	0	10	10	10

Matriz de Valoración de Índice Ambiental

Tabla 4.7.8 Matriz de Valoración de Índice Ambiental (VIA). Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Físicoquímico				Biol.	Socio-económico				Total
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacional	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular	
Explotación de canteras	2.8	10	5.7	4.2	6.93	1.7	4	3.3	1.8	38
Transporte de material (agregado)	0	0	3.3	1.5	0	1.5	0	1.5	2.4	10
Acopio de material	0	0	2.3	1.2	0	0	0	1.4	3	8
Elaboración de lechada asfáltica	0	0	2.2	1.1	0	0	0	1.1	3	7
Imprimación y compactación	8.6	0	2.2	2.6	0	0	2.8	3.6	3	14
Total	11	10	16	10.7	6.93	3.2	6.8	11	13	78

Matriz de significancia

Tabla 4.7.9 Significancia del impacto. Fuente: propia.

Componentes Ambientales Actividades del proyecto	Fisicoquímico				Biol.	Socio-económico			
	Clima	Suelo	Calidad de aire	Nivel de ruido	Flora y fauna	Seguridad poblacion	Nivel de empleo	Seguridad laboral	Tráfico vehicular
Explotación de canteras	Bajo (-)	Alto (-)	Medio (-)	Medio (-)	Medio (-)	Bajo (-)	Medio (+)	Medio (-)	Bajo (-)
Transporte de material (agregado)	Neutro	Neutro	Medio (-)	Bajo (-)	Neutro	Bajo (-)	Neutro	Bajo (-)	Bajo (-)
Acopio de material	Neutro	Neutro	Bajo (-)	Bajo (-)	Neutro	Neutro	Neutro	Bajo (-)	Bajo (-)
Elaboración de lechada asfáltica	Neutro	Neutro	Bajo (-)	Bajo (-)	Neutro	Neutro	Neutro	Bajo (-)	Bajo (-)
Imprimación y compactación	Alto (+)	Neutro	Bajo (-)	Bajo (-)	Neutro	Neutro	Bajo (+)	Medio (+)	Bajo (-)

4.8 Plan de manejo ambiental: medidas de mitigación

Después de un análisis a cada fase del proyecto relacionada al impacto que produce en el medio al que afecta ya sea de forma positiva, negativa o neutra en términos cualitativos, o inclusive la significancia del impacto durante cada proceso (ver tabla 4.7-9), se necesitarán medidas de mitigación para aquellos impactos que principalmente afecten de sobre manera al medio en cuestión, en este caso se tomarán en mayor consideración los impactos con una significancia alta y media que sean negativos.

Tabla 4.8.1 Medidas de Mitigación por impacto. Fuente: propia.

Actividades	Aspecto ambiental	Impacto	Significancia	Medidas de prevención/mitigación
Explotación de canteras	Suelo/ Flora y Fauna	Disminución de cobertura vegetal.	Alta	Realizar jornadas de reforestación cumpliendo así con la Ley de Gestión Ambiental.
	Calidad de aire	Incremento de emisiones de polvo. Contaminación por fugas de combustible.	Media	Uso de mascarillas y gafas protectoras que mitiguen el paso del polvo no solo a las fosas nasales sino también a ojos y boca.
	Nivel de ruido	Afectación por alto nivel de ruido.	Media	Usar tapones de oído si se es trabajador de la cantera; si se vive cerca de una cantera los niveles de ruido son tolerables por ende hay afectación a menor escala.
	Seguridad Laboral	Incremento en el riesgo de accidentes laborales.	Media	Charlas constantes en las que se tomarán en cuenta principalmente aspectos de manipulación y mantenimiento de la maquinaria, planificación laboral con tiempo, uso de equipo de protección, etc.
Transporte de material	Calidad de aire	Contaminación por emisiones de CO2 al ambiente.	Media	Encontrar la forma de realizar menores cantidades de viajes que impliquen no solo transporte de material sino también el transporte de los trabajadores.

4.9 Conclusiones

1. Tras la evaluación de Impacto Ambiental realizada, se puede comprobar que el mantenimiento de una capa de rodadura con Slurry Seal, no genera grandes impactos que ameriten la aplicación de medidas de mitigación

considerables y de gran escala, si bien es cierto, esto ya se sabía con antelación puesto que la actividad en cuestión es conocida por no emanar sustancias contaminantes al momento de su aplicación. Sin embargo, las actividades que resultaron con niveles de significancia altos y medios se le adjudicaron medidas de prevención para reforzar y reiterar el grado de sostenibilidad que el proyecto genera.

2. Con los resultados obtenidos de la Matriz de significancia (tabla 4.7-9), se consideró a la explotación de canteras como la actividad de más alto impacto en cuanto a la disminución de áreas verdes y desgaste de suelos, por lo cual se recomendó actividades de reforestación que comprendan un área igual o mayor a la cantidad de hectáreas que se ven aprovechadas. Adicional a esto, los impactos a escala media como afectaciones por altas emisiones de ruido enlazadas con la salud y seguridad laboral se esperan ser mitigados con charlas sobre el implemento de tapones de oído, así como la vestimenta necesaria y prácticas correctas sobre el uso de los espacios en la cantera.
3. El impacto a la calidad de aire también se ve involucrado en actividades de explotación de canteras y transporte de material; el primero debido al incremento en emisiones de polvo originado desde el inicio de la extracción de los áridos, los cuales pueden ser prevenidos usando mascarillas y gafas especiales, y el segundo por la actividad de transporte de material, dado por la emisión de CO₂ de las volquetas y la liberación de partículas de polvo a lo largo del trayecto, pudiendo mitigarse intentando disminuir la cantidad de viajes acarreado la mayor cantidad posible de material y de preferencia movilizándolo al personal en una sola unidad, esto considerando el hecho de que los trabajos a realizarse son proyectados en base a una obra dada en varios caminos de II orden y la constante transportación entre los cantones Daule y El Empalme es el centro del problema.
4. Finalmente se determinaron de igual forma actividades que causaron impactos positivos (ver tabla 4.7-9) como: la actividad de imprimación y

compactación, la cual no produce afecciones climáticas, por el contrario, dado que la lechada asfáltica es fría, reduce el conocido efecto “isla de calor” característico en ciudades que implementan vías con pavimentos convencionales; la generación de empleo, el cual se suscita en cualquier obra y la seguridad ocupacional durante el uso de la micro pavimentadora, que optimiza el trabajo de quienes la operan y no requiere de mano de obra tan sofisticada.

CAPÍTULO 5

5 PRESUPUESTO

5.1 Descripción de rubros

5.1.1 Rubros de mantenimiento vial

Rubro: 1-001

Descripción: Remoción de carpeta asfáltica e = 2" (inc. desalojo)

Unidad: m²

DESCRIPCIÓN: Este rubro contempla la remoción de la carpeta asfáltica existente que se encuentre en mal estado. También implica la limpieza la limpieza del terreno y el desalojo del material removido.

PROCEDIMIENTO: Con una retroexcavadora se retirarán las secciones de la capa de rodadura, se harán cortes rectangulares y luego se procederá con el bacheo asfáltico.

EQUIPO:

- Herramienta menor (5% M.O.)
- Retroexcavadora
- Volqueta

MANO DE OBRA:

- Peón
- Operador Retroexcavadora
- Chofer de Volqueta

MEDICIÓN Y PAGO:

La remoción se medirá tomando como unidad la superficie total respetando los 5cm de altura que debe tener el material removido. Dicho precio constituye la compensación total de limpieza por los trabajos de remoción de basura.

Rubro: 2-001

Descripción: Imprimación Asfáltica

Unidad: m²

DESCRIPCIÓN: Para poder asegurar la adhesión entre la base con la capa de rodadura es necesario realizar un riego de material asfáltico bituminoso que une las partículas debido a su consistencia viscosa. Cada vez que se realicen tratamientos superficiales se debe procurar una buena adhesión que evite desprendimientos prematuros.

PROCEDIMIENTO: El riego de imprimación consiste en la aplicación de un material asfáltico, en forma de película, sobre la superficie de la subrasante o de un material granular no tratado (sub-base o grava de río), o sobre una base granular no tratada (piedra chancada, grava triturada o escoria de acería). Para esto se tiene que realizar una limpieza antes, y luego un equipo realiza el riego del material el cual debe dejarse en la superficie por un periodo de tiempo ligado al tipo de imprimación que se utilizó.

EQUIPO:

- Herramienta menor (5% M.O.)
- Escoba autopropulsada
- Distribuidor de asfalto 6TN

MANO DE OBRA:

- Operador barredora autopropulsada
- Operador distribuidor de asfalto
- Engrasador o abastecedor responsable (E.O.D2)

MEDICIÓN Y PAGO:

El pago dependerá de la cantidad de material utilizada para el riego que en este caso es por litro esparcido en la superficie (m²), manteniéndose dentro del precio estipulado por el contrato el cual tendrá concordancia con los precios unitarios y las cantidades calculadas, aprobándose por fiscalización.

Rubro: 2-002

Descripción: Bacheo Asfáltico para carpeta asfáltica de 2”

Unidad: m²

DESCRIPCIÓN: Es la remoción de una carpeta asfáltica desgastada, con grietas y presencia de ahuellamiento o piel cocodrilo, y se requiere una inmediata rehabilitación para poder asegurar el confort de los usuarios y evitar daños en las capas subyacentes.

PROCEDIMIENTO: Se retira la carpeta asfáltica dañada para posteriormente colocar la imprimación, esto después de la respectiva limpieza del terreno para evitar películas de basura y polvo que comprometan el rol del material bituminoso. Finalmente la maquinaria respectiva colocara la carpeta de hormigón asfáltico de 5 cm de espesor.

EQUIPO:

- Herramienta menor (5% M.O.)
- Compresor de aire
- Motoniveladora 135HP
- Rodillo Tándem 119HP
- Rodillo Neumático 96HP

MANO DE OBRA:

- Operador compresor (Grupo I)
- Operador Motoniveladora (Grupo I)
- Operador Rodillo Autopropulsado (Grupo II)
- Engrasador o abastecedor responsable
- Peón (E. O. E2)

MEDICIÓN Y PAGO: Este rubro se contemplará por metraje cuadrado y será respectivamente fiscalizado el grosor designado por parte de los residente de obra sin lo establece en el contrato del proyecto. El costo se especifica en el análisis de precio unitario donde se considera el material asfáltico, mano de obra y equipos.

Rubro: 3-001

Descripción: Sellado de Slurry Seal Tipo II (e = 3mm)

Unidad: m²

DESCRIPCIÓN: Es la colocación de la lechada asfáltica que se encargara de sellar las fisuras existentes en el pavimento, aportando con la resistencia al corte e impermeabilizando la superficie.

PROCEDIMIENTO: La tolva está construida con placa de acero calibre 10. Las paredes laterales tienen un ángulo de 55° y revestimiento en polietileno para permitir flujo libre de agregados sin necesidad de un vibrador. La tecnología del modelo M210 genera un mezclado automático de los materiales necesario y gracias a un esparcidor de rodillo sin fin coloca la capa de sellado.

EQUIPO:

- Herramienta menor (5% M.O.)
- Equipo de riego M210
- Rodillo manual

MANO DE OBRA:

- Chofer equipo de riego
- Operador equipo de riego M210
- Peón
- Operador rodillo autopropulsado

MEDICIÓN Y PAGO: Los materiales se medirán por metro cuadrado incluyendo compactación por lo que el costo es ligeramente superior, en el laboratorio se determinara la composición y los porcentajes que deberá ser atribuido a cada componente y el fiscalizador se encargara de verificar la homogeneidad del Slurry Seal en la superficie del proyecto en ejecución.

Rubro: 3-002

Descripción: Sellado con Micropavimento

Unidad: m²

DESCRIPCIÓN: Es la colocación de la lechada asfáltica con polímero agregado que se encargara de sellar las fisuras existentes en el pavimento, aportando con la resistencia al corte e impermeabilizando la superficie.

PROCEDIMIENTO: La tolva está construida con placa de acero calibre 10. Las paredes laterales tienen un ángulo de 55° y revestimiento en polietileno para permitir flujo libre de agregados sin necesidad de un vibrador. La tecnología del modelo M210 genera un mezclado automático de los materiales necesario y gracias a un esparcidor de rodillo sin fin coloca la capa de sellado.

EQUIPO:

- Herramienta menor (5% M.O.)
- Equipo de riego M210

MANO DE OBRA:

- Chofer equipo de riego
- Operador equipo de riego M210
- Peón

MEDICIÓN Y PAGO: Los materiales se medirán por metro cuadrado incluyendo compactación por lo que el costo es ligeramente superior, en el laboratorio se determinara la composición y los porcentajes que deberá ser atribuido a cada componente y el fiscalizador se encargara de verificar la homogeneidad del Slurry Seal en la superficie del proyecto en ejecución.

5.2 Análisis de costos unitarios

5.2.1 Análisis de precios unitarios para limpieza de cunetas no revestidas

Tabla 5.2.1 Análisis de precios unitarios; remoción de carpeta asfáltica e=2''(inc. desalojo). Fuente: Gobierno Provincial del Guayas.

Rubro: **1-001** Unidad: **m2**
 Detalle: **REMOCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE e = 0,05m** Rendimiento: **1/R = 66m2/hora**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)					0,01
RETROEXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,0150	0,53
VOLQUETA (12 Ton)	1,00	20,00	20,00	0,0150	0,30
SUBTOTAL M					0,84
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OP. RETROEXCAVADORA	2,00	4,04	8,08	0,0150	0,12
PEON	1,00	3,65	3,65	0,0150	0,05
CHOFER VOLQUETA (E.O.C1)	1,00	3,60	3,60	0,0150	0,05
SUBTOTAL N					0,23
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O				0,00	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
ago-20	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1,06
	INDIRECTOS %				17,00%
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1,25
	VALOR OFERTADO				1,25

5.2.2 Análisis de precios unitarios para imprimación asfáltica

Tabla 5.2.2 Análisis de precios unitarios; imprimación asfáltica para bacheo.

Rubro: **2-001** Unidad: **m2**
 Detalle: **IMPRIMACION ASFALTICA (BACHEO)** Rendimiento: **1/R = 1111m2/hora**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)					0,00
ESCOBA AUTOPROPULSADA	1,00	22,00	22,00	0,0009	0,02
DISTRIBUIDOR DE ASFALTO 6TN	1,00	35,00	35,00	0,0009	0,03
SUBTOTAL M					0,05
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OP. BARREDORA AUTOPROPULSADA (GRUPO II) (E.O.C2)	1,00	3,85	3,85	0,0009	0,00
OP. DISTRIBUIDOR DE ASFALTO (GRUPO II) (E.O.C2)	1,00	3,85	3,85	0,0009	0,00
ENGRASADOR O ABASTECEDOR RESPONSABLE (E.O.D2)	1,00	3,65	3,65	0,0009	0,00
PEON (E.O.E2)	6,00	3,60	21,60	0,0009	0,02
SUBTOTAL N					0,02
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO	
		A	B	C=A*B	
ASFALTO RC 250	I	1,86	0,45	0,83	
DIESEL	I	0,14	0,24	0,03	
SUBTOTAL O				0,86	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO	
		A	B	C=A*B	
TRANSPORTE DE ASFALTO LIQUIDO LONGITUD DE ACARREO DE 2-4 KM	ton-km	0,002	0,21	0,00	
SUBTOTAL P				0,00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,93
INDIRECTOS %				17,00%	0,16
UTILIDAD %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,09
VALOR OFERTADO					1,09

5.2.3 Análisis de precios unitarios para bacheo asfáltico

Tabla 5.2.3 Análisis de precios unitarios; bacheo asfáltico para carpeta de 2". Fuente: Gobierno Provincial del Guayas.

Rubro: **2-002** Unidad: **m2**
 Detalle: **BACHEO ASFALTICO PARA CARPETA DE 2"** Rendimiento: **1/R = 370m2/hora**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)					0,01
COMPRESOR DE AIRE	1,00	28,45	28,45	0,0027	0,08
MOTONIVELADORA 135 HP	1,00	43,00	43,00	0,0027	0,12
RODILLO TANDEM 119 HP	1,00	38,00	38,00	0,0027	0,10
RODILLO NEUMATICO 96 HP	1,00	25,08	25,08	0,0027	0,07
SUBTOTAL M					0,38
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OP. COMPRESOR (GRUPO II) (E.O.C2)	1,00	3,85	3,85	0,0027	0,01
OP. MOTONIVELADORA (GRUPO I) (E.O.C1)	1,00	4,04	4,04	0,0027	0,01
OP. RODILLO AUTOPROPULSADO (GRUPO II) (E.O.C2)	2,00	3,85	7,70	0,0027	0,02
ENGRASADOR O ABASTECEDOR RESPONSABLE (E.O.D2)	1,00	3,65	3,65	0,0027	0,01
PEON (E.O.E2)	9,00	3,60	32,40	0,0027	0,09
SUBTOTAL N					0,14
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO	
		A	B	C=A*B	
HORMIGON ASFALTICO	m3	0,061	76,00	4,64	
SUBTOTAL O				4,64	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO	
		A	B	C=A*B	
TRANSPORTE DE BASE, SUB-BASE Y H. ASFALTICO LONGITUD DE ACARREO DE 2-4 KM	m3-km	0,060	0,25	0,02	
SUBTOTAL P				0,02	
ago-20	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				5,18
	INDIRECTOS %				0,88
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				6,06
	VALOR OFERTADO				6,06

5.2.4 Análisis de precios unitarios para Slurry Seal II

Tabla 5.2.4 Análisis de precios unitarios; sellado con Slurry Seal II. Fuente: propia.

Rubro: **3-001** Unidad: **m2**
 Detalle: **SELLO SLURRY SEAL II** Rendimiento: **1/R = 375m2/hora**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR					0,040
EQUIPO DE RIEGO M210	1,00	30,00	30,00	0,0231	0,081
SUBTOTAL M					0,12
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CHOFER EQUIPO RIEGO	1,00	5,29	2,31	0,0231	0,05
OP. EQUIPO RIEGO M210	1,00	3,85	3,85	0,0231	0,09
PEÓN	2,00	3,60	7,20	0,0231	0,17
SUBTOTAL N					0,31
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
CEMENTO PORTLAND TIPO 1	kg	0,016	0,14	0,00	
ARENA TRITURADA (MAT. SLURRY SEAL)	m ³	0,006	32,25	0,19	
AGUA PARA COMPACTACIÓN	m ³	0,002	4,20	0,01	
EMULSION ASFÁLTICA CQS - 1h	gal	3,14	0,40	1,26	
SUBTOTAL O					1,46
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
TRANSPORTE DE PIEDRA TRITURADA 2-4 KM	m3-km	0,031	0,25	0,010	
SUBTOTAL P					0,010
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			1,9
		INDIRECTOS %			17,00%
		UTILIDAD %			0,00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			2,22
		VALOR OFERTADO			2,22

5.2.5 Análisis de precios unitarios para Micropavimento

Tabla 5.2.5 Análisis de precios unitarios; sellado con Micropavimento. Fuente: propia.

Rubro: **3-001** Unidad: **m2**
 Detalle: **SELLO** Rendimiento: **1/R = 375m2/hora**
MICROPAVIMENTO

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR					0,040
EQUIPO DE RIEGO M210	1,00	30,00	30,00	0,0027	0,081
SUBTOTAL M					0,12
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CHOFER EQUIPO RIEGO	1,00	5,29	2,31	0,0231	0,05
OP. EQUIPO RIEGO M210	1,00	3,85	3,85	0,0231	0,09
PEÓN	2,00	3,60	7,20	0,0231	0,17
SUBTOTAL N					0,31
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
CEMENTO PORTLAND TIPO 1	kg	0,016	0,14	0,00	
AGREGADO PETREO (CANT. YOLAN)	m ³	0,024	8,00	0,19	
AGUA PARA COMPACTACIÓN	m ³	0,002	4,20	0,01	
EMULSION ASFÁLTICA CQS - 1h	lt	3,14	0,40	1,26	
POLIMERO	kg	0,10	5,96	0,57	
SUBTOTAL O					2,03
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
TRANSPORTE DE PIEDRA TRITURADA 2-4 KM	m3-km	0,031	0,25	0,010	
SUBTOTAL P					0,010
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2,470
INDIRECTOS					0,420
% 17,00%					
UTILIDAD %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,89
VALOR OFERTADO					2,89

5.3 Descripción de cantidades de obra

Para determinar las cantidades a utilizar en los presupuestos de proyecto se tomará como referencia el trabajo realizado en El Empalme durante los meses de septiembre del 2020. Donde se efectuaron trabajos de pavimentación y a continuación se mostrará un cuadro resumen con las dimensiones y áreas intervenidas, de esta manera se realizará el cálculo correspondiente a las unidades requeridas por lo análisis de precios unitarios.

Tabla 5.3.1 Informe de tramos pavimentados en El Empalme. Fuente: Gobierno Provincial del Guayas.

No.	Caminos	Coordenadas				Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (Pulgada)	Área (m ²)
		Inicio		Fin					
		x	y	x	y				
1	23 de Junio	652163	9884759	652008	9884959	265	8	2"	2120
2	2 de Mayo	652141	9884720	652338	9884477	321	8	2"	2568
3	Buena Suerte	656409	9889237	655814	9889638	811	6	2"	4866
4	Limón Chico	647577	9889772	647421	9889923	580	6	2"	3480
5	Caracolí	649939	9889748	649841	9890271	260	6	2"	1560
6	Los Pavones	647856	9893427	647629	9893961	900	6	2"	5400
TOTAL						3137			19994

A continuación se mostrarán los presupuestos para cada propuesta, se tomará la cantidad de **19994[m²]** como la superficie total de proyecto y se le atribuirá un valor estimado para cada uno de los rubros que deberá ser igual en cada presupuesto para una comparación más representativa. Estas cantidades fueron consideradas de una investigación que relaciona el área de slurry total a través de los años y la superficie total a la que se aplica tratamiento superficiales convencionales. En la siguiente tabla se podrá apreciar la asignación de superficie que se dio a cada rubro.

Tabla 5.3.2 Porcentaje de áreas de trabajo propuesta para cada rubro. Fuente: propia.

Rubros de mantenimiento vial	Asignación porcentual de áreas de trabajo a partir de los 19.994m ²		
	<i>Trat. Prev. Slurry</i>	<i>Trata. Sup. Bacheo</i>	<i>Trat. Prev. Micro</i>
	Demanda	Demanda	Demanda
	Cantidad neta	Cantidad neta	Cantidad neta
Remoción de carpeta existente [m ²]	15%	100%	15%
	2999,1	19994	2999,1
Imprimación asfáltica [m ²]	15%	100%	15%
	2999,1	19994	2999,1
Bacheo Asfáltico 2" [m ²]	15%	100%	15%
	2999,1	19994	2999,1
Slurry Seal II [m ²]	100%	-	-
	19994	N/A	N/A
Micro pavimento[m ²]	-	-	100%
	N/A	N/A	19994

5.3.1 Presupuesto de mantenimiento preventivo con sello Slurry

Para este tipo de intervención a las vías, existe una fase de preparación del terreno para que este bien nivelado evitando así la presencia de grietas muy profundas o fallas como piel de cocodrilo donde no conviene colocar un sello de espesor tan bajo. Se asumirá que de toda la superficie considerada, un 15% de la misma necesitará esta intervención que se ejecutará mediante un bacheo por tramos y para el riego se tomará en cuenta el 100% de la carretera donde haya grietas superficiales. Existen otras investigaciones referenciales donde se ha tomado esta misma consideración ya sea empleando doble o triple riego (Ramos Canaza, 2018).

Tabla.5.3.3 Presupuestos de sellado con Slurry Seal II. Fuente: propia.

RUBROS VIALES - SELLADO SLURRY II
--

ITEM	RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO
1. Preliminares						
1	1-001	Remoción carpeta asfáltica e = 2"	m ²	2999,1	1,25	3.736,85
2. Preparación del terreno						
2	2-001	Asfalto para imprimación	m ²	2999,1	1,09	3.269,02
3	2-002	Bacheo Asfáltico	m ²	2999,1	6,06	18.174,55
3. Tratamiento Preventivo de sellado						
4	3-001	Sellado de Slurry Seal Tipo II (e = 3mm)	m ²	19.994	2,22	44.440,95

TOTAL DEL PRESUPUESTO	\$69.621,37
------------------------------	--------------------

5.3.2 Presupuesto de tratamiento superficial por bacheo

En caso de no haber retrasos por el clima, este tratamiento puede ser fácilmente entregado antes de las tres semanas y consta únicamente con el desalojo de la carpeta de rodadura desgastada, una limpieza del terreno para su posterior imprimación y colocación de nueva carpeta de 5 cm.

Tabla 5.3.4 Presupuestos de tratamiento superficial por bacheo. Fuente: propia.

RUBROS VIALES – BACHEO ASFÁLTICO e = 2"
--

ITEM	RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO
1. Preliminares						
1	1-001	Remoción carpeta asfáltica e = 2"	m ²	19994	1,25	24.912,35
2. Tratamiento superficial de bacheo						
2	1-002	Asfalto para imprimación	m ²	19994	1,09	21.793,46
3	1-003	Bacheo Asfáltico 2"	m ²	19994	6,06	121.163,64

TOTAL DEL PRESUPUESTO	\$167.869,45
------------------------------	---------------------

Tabla 5.3.5 Presupuestos de sellado con Micro pavimento. Fuente: propia.

RUBROS VIALES - SELLADO MICRO PAVIMENTO
--

ITEM	RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO
1. Preliminares						
1	1-001	Remoción carpeta asfáltica e = 2"	m ²	2999,1	1,25	3.736,85
2. Preparación del terreno						
2	2-001	Asfalto para imprimación	m ²	2999,1	1,09	3.269,02
3	2-002	Bacheo Asfáltico	m ²	2999,1	6,06	18.174,55
3. Tratamiento Preventivo de sellado						
4	3-001	Sellado con Micro pavimento (e = 15mm)	m ²	19.994	2,89	57.790,39

TOTAL DEL PRESUPUESTO	\$82.970,81
------------------------------	--------------------

5.4 Proceso Constructivo

El sellado de Slurry Seal cuenta con una primera etapa de preparación terreno por lo que se ha colocado rubros vinculados a esas actividades y se estima que la duración de esas actividades en paralelo con el sellado sea de tres semanas y de 4 cuando la demanda sea mayor. Los micropavimentadores pueden tener un rendimiento de casi 3000[m²/día] y esto variara de acuerdo a la distancia de abastecimiento de agregados y otros componentes de las lechadas asfálticas, y se toma en cuenta que de acuerdo al clima algunas actividades serán retrasadas. Dado que solo se tiene en disposición de la Prefectura del Guayas un equipo de riego M210, el tiempo para este tipo de mantenimiento será mayor a los tratamientos que se ejecutan actualmente por parte de la entidad antes mencionada, ya que al disponer de varios equipos para el bacheo se puede diversificar el trabajo y disminuir el tiempo de proyecto.

Tener en mente que no se cuenta con la experiencia para este tipo de intervenciones por lo que el rendimiento por hora puede que sea inferior al teórico, es por esto por lo que en las estructuras de desglose de actividades se destinan más días de los necesarios en caso de retrasos ya sea por manejo de equipo o impactos ambientales.

5.5 Cronograma de Proyecto

Se tomaron en consideración los rendimientos mencionados anteriormente y expuestos en los análisis de los precios unitarios, de acuerdo a las cantidades de obra establecidas se realizó el cálculo y estimación de la duración del proyecto para cada escenario que se ha considerado. Se tomo en cuenta la estación (invierno) en la que planificada la ejecución de la intervención vial y por este motivo se dejó una mayor holgura para las actividades y evitar restricciones de ruta crítica y reportes de retraso por parte de fiscalización o contratista durante la ejecución.

5.5.1 Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)

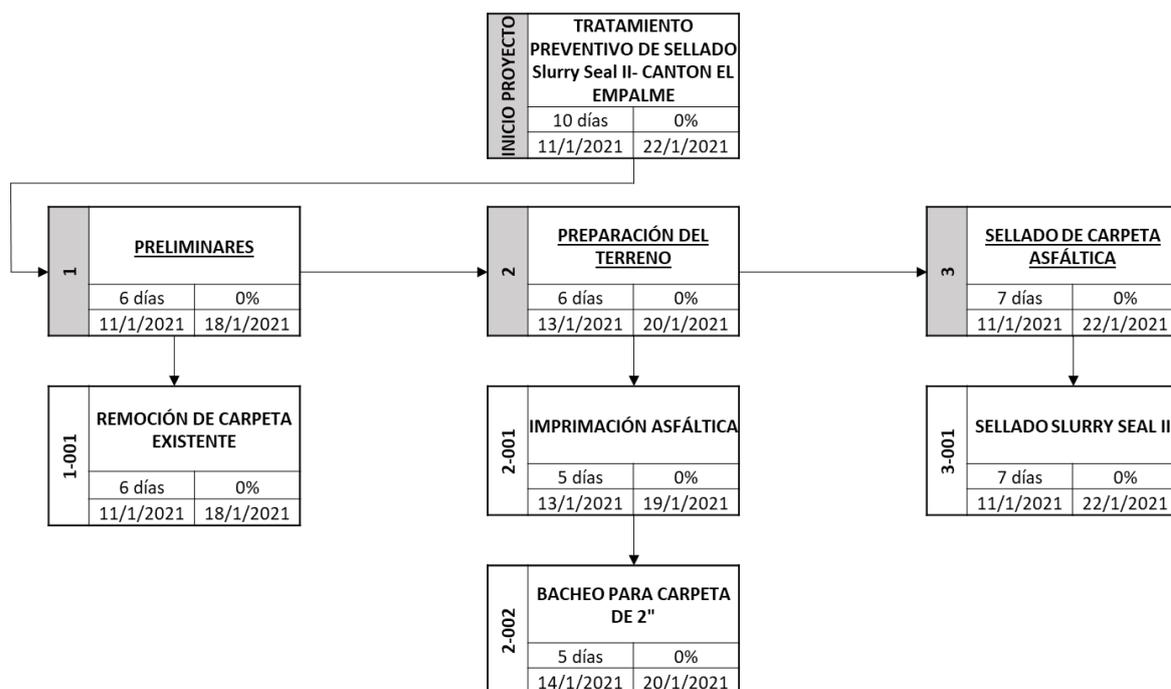


Figura 5.5.1 EDT para el tratamiento preventivo de sellado con Slurry Seal. Fuente: propia.

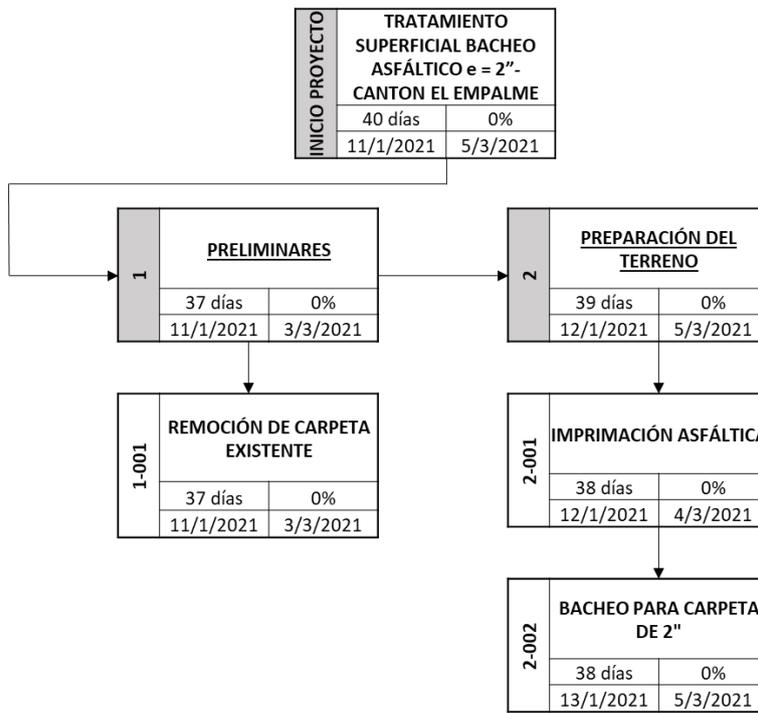


Ilustración 5.5.2 EDT para el tratamiento superficial por bacheo asfáltico (e=2"). Fuente: propia.

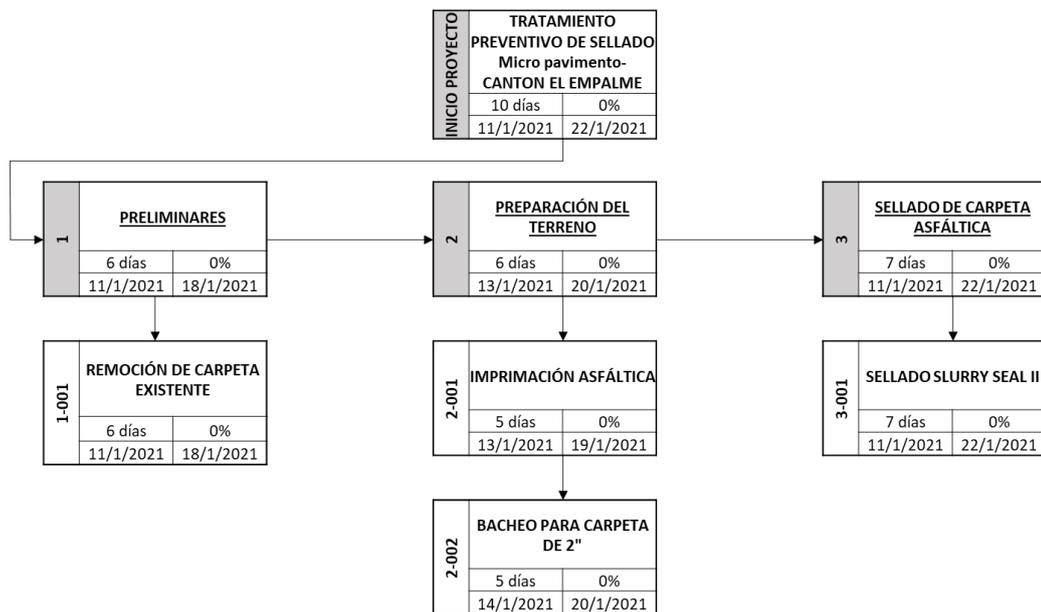


Figura 5.5.3 EDT para el tratamiento preventivo de sellado con micro pavimento. Fuente: propia.

5.5.2 Diagrama de Gantt

Mediante el programa “OpenProj” se realizó el diagrama que de Gantt ayuda a visualizar de manera progresiva las actividades para cada uno de los métodos que se plantearon en el capítulo 5. Gracias a este diagrama también se puede determinar la ruta crítica del proyecto y evitar atrasos a la hora de realizar los rubros, todas las actividades deben ser secuenciales para un correcto tratamiento de la vía.

La ruta crítica básicamente son todas las actividades, la actividad de sellado asfáltico ya sea de slurry seal o micro pavimento, puede empezar desde el primer día, a pesar de que existan actividades preliminares, se puede empezar a sellar en zonas donde no requieren bacheado, y a la par se realice la remoción en las áreas donde la carpeta este en malas condiciones.

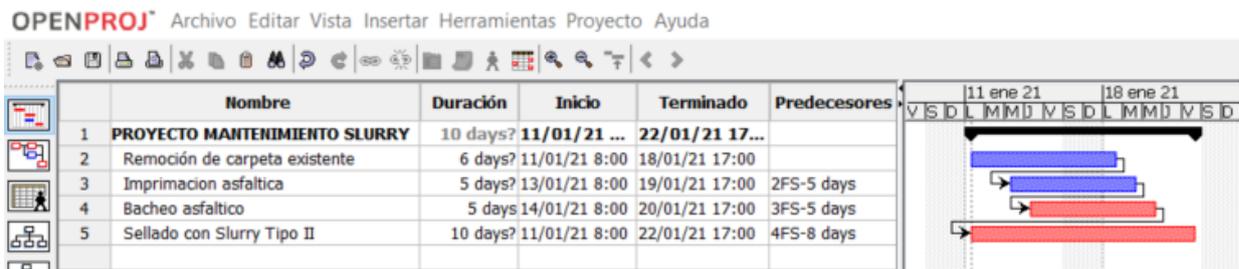


Figura 5.5.4 Diagrama de Gantt para tratamiento con Slurry Seal tipo II. Fuente: propia.

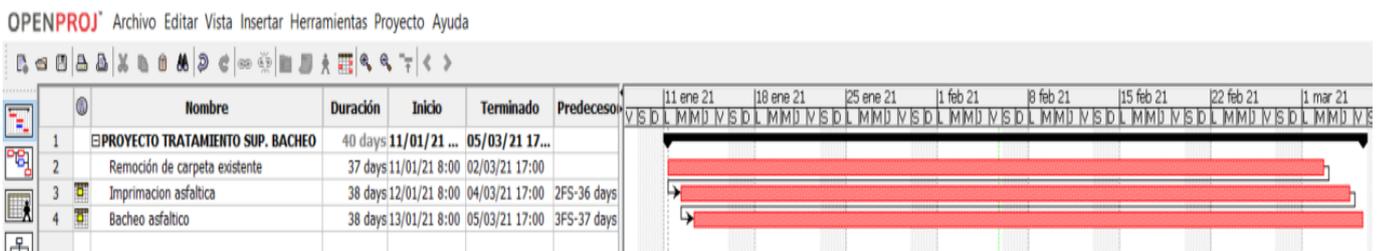


Figura 5.5.5 Diagrama de Gantt para tratamiento con bacheo asfáltico. Fuente: propia.

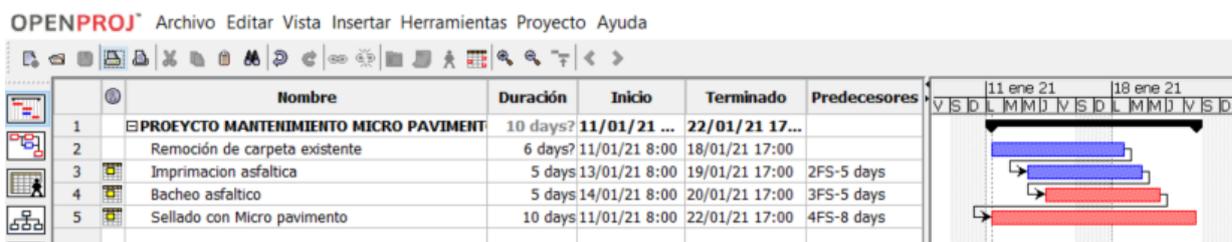


Figura 5.5.6 Diagrama de Gantt para tratamiento con micro pavimento. Fuente: propia.

Tanto al micro pavimento como al slurry seal se le definieron una duración de 10 días para su ejecución, a pesar de que el rendimiento por día expuesto en los análisis de precios unitarios fue de 3000 m² /día lo que se ejecutaría en 7 días laborales utilizando el equipo de riego Bergkamp M210. Esto se lo contempló debido a las actividades de bacheo asfáltico que deben de concluirse para la posterior colocación del sello.

5.6 Cronograma valorado de obra

Nombre: SLURRY SEAL TIPO II – CANTÓN EL EMPALME

Tipo de Obra: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SELLADO 3.2KM

Tabla 5.6.1 Cronograma valorado de obra para mantenimiento Slurry Seal II. Fuente: propia.

RUBRO NO.	RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO EN SEMANAS	
					1	2
1-001	REMOCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE e = 0,05m	2.999,10	1,25	3.736,85	3.176,33	560,53
2-001	ASFÁLTO PARA IMPRIMACIÓN	2.999,10	1,09	3.269,02	1.961,41	1.307,61
2-002	BACHEO ASFÁLTICO PARA CARPETA DE 2"	2.999,10	6,06	18.174,55	7269,8184	10.904,73
3-001	SLURRY SEAL TIPO II EMULSIÓN CQS-1h	19.994,00	2,22	44.440,95	22.220,48	22.220,48
TOTAL				69.621,37		
INVERSIÓN MENSUAL PROGRAMADA					34.628,03	34.993,34
AVANCE PARCIAL EN %					49,74%	50,26%
INVERSIÓN ACUMULADA					34.628,03	69.621,37
AVANCE ACUMULADO EN %					49,74%	100,00%

Nombre: SELLO CON MICRO PAVIMENTO – CANTÓN EL EMPALME

Tipo de Obra: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SELLADO 3.2KM

Tabla 5.6.2Cronograma valorado de obra para mantenimiento con Micro pavimento. Fuente: propia.

RUBRO NO.	RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO EN SEMANAS		
					1	2	3
1-001	REMOCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE e = 0,05m	2.999,10	1,25	3.736,85	3.176,33	560,53	
2-001	ASFÁLTO PARA IMPRIMACIÓN	2.999,10	1,09	3.269,02	1.961,41	1.307,61	
2-002	BACHEO ASFÁLTICO PARA CARPETA DE 2"	2.999,10	6,06	18.174,55	7269,8184	10.904,73	
3-001	SELLADO CON MICRO PAVIMENTO	19.994,00	2,89	57.790,39	23.116,16	23.116,16	11.558,08
TOTAL				82.970,81			
INVERSIÓN MENSUAL PROGRAMADA					35.523,71	35.889,02	11.558,08
AVANCE PARCIAL EN %					42,81%	43,25%	13,93%
INVERSIÓN ACUMULADA					35.523,71	71.412,73	82.970,81
AVANCE ACUMULADO EN %					42,81%	86,07%	100,00%

Nombre: BACHEO ASFÁLTICO PARA CARPETA DE 2"– CANTÓN EL EMPALME

Tipo de Obra: MANTENIMIENTO SUPERFICIAL POR BACHEO ASFÁLTICO 3.2KM

Tabla 5.6.3Cronograma valorado de obra para mantenimiento por Bacheo asfáltico. Fuente: propia.

RUBRO NO.	RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO EN MESES	
					1	2
1-001	REMOCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE e = 0,05m	19.994,00	1,25	24.912,35	13.701,79	11.210,56
2-001	ASFÁLTO PARA IMPRIMACIÓN	19.994,00	1,09	21.793,46	10.896,73	10.896,73
2-002	BACHEO ASFÁLTICO PARA CARPETA DE 2"	19.994,00	6,06	121.163,64	54.523,64	66.640,00
TOTAL				167.869,45		
INVERSIÓN MENSUAL PROGRAMADA					79.122,16	88.747,29
AVANCE PARCIAL EN %					47,13%	52,87%
INVERSIÓN ACUMULADA					79.122,16	167.869,45
AVANCE ACUMULADO EN %					47,13%	100,00%

5.7 Discusión de costos

5.7.1 Comparación de análisis de precios unitarios

Para comprender cuantitativamente el impacto de usar un mantenimiento preventivo en lugar de una rehabilitación que representa un costo más elevado cuando se puede evitar si se intercede a tiempo. Los sellos de lechada asfáltica teóricamente incrementan la vida útil de una vía y a lo largo de los años generan beneficios de carácter social y económico, los expertos se asegurarán de que el diseño en laboratorio cumpla con todos los requerimientos de las normas y puedan resistir las cargas vehiculares de diseño.

Tabla 5.7.1 Comparación de costo por precios unitarios. Fuente: propia.

<u>CAMPOS</u>	<u>MÉTODO DE INTERVENCIÓN</u>		
	<u>SELLADO MICROPAV.</u>	<u>SELLADO SLURRY II</u>	<u>BACHEO CARPETA e=2"</u>
EQUIPOS	\$0,12	\$0,12	\$0,38
MANO DE OBRA	\$0,31	\$0,31	\$0,14
MATERIALES	\$2,03	\$1,46	\$4,64
TRANSPORTE	\$0,01	\$0,01	\$0,02
COSTOS IND. (17%)	\$0,42	\$0,32	\$0,88
TOTAL	\$2,89/m²	\$2,22/m²	\$6,06/m²

El costo por equipos para el caso del Slurry es inferior al del bacheo por \$0,27 que representa un ahorro del 68.4% del precio base, donde se toma en cuenta el tren de maquinaria tradicional, este valor puede estar sujeto a cambios debido a la tarifa asumida que se le dio al equipo de riego. Al no estar en operación y no contar con registro de su uso, es una interrogante que precio por hora le asignará el Gobierno Provincial a este equipo. No obstante, se requiere un vehículo que remolque al equipo de riego Bergkamp modelo M210 que en este caso se consideró un camión de cama bajo con tres ejes traseros. Lo que respecta a mano de obra podemos observar que el valor demandado por el sellado con Slurry o Micro pavimento es superior al del bacheo con un 54.8% del costo por sellado tanto para slurry como micro pavimento, esto se debe a la participación de los asistentes que acompañan al micropavimentador mientras coloca la película de lechada asfáltica tradicional o con polímero, el operador y chofer, en el caso del bacheo más figuran los choferes de los equipos como se puede revisar en el análisis de precio unitario al inicio de este capítulo.

En el análisis de materiales notamos una gran diferencia de costos por m² ya que el bacheo excede el valor del sellado con Slurry Seal tipo II por un 217.8% que equivale a \$3,18, esta diferencia claramente se debe a la cantidad de material demandado. Mientras el sellado requiere un grosor entre (3 a 7mm) de agregado pasante del tamiz N°4 (2.54mm), el bacheo implica un espesor de carpeta de 5 cm con lo que dispara el presupuesto que más adelante se visualizara, el micro pavimento por su lado consta de un precio superior por \$0,57 debido al polímero que se mezcla con la emulsión asfáltica. Finalmente, el transporte de material se consideró de acuerdo con los rubros de la base de datos del cliente y se respetaron los valores respectivos teniendo el bacheo \$0.01 superior al sello preventivo. Al comparar el total de todos los rubros se tiene un ahorro con respecto al bacheo asfáltico en costos directo de \$3.28 para Slurry Seal, \$2.71 para Micro pavimento.

5.7.2 Comparación de presupuestos

El presupuesto será realizado tomando en cuenta las obras de pavimentación ejecutadas en El Empalme para contribuir a la parte productiva del cantón, puesto que permitirá la transportación de la producción del sector al centro de mayoristas. Este sector es netamente cacaotero y maicero, los caminos permitirán que el agro de estos sectores mejore en su producción, tanto por el acceso de la tecnología (maquinaria) y en función de la movilización del producto. Cuando se realiza un sellado con lechada asfáltica tradicional es necesario un estudio preliminar del estado de la carretera para considerar una primera etapa de preparación del terreno, por este motivo en los dos métodos de prevención aparecen los rubros correspondientes al bacheo que debe realizarse para que la superficie este apta para un riego de Slurry Seal o Micro pavimento.

Se han considerado las mismas cantidades de obra para el tratamiento de Micro pavimento y Slurry Seal dando un total de \$ 82.970,81 y \$69.621,37 respectivamente, mientras que para un tratamiento superficial con bacheo se tiene un costo total de 167.869,45.

Existe un incremento del 16,09% del presupuesto de tratamiento del micro pavimento con respecto al Slurry seal debido al polímero inmerso presente en la

emulsión asfáltica con la que se realizan los ensayos, a pesar de esto el sellado con Micro pavimento es una opción muy recomendada porque el grosor de la capa protectora puede llegar a ser hasta de 15[mm] y puede extender aún más la vida útil de un pavimento flexible.

Se han realizado estudios de hasta 40 años de análisis de un pavimento que demuestran que la vida de un pavimento aumenta ante la presencia de intervenciones de sellado con Micro pavimento y Slurry Seal, mientras que resulta menos rentable realizar tratamientos de refuerzo por grietas profundas (Simões et al., 2017). Paralelo a esto también se demuestra que la emisión de gases debido a los mantenimientos viales se reduce notablemente por una menor demanda de materiales, procesos y maquinaria.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Luego de haber realizado los ensayos y análisis de laboratorio además de los cronogramas, presupuestos y estudios pertinentes al mantenimiento vial descritos a lo largo del proyecto, se puede concluir que:

- Estos métodos de mantenimiento vial serán un factor fundamental en la preservación y vida útil que tengan las vías. Se ha demostrado que el concepto de prevención da mejores resultados y una protección a capas de rodadura que generan mayor satisfacción a los usuarios y menor impacto al medio ambiente.
- La implementación de las lechadas asfálticas tradicionales (Slurry Seal) o modificadas con polímero (Micro pavimento) no representa problemas para temperaturas superiores a 10 °C, y, en caso de tratar con temperaturas por encima de 35 °C, es preciso la inclusión de aditivos.
- El equipo de riego Bergkamp modelo M210 ofrece la oportunidad de innovar y optimizar los procesos de sellado de material Slurry Seal o Micro aglomerado para reducir hasta un 68.4% en costo en maquinaria en relación al bacheo asfáltico, permitiendo así la derivación de otras maquinarias y diferentes proyectos.
- El rendimiento promedio del equipo riego es de aproximadamente 67m²/h, y la cantidad máxima de sellado que se realizará al día estará fuertemente ligado a la distancia del baricentro de proyecto a la cantera de donde se extrae el agregado para la tolva del equipo. Además, no se necesita un riego de liga debido al material bituminoso ya incluido en la emulsión asfáltica.
- Todos los ensayos realizados en laboratorio mostraron resultados adecuados a las consideraciones iniciales según la guía de laboratorio y la norma ISSA, cumpliéndose con los límites de abrasión y adhesión de arena. Se determinó un porcentaje óptimo de emulsión asfáltica del 14.3% con una presencia de asfalto en la mezcla del 8.82%, sin embargo, es posible reducir el contenido de emulsión

asfáltica sin comprometer su desempeño al sellar grietas superficiales y proteger a la capa de rodadura.

- A pesar del costo que arroja la implementación del Micro pavimento en la vía, se dice que es la mejor opción de tratamiento dadas las propiedades mecánicas que los polímeros ofrecen a la mezcla asfáltica.
- Para el mantenimiento de vías bajo el uso de tales lechadas asfálticas, la explotación de recursos naturales, dada en la extracción de piedras y en el uso excesivo de energía se ve reducida considerablemente a lo largo de su implementación.
- Económicamente hablando, esta opción de prevención frente a los tratamientos superficiales tradicionales refleja un ahorro del 58.52% y 50,57% para tratamiento con Slurry Seal y Micro pavimento respectivamente.
- Los procesos constructivos de estos 2 tipos de mantenimiento reflejan distintos tiempos de ejecución, teniendo el bacheo un proceso secuencial de actividades que se ve limitado por la remoción de la carpeta existente. Mientras que el tratamiento con Slurry Seal y Micro pavimento tiene un tiempo de proyecto 4 veces menor.

6.2 Recomendaciones

- Utilizar el agregado extraído de la cantera Yolán, ya que de esa manera los resultados y las dosificaciones del Slurry Seal que se determinen podrán reflejar un presupuesto mucho más realista y útil para las proyecciones de mantenimiento vial a cargo de la Prefectura del Guayas.
- Para un diseño mucho más exacto se recomienda realizar los ensayos de cohesión que ayudarán a determinar el tiempo de apertura al tráfico.
- Realizar estudios para determinar métodos de prevención ante desgastes del pavimento, que no representen altos costos e impactos ambientales, de la misma forma la implementación de tratamientos pertinentes de acuerdo al criterio de expertos.
- Hacer un seguimiento más riguroso a las actividades de bacheo debido a la inusual frecuencia de peticiones por parte de los usuarios en los respectivos cantones del Guayas, por lo general al retirar y colocar una nueva carpeta asfáltica se espera que se mantenga en buen estado por más de 4 meses.
- Por medio de un técnico determinar el costo de refacción del equipo de riego M210 y considerar la capacitación pertinente para la operación del mismo, de esta manera se podrá conocer la inversión inicial y/o mantenimiento que se le dará durante su vida útil.
- Se genera un llamado de atención al concepto de “esperar el daño para intervenir” y cambiarlo por la conservación de las vías y carreteras mediante tratamientos preventivos, control de calidad y optimización de recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- Attoh-Okine, N., & Ayenu-Prah, A. (2008). Evaluating pavement cracks with bidimensional empirical mode decomposition. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, 2008. <https://doi.org/10.1155/2008/861701>
- Barrionuevo, L. (2012). Diseño de micropavimento utilizando emulsión asfáltica modificada con polímero, con agregado procedente de la cantera Calagua de la ciudad de San Miguel, Provincia de Bolívar [Universidad Central del Ecuador]. In *הנוטע עלון* (Vol. 66, Issue 3). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/457>
- BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones. (2015). <http://www.bergkampinc.com/wp-content/uploads/2016/10/Spanish-M2-Series-Spec-Sheet.pdf>
- Chang Gómez, J. V. (2009). Libro VI Anexo 5: Ruido. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/51/LIBRO%20VI%20Anexo%205%20Ruido.pdf>
- Coronado, J. (2000). Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras, tomo III. <https://docplayer.es/17913592-Manual-centroamericano-de-mantenimiento-de-carreteras-tomo-iii-b-catalogo-centroamericano-de-danos-a-pavimentos-viales.html>
- Corredor, G., & Corros, M. (2010, agosto). Diseño de Pavimentos I, Evaluación de pavimentos [Diapositivas]. docplayer. <https://docplayer.es/5535230-Maestria-en-vias-terrestres-modulo-iii-diseno-de-pavimentos-i-evaluacion-de-pavimentos.html>
- Departamento de administración y evaluación de pavimentos- Dirección general de reglamentos y sistemas. (2016). Ministerio de obras públicas y comunicaciones de Republica Dominicana: Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación. <https://docplayer.es/50144837-Identificacion-de-fallas-en-pavimentos-y-tecnicas-de-reparacion-catalogo-de-fallas.html>
- Ecuador - Guía virtual de turismo accesible. (2017). turismoaccesible.ec. <http://turismoaccesible.ec/site/destination/region-costa/guayas/>
- Guilcapi, O., & Santamaria, F. (2012). Análisis comparativo de emulsiones asfálticas

con polímeros tipo SBR en el diseño de micro pavimentos empleando agregados de las canteras de Guayllabamba y San Antonio (Ingeniero). Escuela Politécnica del Ejército.

Grupo Técnico- Convenio 587-2003. (2006). Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Vol. 1). <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Fascículo Provincial Guayas. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/guayas.pdf>

Labi, S., Lamptey, G., & Kong, S. H. (2007). Effectiveness of microsurfacing treatments. *Journal of Transportation Engineering*, 133(5), 298–307. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2007\)133:5\(298\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2007)133:5(298))

Ministerio del Ambiente y Agua. (2020). Ministerio del Ambiente y Agua. <https://www.ambiente.gob.ec/reserva-ecologica-manglares-churute/#:~:text=Al%20suroeste%20de%20la%20reserva,principalmente%20el%20bosque%20m%C3%A1s%20h%C3%BAmedo.>

Monica, J., & Andrea, U. (2016). (slurry seals). In U. de N. y A. T. Y (Ed.), *Guía de Diseño de Mezcla de laboratorio para los sellos de lechada asfáltica* (First Edit, p. 56).

Mop-001-F 2002. (2002). *Publicas Y Comunicaciones Mop - 001-F 2002*. 772. http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf

Ramos Canaza, J. J. (2018). Facultad de ingeniería. *Universidad Privada Del Norte*, 116. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>

Rd, R., C-, B., & Ellyn, G. (2010). Normas de rendimiento recomendadas para slurry seal de asfalto emulsionado. In *ISSA*.

Simões, D., Almeida-Costa, A., & Benta, A. (2017). Preventive maintenance of road pavement with microsurfacing—an economic and sustainable strategy. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(9), 670–680. <https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1302023>

Vasquéz, B. M. (2014). Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r: Santa Elvira–El Arenal, en la comuna de Valdivia. *Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile.*

Villavicencio Cristian. (2013). *Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Ingeniería Industrial.*
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/114386>

APÉNDICE

Apéndice 1. Especificaciones técnicas del equipo de riego Bergkamp M210. Fuente: (BERGKAMP SERIE M2 PAVIMENTADORAS DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICRO PAVIMENTOS-Hoja de especificaciones, 2015)

Modelo	M206*	M208	M210#	M212†	M216
CA o CT	CA – 2.845 mm (112 in)	CT – 3.378 mm (133 in)	CT – 3.886 mm (153 in)	CT – 4.343 mm (171 in)	Montado en remolque
Mínimo peso bruto de vehículo (GVWR)	19.958 kg (44,000 lbs)	29.030 kg (64,000 lbs)	32.659 kg (72,000 lbs)	36.287 kg (80,000 lbs)	(40.824 kg) (90,000 lbs)
Eje delantero	8.165 kg (18,000 lbs)	8.165 kg (18,000 lbs)	9.072 kg (20,000 lbs)	9.072 kg † (20,000 lbs)	N/A
Capacidad de eje(s) trasero	10.433 kg (23,000 lbs)	20.865 kg (46,000 lbs)	20.865 kg # (46,000 lbs)	23.587 kg (52,000 lbs)	34.019 kg (75,000 lbs)
Capacidad de eje portador	4.536 kg (10,000 lbs)	4.536 kg (10,000 lbs)	5.897 kg (13,000 lbs)	7.258 kg (16,000 lbs)	N/A
Eje trasero hasta eje portador	1.473 mm (58 in)	1.245 mm (49 in)	1.422 mm (56 in)	1.422 mm (56 in)	N/A
Longitud de bastidor utilizable	5,0 m (16.5 ft)	5,9 m (19.3 ft)	6,8 m (22.2 ft)	7,2 m (23.7 ft)	7,8 m (25.7 ft)
Potencia mínima del motor	186 kW (250 HP)	205 kW (275 HP)	224 kW (300 HP)	224 kW (300 HP)	N/A
Velocidad requerida para pavimentar (Marcha baja a 100 rpm por encima de ralentí)	2,4 kph (1.5 mph)	2,4 kph (1.5 mph)	2,4 kph (1.5 mph)	2,4 kph (1.5 mph)	2,4 kph (1.5 mph)

* M206: Chasis de cabina sobre motor

M210: Requiere un eje trasero de 23.587 kg (52,000 lbs) si un eje portador no se usa.

† M212: Se recomienda un eje delantero posicionado mas atrás para mejorar la carga por eje y radio de giro.