

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Rediseño en proceso constructivo de capa de rodadura de hormigón asfáltico en un
pavimento flexible en una vía en Guayaquil – Ecuador

INGE-2296

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Pablo Ivan Conforme Torres

Guayaquil - Ecuador

II PAO 2023

Dedicatoria

Este título va dedicado para mis madres, mi padre y mi hermano, que sientan que el esfuerzo y el sacrificio por parte de ellos haya cosechado un fruto que sea de su agrado y se sientan orgullosos.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la institución y a los profesores que inculcaron en mí valores de ética profesional y valores personales que sumarán positivamente a mi carrera profesional. De igual manera agradecer a todas las personas que brindaron su apoyo incondicional y ayudaron para que la estadía en la universidad se vuelva mas amena.

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Pablo Ivan Conforme Torres doy mi 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”

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Pablo Conforme Torres', with a horizontal line drawn underneath it.

Pablo Conforme Torres

Evaluadores

MSc. Daniel Falquez Torres

Profesor de Materia

PhD. Eduardo Santos Baquerizo

Tutor de proyecto

Resumen

Las personas que viven en Guayaquil son ciudadanos que pagan impuestos anualmente y tienen el derecho a acceder a calles con de calidad además de otros derechos, de tal manera que no se vea afectada su comodidad ni el bienestar de sus vehículos. Actualmente, los usuarios del parque vial presentan molestias con respecto al estado de las calles, pudiendo observar numerosas fallas que afectan a la funcionalidad de las vías. El objetivo de este proyecto es rediseñar la capa de rodadura de hormigón asfáltico en su proceso constructivo en vías de pavimento flexible mediante la revisión de la normativa NEVI-12 MTOP para el sector urbano y criterios técnicos para que mejore el tiempo de uso y la calidad de las calles, también el bienestar y confort de los usuarios.

La metodología implementada se desarrolla en 3 fases:

i) Se analizó el estado actual de la carpeta asfáltica mediante inspecciones visuales y ensayos de laboratorio en 3 zonas representativas de la ciudad.

ii) En base al primer análisis, se propuso alternativas con la finalidad de satisfacer las necesidades de los usuarios para definir restricciones y escoger el enfoque adecuado para el rediseño del proceso constructivo. iii) Luego de aplicar criterios técnicos, económicos, ambientales y sociales, se rediseñó el proceso constructivo y de rehabilitación para la carpeta asfáltica, de tal manera que se proporcionan la memoria de diseño, el presupuesto referencial y la evaluación de impacto ambiental.

Se espera que el resultado sean calles con acabados de excelente calidad en su capa de rodadura. El precio para la construcción de la carpeta asfáltica es de \$ 16.37 /m² y para el proceso de rehabilitación de bacheo es de \$ 26.97 /m².

Palabras Clave: Carpeta asfáltica, Calidad, Proceso constructivo, Bacheo.

Abstract

People who live in Guayaquil are citizens that pay taxes every year, and for this they have right to get access to the highest quality streets, in addition to other rights, so it's not affected their comfortability neither their vehicles safety. Currently, the road park users feel discomforted about the streets status, a lot of failures can be seen on the asphalt course layer that affect it's functionality. This project's objective is to redesign the asphalt course layer's constructive process in a street located in Guayaquil – Ecuador through the review of local normative NEVI-12 MTOP for urban sector a technical criteria to improve the use time and the streets quality, in addition to the user's well-being and comfort.

The methodology used breaks in 3 phases:

i) There was an analysis about the current status of the asphalt course layer through visual inspections and lab analysis in 3 representative zones of the city. ii)Based on this, several alternatives were proposed in order to define restrictions and choose the right focus for the asphalt course layer constructive process redesign. iii)After applying technical, economic, environmental and social criteria, the constructive and rehabilitation processes were redesigned, handing the design brief, budget and environmental impact analysis.

The expected result are excellent quality finishes on the streets asphalt course layer. The asphalt course layer's constructive process price is \$ 16.37 /m² and for it's rehabilitation process of parching is \$ 26.97 /m².

Keywords: *Asphalt course layer, Quality, Constructive process, Parching.*

Índice general

Evaluadores	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Índice general	viii
Abreviaturas	xi
Simbología	xii
Índice de figuras	xiii
Índice de tablas.....	xvi
ÍNDICE DE PLANOS	xix
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Presentación general del problema	3
1.3 Justificación del Problema	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
Capítulo 2	6
2. Materiales y métodos	7
2.1 Revisión de literatura	7
2.2 Área de estudio	20
2.3 Trabajo de campo y laboratorio	26
2.4 Análisis de datos	52

2.5 Análisis de alternativas	59
Capítulo 3	63
3. Diseño y especificaciones	64
3.1 Diseño	64
3.2 Especificaciones técnicas.....	90
Capítulo 4	101
4 estudio del impacto ambiental.....	102
4.1 Descripción del proyecto	102
4.2 Línea base ambiental	102
4.3 Actividades del proyecto	106
4.4 Identificación de impactos ambientales	107
4.5 Valoración de impactos ambientales	108
4.6 Medidas de prevención/mitigación	118
Capítulo 5	120
5. Presupuesto.....	121
5.1 Estructura desglosada de trabajo.....	121
5.2 Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)	123
5.3 Descripción de cantidades de obra.....	125
5.4 Valoración integral del costo del proyecto	127
5.5 Cronograma de obra.....	128
Capítulo 6	133
6. Conclusiones y recomendaciones.....	134
6.1 Conclusiones	134
6.2 Recomendaciones	136
Referencias	137
Planos y Anexos	140

Planos	141
Anexos.....	145

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
MPY	Milésimas de pulgadas por año

Simbología

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo
ml	Metros lineales
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
u	Unidad
gal	Galones
kg	Kilogramos

Índice de figuras

Figura 2.2.1: Ubicación de las zonas de estudio en Guayaquil	22
Figura 2.2.2: Ubicación de zona 1 a detalle.....	23
Figura 2.2.3: Ubicación de zona 2 a detalle.....	24
Figura 2.2.4: Ubicación de zona 3 a detalle.....	25
Figura 2.3.1: Inspección en zona 1 (acabado de tapa correcto)	26
Figura 2.3.2: Inspección en zona 1 (acabado de tapa correcto)	27
Figura 2.3.3: Inspección en zona 1 (acabado de tapa incorrecto)	27
Figura 2.3.4: Inspección en zona 1 (acabado de tapa incorrecto)	28
Figura 2.3.5: Inspección en zona 1 (acabado de tapa incorrecto)	28
Figura 2.3.6: Inspección en zona 1 (medición de desnivel de tapa)	29
Figura 2.3.7: Inspección en zona 1 (acabado de borde discontinuo)	29
Figura 2.3.8: Inspección en zona 1 (acabado de borde incorrecto)	30
Figura 2.3.9: Inspección en zona 1 (acabado de borde incorrecto y tapa incorrecta)	30
Figura 2.3.10: Inspección en zona 1 (acabado de borde incorrecto y tapa incorrecta)	31
Figura 2.3.11: Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero correcto)	31
Figura 2.3.12: Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero correcto)	32
Figura 2.3.13: Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)	32
Figura 2.3.14: Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)	33
Figura 2.3.15: Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)	33
Figura 2.3.16: Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)	34
Figura 2.3.17: Inspección en zona 1 (juntas inapropiadas)	34
Figura 2.3.18: Inspección en zona 2 (acabado de tapa correcto)	35
Figura 2.3.19: Inspección en zona 2 (acabado de tapa correcto)	35
Figura 2.3.20: Inspección en zona 2 (acabado de tapa incorrecto)	36
Figura 2.3.21: Inspección en zona 2 (acabado de tapa correcto)	36
Figura 2.3.22: Inspección en zona 2 (acabado de tapa incorrecto)	37
Figura 2.3.23: Inspección en zona 2 (acabado de borde correcto y tapa incorrecta)	37
Figura 2.3.24: Inspección en zona 2 (acabado de borde incorrecto)	38
Figura 2.3.25: Inspección en zona 2 (acabado de borde incorrecto)	38

Figura 2.3.26: Inspección en zona 2 (acabado de borde aceptable)	39
Figura 2.3.27: Inspección en zona 2 (acabado de borde aceptable)	39
Figura 2.3.28: Inspección en zona 2 (fisuras)	40
Figura 2.3.29: Inspección en zona 2 (fisuras)	40
Figura 2.3.30: Inspección en zona 3 (acabado de borde correcto)	41
Figura 2.3.31: Inspección en zona 3 (acabado de borde continuo)	41
Figura 2.3.32: Inspección en zona 3 (acabado de borde correcto)	42
Figura 2.3.33: Inspección en zona 3 (acabado de borde discontinuo)	42
Figura 2.3.34: Inspección en zona 3 (fisuras)	43
Figura 2.3.35: Inspección en zona 3 (fisuras)	43
Figura 2.3.36: Inspección en zona 3 (medición de espesor de carpeta)	44
Figura 2.3.37: Inspección en zona 3 (medición de espesor de carpeta)	44
Figura 2.3.38: Inspección en zona 3 (bache)	45
Figura 2.3.39: Inspección en zona 3 (bache)	45
Figura 2.3.40: Inspección en zona 3 (proceso constructivo de carpeta asfáltica)	46
Figura 2.3.41: Inspección en zona 3 (proceso constructivo de carpeta asfáltica)	46
Figura 2.3.42: Inspección en zona 3 (proceso constructivo de carpeta asfáltica)	47
Figura 2.3.43: Inspección en zona 3 (proceso constructivo de carpeta asfáltica)	47
Figura 3.1.1: Preparación de la superficie para la imprimación	65
Figura 3.1.2: Riego de imprimación con tanque de imprimación	66
Figura 3.1.3: Riego de imprimación manual donde el carro de imprimación no llegue	67
Figura 3.1.4: Aplicación de arena con compresor de aire	68
Figura 3.1.5: Mezcla asfáltica preparada en planta siendo vertida en volqueta	69
Figura 3.1.6: Tendido de carpeta asfáltica con máquina extendidora de concreto asfáltico o “finisher”	70
Figura 3.1.7: Tendido de carpeta asfáltica en franjas	71
Figura 3.1.8: Compactación con rodillo liso	72
Figura 3.1.9: Compactación con neumáticos	73
Figura 3.1.10: Vista en planta de tapa al mismo nivel de la carpeta asfáltica	74
Figura 3.1.11: Detalle de chaflán sobre borde de carpeta asfáltica sobre tapa	75
Figura 3.1.12: Vista en corte de tapas de caja de revisión colocadas en hormigón hidráulico	75
Figura 3.1.13: Acabado de chaflán en borde de carpeta asfáltica sobre cuneta	76

Figura 3.1.14: Acabado de borde de carpeta asfáltica sobre	77
Figura 3.1.15: Definición de área de corte	78
Figura 3.1.16: Extracción de base dañada	79
Figura 3.1.17: Compactación de base importada	80
Figura 3.1.18: Limpieza del terreno	81
Figura 3.1.19: Imprimación de paredes de corte	82
Figura 3.1.20: Imprimación de superficie de bacheo	82
Figura 3.1.21: Esparcimiento de mezcla asfáltica	83
Figura 3.1.22: Limpieza de bordes	84
Figura 3.1.23: Compactación con rodillo liso	85
Figura 3.1.24: Compactación con neumáticos	85
Figura 3.1.25: Identificación de área afectada	86
Figura 3.1.26: Limpieza de superficie	87
Figura 3.1.27: Máquina de sellado de fisuras con calentador cilíndrico	87
Figura 3.1.28: Sellado de fisuras con máquina de sellado	88
Figura 3.1.29: Acabado del sellado de fisuras	89
Figura 3.1.30: Aplicación de capa de arena	89
Figura 5.1.1: Estructura desglosada del proceso constructivo	121
Figura 5.1.2: Estructura desglosada del proceso de rehabilitación de bacheo	122
Figura 5.1.3: Estructura desglosada del proceso de rehabilitación de sellado de fisuras	122

Índice de tablas

Tabla 2.1.1: Tipos de asfaltos cortados y sus viscosidades	12
Tabla 2.1.2: Especificaciones para asfaltos curados de curado rápido con normativa	13
Tabla 2.1.3: Especificaciones para asfaltos curados de curado medio con normativa	13
Tabla 2.1.4: Especificaciones para asfaltos curados de curado lento con normativa	14
Tabla 2.1.5: Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de asfaltos líquidos de curado rápido	14
Tabla 2.1.6: Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de asfaltos líquidos de curado medio	15
Tabla 2.1.7: Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de emulsiones asfálticas aniónicas	16
Tabla 2.1.8: Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de emulsiones asfálticas catiónicas	17
Tabla 2.4.1: Límites de propiedades de Marshall de mezclas asfálticas en caliente para tránsito muy pesado	58
Tabla 2.5.1: Valores de escala de Likert	60
Tabla 2.5.2: Análisis de restricciones	61
Tabla 3.2.1: Listado de actividades del proceso constructivo	90
Tabla 3.2.2: Listado de actividades del proceso de rehabilitación de bacheo	91
Tabla 3.2.3: Listado de actividades del proceso de rehabilitación de sellado de fisuras	91
Tabla 4.3.1: Actividades del proyecto de fase de construcción	106
Tabla 4.3.2: Actividades del proyecto de fase de rehabilitación	107
Tabla 4.4.1: Identificación de impactos ambientales en fase constructiva	107
Tabla 4.4.2: Identificación de impactos ambientales en fase de rehabilitación	108
Tabla 4.5.1: Valoración de índice de importancia	109
Tabla 4.5.2: Valoración de índice total de impacto	110
Tabla 4.5.3: Valoración de alteración ambiental	111
Tabla 4.5.4: Valoración de índice de importancia de actividades sobre medios alterados durante proceso constructivo	114
Tabla 4.5.5: Valoración de índice total de impacto de actividades sobre medios alterados durante proceso constructivo	115

Tabla 4.5.6: Matriz de Leopold de actividades sobre medios alterados durante proceso constructivo	115
Tabla 4.5.7: Valoración de índice de importancia de actividades sobre medios alterados durante proceso de rehabilitación	116
Tabla 4.5.8: Valoración de índice total de impacto de actividades sobre medios alterados durante proceso de rehabilitación	116
Tabla 4.5.9: Matriz de Leopold de actividades sobre medios alterados durante proceso de rehabilitación	117
Tabla 4.5.10: Interpretación de valoración de impactos ambientales de Matriz de Leopold	117
Tabla 4.6.1: Medidas de mitigación propuestas	118
Tabla 5.2.1: Actividades a realizar durante proceso constructivo precio unitario	123
Tabla 5.2.2: Actividades a realizar durante proceso de rehabilitación de bacheo con precio unitario	124
Tabla 5.2.3: Actividades a realizar durante proceso de rehabilitación de sellado de fisuras con precio unitario	124
Tabla 5.3.1: Presupuesto de proceso constructivo	126
Tabla 5.3.2: Presupuesto de proceso de rehabilitación de bacheo	126
Tabla 5.3.3: Presupuesto de proceso de rehabilitación de sellado de fisuras	127
Tabla 5.5.1: Cronograma de proceso constructivo de tramo referencial de carpeta asfáltica ...	130
Tabla 5.5.2: Cronograma de proceso de rehabilitación de bacheo	131
Tabla 5.5.3: Cronograma de proceso de rehabilitación de sellado de fisuras	132
Tabla A1: APU: Limpieza del terreno y desalojo	145
Tabla A2: APU: Replanteo y nivelación del terreno	146
Tabla A3: APU: Riego de Imprimación	147
Tabla A4: APU: Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta	148
Tabla A5: APU: Tendida de carpeta asfáltica 4”	149
Tabla A6: APU: Acabado en bordes sobre cunetas	150
Tabla A7: APU: Acabado de bordes sobre tapas de revisión	151
Tabla A8: APU: Acabado en bordes sobre sumideros	152
Tabla A9: APU: Agua para control de polvo	153
Tabla A10: APU: Cinta plástica de seguridad	154
Tabla A11: APU: Contenedor metálico para basura	155

Tabla A12: APU: Cortes y remoción de carpeta asfáltica	156
Tabla A13: APU: Puesta de carpeta asfáltica en bacheo	157
Tabla A14: APU: Sellado de fisuras (incluye material y mano de obra)	158

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Acabado adecuado para bordes de carpeta asfáltica sobre sumideros

PLANO 2 Acabados adecuados para bordes de carpeta asfáltica sobre tapas de registro 1

PLANO 3 Acabados adecuados para bordes de carpeta asfáltica sobre tapas de registro

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El pavimento es una estructura conformada por diversas capas de espesores y materiales diferentes, para una adecuada distribución de esfuerzos transmitidos por peatones y medios de transporte, tales como automóviles, buses, camiones y tracto camiones, y se clasifican principalmente en pavimentos rígidos y flexibles.

La estructura de un pavimento flexible está compuesta por la, sub base, base y la capa de rodadura. La capa de rodadura es un concreto asfáltico que contiene agregado grueso, fino, cemento asfáltico y aditivos (Sánchez F, 2016).

Para el diseño del concreto asfáltico se emplea el método de Marshall, el cual describe la medición de la resistencia a la deformación plástica, usando recipientes cilíndricos estandarizados que contienen mezclas bituminosas, cargadas sobre su superficie lateral, haciendo uso del aparato Marshall. El método mencionado se puede aplicar a mezclas asfálticas con áridos de un tamaño de diámetro no mayor a 25 mm. Es importante que en el análisis de las mezclas asfálticas compactas se determine la estabilidad, deformación, densidad y porcentaje de vacíos (Wayne K, 2006).

En las vías urbanas, específicamente, dentro de la ciudad de Guayaquil, se observa en mal estado la carpeta de rodadura en algunos sectores. En 2017, el Municipio gastó aproximadamente 7.15 millones de dólares en arreglos de calles, usando aproximadamente 2500 m³ de hormigón asfáltico mensualmente. Lo que refleja que las calles en mal estado fueron atendidas para el buen tránsito vehicular (El Universo, 2017).

1.2 Presentación general del problema

Actualmente, los habitantes del cantón Guayaquil presentan quejas con respecto a la calidad de las calles de la urbe. En general se puede apreciar que algunas calles de pavimento flexible presentan diferentes tipos de fallas en su capa de rodadura.

Las técnicas empleadas en la construcción, e inclusive, durante la rehabilitación de las capas de rodadura no siguen los parámetros establecidos en la normativa local NEVI-12 MTOP. Como resultado de las malas prácticas constructivas, se encuentra fallas recurrentes en la carpeta asfáltica.

Un mal proceso constructivo de rehabilitación representa un gasto innecesario, pues el problema se volverá a generar nuevamente; es imprescindible que un buen proceso constructivo sea acompañado de un trabajo de mantenimiento y rehabilitación con calidad.

1.3 Justificación del Problema

Los usuarios del parque vial son ciudadanos que pagan impuestos, parte del dinero que pagan es destinado al Municipio de Guayaquil, que es la entidad encargada de la construcción y el mantenimiento de calles en el sector urbano de la ciudad, sin embargo, la evidencia de fallas en algunas calles hace de carácter imprescindible la elaboración de especificaciones técnicas y criterios sugeridos para un correcto proceso constructivo y de rehabilitación en la carpeta de rodadura de hormigón asfáltico.

La implementación de buenas prácticas, basándose en normativa local y extranjera, durante la etapa de construcción, mantenimiento y rehabilitación garantiza una mejor calidad en el acabado y la durabilidad de la carpeta de rodadura, ahorrando cantidades de dinero considerables al Municipio de Guayaquil y a los usuarios del parque vial.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Rediseñar la capa de rodadura de hormigón asfáltico en su proceso constructivo de un tramo en una vía de pavimento flexible mediante la revisión de la normativa NEVI-12 MTOP para el sector urbano y criterios técnicos para que mejore el tiempo de uso y la calidad de las calles, también el bienestar y confort de los usuarios.

A continuación, incluir las preguntas de diseño o ingenieril o investigación (en párrafo separado). Se sugieren entre 2 o 4 preguntas, las preguntas no deben ser respondibles con un simple “sí” o “no”.

1. ¿De qué manera se puede determinar el estado actual de la carpeta asfáltica en las calles de Guayaquil?
2. ¿Cómo se llevaría a cabo la construcción de la carpeta de rodadura en las calles de Guayaquil?
3. ¿Cómo sería un correcto proceso de rehabilitación para la carpeta de rodadura en las calles de Guayaquil?
4. ¿Cómo se puede asegurar que la implementación del proyecto no contamine el ambiente y no represente gastos innecesarios?

1.4.2 Objetivos específicos

1. D Analizar información recolectada sobre condiciones actuales de las calles para el estudio de daños y el planteamiento de mejoras.
2. Realizar el diseño del proceso constructivo de la capa de rodadura de hormigón asfáltico para la mejora de fallas existentes, deterioro y daños.

3. Aplicar las soluciones adecuadas que reúnan procesos constructivos con calidad en la rehabilitación de la capa de rodadura de hormigón asfáltico para la mejora en el tiempo de vida útil.
4. Elaborar la evaluación de impacto ambiental y el presupuesto, aportando con la inclusión de materiales que promuevan la sostenibilidad y una reducción en costos.

Capítulo 2

2. Materiales y métodos

2.1 Revisión de literatura

Pavimento. -

El pavimento se define como una estructura conformada por diversas capas superpuestas colocadas sobre una base de suelo o subrasante, para soportar el tráfico de vehículos y distribuir las cargas aportadas por los vehículos y usuarios del parque vial de manera uniforme hacia el suelo subyacente sin perjudicar el estado del mismo. Está diseñado para proporcionar una superficie de rodadura segura y duradera para vehículos y peatones. Generalmente, se cuenta con pavimento rígido, flexible y articulado, siendo el pavimento flexible el enfoque del estudio (Reyes F, 2022).

El pavimento tiene la siguiente estructura: La subrasante, es el terreno natural sobre el cual se coloca el resto de capas del pavimento, la sub base es una capa granular colocada encima de la subrasante, luego la se coloca la base, una capa con una granulometría diferente a la sub base; y encima se coloca la capa de rodadura, teniendo en cuenta que en un pavimento rígido se conoce como losa de hormigón hidráulico, mientras que en un pavimento flexible se conoce como carpeta de hormigón asfáltico (Sánchez F, 2016).

Material pétreo. -

Se conoce como material pétreo a aquellos que están conformados por materiales de orígenes mineral y rocas naturales aplicados a diferentes sectores industriales por diferentes propiedades de los materiales. Estos materiales son extraídos de canteras para, de ser necesario, ser procesados y comercializados (Yoder & Witczak, 1975).

En el campo de la construcción, el material pétreo más común es el ripio, explotado por canteras en ríos, o el cascajo, que es explotado por canteras en macizos rocosos. Este material, conocido como agregado, se puede clasificar en agregado grueso o agregado fino, dependiendo

de la longitud del diámetro de las rocas, siendo 5 milímetros la separación entre agregado fino y grueso (Huang, 2003).

Asfalto. -

A este compuesto se lo conoce también como betún o alquitrán, es un material de consistencia viscosa y pegajosa. Es un subproducto del petróleo crudo y es obtenido por medio del proceso de refinación del petróleo. El asfalto es una mezcla compleja de hidrocarburos y demás compuestos orgánicos (Lavin P, 2003).

En el campo de la Ingeniería Civil, el asfalto es utilizado en el diseño de mezclas asfálticas para las carpetas asfálticas del pavimento flexible.

Mezcla Asfáltica. -

Es una combinación de asfalto (o betún) y agregados minerales, tales como grava (agregado fino), arena y piedra triturada. Esta mezcla se utiliza comúnmente en la construcción de carreteras y otras superficies de pavimentación. La mezcla asfáltica es producida en plantas de asfalto, donde los agregados se mezclan con asfalto líquido caliente para la creación de una masa homogénea (Ray E et al, 2003).

Cuanto más material pétreo se aporte a la mezcla, la resistencia va a ir aumentando; por otra parte, cuanto más contenido de asfalto se aporte, la elasticidad se ve en aumento.

Fallas. -

Una falla en el pavimento hace referencia a cualquier tipo de problema estructural o deterioro que ocurre en una carretera, calle o cualquier otra superficie pavimentada. Estas pueden deberse a un sinnúmero de razones, tales como el tráfico pesado, falta de mantenimiento adecuado, condiciones del clima extremas o errores en el diseño o construcción. Las fallas pueden variar en gravedad, pueden ir desde problemas menores que afectan la estética, hasta

problemas graves que comprometen la estructura del pavimento, poniendo en peligro la seguridad y la funcionalidad de la calle y los usuarios (Thom N, 2008).

A continuación se exponen 3 tipos de fallas comunes en el pavimento flexible (a,b,c):

a) Bache. -

Un bache se puede definir como un agujero en la capa de rodadura. Esta falla es producida por el flujo constante de vehículos, peso excesivo o inclusive por la acción del agua, que se infiltra y afecta a la estructura inferior a la capa de rodadura (AASHTO, 1993).

Este tipo de falla puede causar daños instantáneos a los neumáticos de los automóviles, y causar daños a la larga al resto del automóvil. Es por ello que se aplica la técnica del “rebacheo” en las áreas afectadas.

b) Rodera. -

La rodera es un tipo de falla que hace alusión a una depresión o un surco en la superficie de la capa de rodadura del pavimento. Esta falla es atribuida al flujo constante de vehículos y al peso excesivo de algunos de ellos (Sánchez F, 2016).

La gravedad de estas fallas varía, pudiendo ir desde profundidades imperceptibles hasta depresiones que vuelven imposible el tránsito.

c) Agrietamiento por fatiga. -

Este tipo de falla, comúnmente conocida en el medio como “piel de cocodrilo” o agrietamiento en malla por fatiga es un deterioro o falla que se presenta en la capa de rodadura. Este tipo de falla ocurre debido a la fatiga estructural del pavimento, que se tiene como resultado de cargas repetitivas sobre su superficie, tales como el paso de vehículos, especialmente en áreas de alto tráfico y en zonas donde las temperaturas fluctúan significativamente, por ejemplo, durante la transición entre las estaciones frías y calurosas (LCPC, 1997).

Desempeño de mezcla asfáltica. -

Hace alusión a la capacidad de la mezcla para resistir el desgaste y mantener su integridad estructural bajo diversas condiciones de carga y ambiente. El desempeño y la calidad de la mezcla asfáltica son críticos para la durabilidad y seguridad de las carreteras y otras superficies pavimentadas. Para evaluar el desempeño de una mezcla se considera factores como la resistencia a la compresión, resistencia a la fatiga, adherencia, durabilidad, resistencia al agua, estabilidad a alta temperatura y la trabajabilidad (Kett I, 1998).

A continuación, se explica el ensayo de laboratorio para la medición del desempeño a emplear:

Ensayo de Marshall. -

Este ensayo permite evaluar la deformación y la estabilidad en una mezcla asfáltica. Este tipo de ensayo es de los más utilizados para medir el desempeño de una mezcla (AASHTO, 1993).

A continuación, se resume el procedimiento del ensayo:

1.Preparación de la Muestra: Se inicia tomando una muestra representativa de la mezcla asfáltica y se la calienta con la finalidad de que esté a una temperatura específica, generalmente alrededor de 150-160°C (302-320°F) (en el método de mezcla caliente). La muestra caliente se mezcla con una cantidad predeterminada de asfalto caliente.

2.Compactación: La mezcla asfáltica caliente se coloca en un molde circular “Marshall” para luego ser compacta con una carga específica utilizando un compactador Marshall. El compactador aplica presión a la muestra sobre sus superficies perimetrales para simular la compactación que ocurre durante la construcción de carreteras.

3.Enfriamiento y moldeo: Después de la compactación, el molde con la muestra compactada se enfría antes de desmoldar la muestra.

4. Medición de estabilidad y deformación: Luego de compactar la muestra, se la coloca en la máquina de ensayo de compresión Marshall, donde se le aplica una carga axial a una velocidad constante. La carga máxima que pueda soportar la probeta antes de romperse se registra como la estabilidad Marshall. También se mide la deformación (flujo plástico) de la muestra durante el ensayo.

Asfalto cortado.-

El término empleado "asfalto cortado" hace alusión a un proceso en el cual el asfalto tradicional, con propiedades de consistencia viscosa y pegajosa en su forma natural, es diluido con un solvente para volverlo más fluido y fácil de aplicar. Este proceso de dilución es llamado corte del asfalto (Valenzuela M, 2003).

El solvente que se emplea en el asfalto cortado puede variar y suele incluir productos derivados del petróleo, como queroseno o nafta, y cabe y recalcar que cada sustancia aporta propiedades de secado y adherencia distinta.

Se suele aplicar el asfalto cortado para sellar superficies, para control de polvo en superficies temporalmente, y principalmente para la imprimación asfáltica debido al rápido tiempo de secado de la mezcla.

Se clasifica el asfalto cortado en 3 grupos, RC (curado rápido), MC (curado medio) y LC (curado lento), y a su vez cada uno de ellos se divide en 5 tipos, como se puede apreciar a continuación en la tabla 2.1.1:

Tabla 2.1.1

Tipos de asfaltos cortados y sus viscosidades

VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL	APPROXIMADA A 60 °C	15 a 30	RC-0	MC-0	SC-0
		40 a 80	RC-1	MC-1	SC-1
		100 a 200	RC-2	MC-2	SC-2
		250 a 500	RC-3	MC-3	SC-3
		600 a 1200	RC-4	MC-4	SC-4
		1500 a 3000	RC-5	MC-5	SC-5

Nota. Datos tomados de Velásquez Manuel (2013).

Tabla 2.1.2

Especificaciones para asfaltos curados de curado rápido con normativa

Características	Método de Ensayo	Método de Ensayo	Grados					
	AASHTO	ASTM	RC-0	RC-1	RC-2	RC-3	RC-4	RC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C.	T-79	D-1310	-	-	26,7	26,7	26,7	26,7
Viscosidad Furol a 25 °C, s.	T-72	D-88	75-150	-	-	-	-	-
Viscosidad Furol a 50 °C, s.			-	75-150	-	-	-	-
Viscosidad Furol a 60 °C, s.			-	-	100-200	250-500	-	-
Viscosidad Furol a 82,2 °C, s.			-	-	-	-	125-250	300-600
Destilación:	T-78	D-402						
Destilado (porcentaje del total destilado a °C):								
A 190 °C.			15+	10+	-	-	-	-
A 225 °C.			55+	50+	40+	25+	8+	-
A 260 °C.			75+	70+	65+	55+	40+	25+
A 316 °C.			90+	88+	87+	83+	80+	70+
Residuo de destilación a 360 °C, porcentaje en volumen por diferencia.			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Ensayo sobre el residuo de destilación:								
Penetración, 25 °C, 100 g, 5 s.	T-49	D-5	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad, 25 °C, cm.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubilidad en C Cl ₄ , %	T-44	D-4	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+
Condiciones generales.			El material no contendrá agua					

Fuente: The Asphalt Institute's, Manual del Asfalto

Nota. Datos tomados de Velásquez Manuel (2013).

Tabla 2.1.3

Especificaciones para asfaltos curados de curado medio con normativa

Características	Método de Ensayo	Método de Ensayo	Grados					
	AASHTO	ASTM	MC-0	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C.	T-79	D-1310	37,8	37,8	65,6	65,6	65,6	65,6
Viscosidad Furol a 25 °C, s.	T-72	D-88	75-150	-	-	-	-	-
Viscosidad Furol a 50 °C, s.			-	75-150	-	-	-	-
Viscosidad Furol a 60 °C, s.			-	-	100-200	250-500	-	-
Viscosidad Furol a 82,2 °C, s.			-	-	-	-	125-250	300-600
Destilación:	T-78	D-402						
Destilado (porcentaje del total destilado a °C):								
A 225 °C.			25-	20-	10-	5-	0	0
A 260 °C.			40-70	25-65	15-55	5-40	30-	20-
A 316 °C.			75-93	70-90	60-87	55-85	40-80	20-75
Residuo de destilación a 360 °C, porcentaje en volumen por diferencia.			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Ensayo sobre el residuo de destilación:								
Penetración, 25 °C, 100 g, 5 s.	T-49	D-5	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad, 25 °C, cm.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubilidad en C Cl ₄ , %	T-44	D-4	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+
Condiciones generales.			El material no contendrá agua					

Fuente: The Asphalt Institute's, Manual del Asfalto

Nota. Datos tomados de Velásquez Manuel (2013).

Tabla 2.1.4

Especificaciones para asfaltos curados de curado lento con normativa

Características	Método de ensayo	Método de ensayo	Grados					
	AASHTO	ASTM	SC-0	SC-1	SC-2	SC-3	SC-4	SC-5
Punto de inflamación, vaso abierto, °C.	T-79	D-1310	-	-	26,7	26,7	26,7	26,7
Viscosidad Furol a 25 °C, s.	T-72	D-88	75-150	-	-	-	-	-
Viscosidad Furol a 50 °C, s.			-	75-150	-	-	-	-
Viscosidad Furol a 60 °C, s.			-	-	100-200	250-500	-	-
Viscosidad Furol a 82,2 °C, s.			-	-	-	-	125-250	300-600
Agua %	T-55	D-95	0,5-	0,5-	0	0	0	0
Destilación:								
Total destilado a 360 °C	T-78	D-402	15-40	10-30	5-25	2-15	10-	5-
Ensayo del flotador sobre el residuo de destilación a 50 °C, s.	T-50	D-139	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150	75-200
Residuo asfáltico de penetración 100, %		D-243	40+	50+	60+	70+	75+	80+
Ductilidad del residuo asfáltico de penetración 100, a 25 °C, cm.	T-51	D-113	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubilidad en C Cl ₄ , %	T-44	D-4	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+	99,5+

Fuente: The Asphalt Institute's, Manual del Asfalto

Nota. Datos tomados de Velásquez Manuel (2013).

Tabla 2.1.5

Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de asfaltos líquidos de curado rápido

DESIGNACION	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Cinemática a 60°C, mm ² /s (1)	70	140	250	500	800	1.600	3.000	6.000
Punto de Inflamación (Copa Abierta Tag), °C			27		27		27	
Destilación:								
- Destilado, % en volumen del total destilado a 360°C :								
A 190°C	10							
A 225°C	50		35		15			
A 260°C	70		60		45		25	
A 315°C	85		80		75		70	
- Residuo de la destilación a 360°C, % en volumen por diferencia.	55		65		75		80	
Ensayes al residuo de la destilación:								
Viscosidad a 60°C, Pa · s (2)	60	240	60	240	60	240	60	240
Ductilidad a 25°C, 5cm/min, cm. (3)	100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloroetileno, %	99,0		99,0		99,0		99,0	
Agua, %		0,2		0,2		0,2		0,2
Ensaye de la Mancha:								
- Heptano/Xilol (% Xilol)		20		20		20		20

Nota. Datos tomados de Tabla 8.301.2, MOP-DGOP Dirección de Vialidad Chile (2008).

Tabla 2.1.6

Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de asfaltos líquidos de curado medio

DESIGNACION	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Viscosidad Cinemática a 60°C, mm ² /s (1)	30	60	70	140	250	500	800	1.600	3.000	6.000
Punto de Inflamación (Copa Abierta Tag), °C	38		38		66		66		66	
Destilación: - Destilado, % en volumen del total destilado a 360°C : A 225°C A 260°C A 315°C - Residuo de la destilación a 360°C, % en volumen por diferencia.	40 75 50	30 70 93	20 60 65	20 60 90	15 55 60	10 55 87	45 80 75	35 80	15 75 80	15 75
Ensayes al residuo de la destilación: Viscosidad a 60°C, Pa · s (2) Ductilidad a 25°C, 5cm/min, cm. (3) Solubilidad en Tricloroetileno, % Agua, %	30 100 99,0	120 100 0,2	30 100 99,0	120 100 0,2	30 100 99,0	120 100 0,2	30 100 99,0	120 100 0,2	30 100 99,0	120 100 0,2
Ensaye de la Mancha: - Heptano/Xilol (% Xilol)		20		20		20		20		20

Nota. Datos tomados de Tabla 8.301.3, MOP-DGOP Dirección de Vialidad Chile (2008).

Emulsión asfáltica. -

Es una mezcla estable de asfalto con agua, con la presencia de un agente emulsionante que es imprescindible para mantener estas al agua y al asfalto juntos de forma homogénea. Esta solución es utilizada en unas variedades de aplicaciones en la industria de la construcción y pavimentación (Cartero-Durango et al, 2023).

Se suele aplicar la emulsión asfáltica para el sellado de grietas o fisuras y también para la estabilización de suelos antes de aplicar capas superiores. Otro uso puede ser la imprimación, pero el tiempo de secado es largo comparado con el asfalto cortado.

Las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas o catiónicas, estos términos se refieren a la carga eléctrica de las partículas de asfalto en la emulsión y cómo estas interactúan con otras sustancias que se encuentran presentes en la mezcla. Estas diferencias de carga mencionadas afectan a la forma en que se aplican las emulsiones en diversos proyectos de construcción y pavimentación.

Emulsión asfáltica aniónica. -

En una emulsión aniónica, las partículas de asfalto están cargadas una carga eléctrica negativa. Esto implica que las partículas de asfalto repelen otras partículas cargadas negativamente y se atraen por partículas con carga positiva (Divas E, 2018).

Este tipo de emulsión es utilizado comúnmente en aplicaciones de imprimación y sellado de grietas.

Tabla 2.1.7

Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de emulsiones asfálticas aniónicas

Tipo Grado	Quiebre Rápido				Quiebre Rápido Alta Flotación		Quiebre Medio					
	RS-1		RS-2		HFRS-2		MS-1		MS-2		MS-2h	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Ensayes a la emulsión:												
Viscosidad, Saybolt Furol a 25°C, SFs	20	100	-	-	-	-	20	100	100	-	100	-
Viscosidad, Saybolt Furol a 50°C, SFs	-	-	75	400	75	400	-	-	-	-	-	-
Ensaye de estabilidad en almacenamiento, 24 h, % (1)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Demulsibilidad, 35 ml. 0.02N CaCl ₂ , %	60	-	60	-	60	-	-	-	-	-	-	-
Capacidad de cubrimiento y resistencia al agua:												
- Cubrimiento agregado seco	-	-	-	-	-	-	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
- Cubrimiento después de esparcido	-	-	-	-	-	-	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
- Cubrimiento agregado húmedo	-	-	-	-	-	-	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
- Cubrimiento después de esparcido	-	-	-	-	-	-	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Ensaye de Carga Partícula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ensaye de tamizado, % (1)	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10
Ensaye de mezcla cemento, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Destilación:												
Residuo por destilación, %	55	-	63	-	63	-	55	-	65	-	65	-
Aceite destilado por volumen de emulsión, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ensayes al residuo de la destilación:												
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en Tricloroetileno, %	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-
Ensaye de Flotación a 60°C, s	-	-	-	-	1.200	-	-	-	-	-	-	-
Ensaye de la Mancha:												
Heptano/Xilol, % Xilol	-	25	-	25	-	25	-	25	-	25	-	25

Nota. Datos tomados de Tabla 8.301.4, MOP-DGOP Dirección de Vialidad Chile (2008).

Emulsión asfáltica catiónica. -

En una emulsión catiónica, las partículas de asfalto están cargadas una carga eléctrica positiva. Esto implica que las partículas de asfalto se atraen por partículas cargadas negativamente y se repelen entre sí (Divas E, 2018).

Este tipo de emulsión es comúnmente empleado en tratamientos superficiales y estabilización de suelos, además de imprimación asfáltica y sellado de grietas.

Tabla 2.1.8

Viscosidades y desempeños a diferentes temperaturas de diferentes tipos de emulsiones asfálticas catiónicas

Tipo Grado	Quiebre Rápido				Quiebre Medio				Quiebre Lento			
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Ensayes a la emulsión:												
Viscosidad, Saybolt Furol a 25°C, SFs.									20	100	20	100
Viscosidad, Saybolt Furol a 50°C, SFs.	20	100	100	400	50	450	50	450				
Ensaye de estabilidad en almacenamiento 24 h, %	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Demulsibilidad, 35 ml, 0,8% dioctylsulfosuccinato de sodio, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capacidad de cubrimiento y resistencia al agua:												
-Cubrimiento, agregado seco					Bueno	Bueno						
-Cubrimiento, después de esparcido					Regular	Regular						
-Cubrimiento, agregado húmedo					Regular	Regular						
-Cubrimiento, después de esparcido					Regular	Regular						
Ensaye de carga de partícula	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
Ensaye de tamizado, % (1)	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10
Ensaye de mezcla con Cemento, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	2,0
Destilación:												
- Aceite destilado por volumen de emulsión, %	-	3	-	3	-	12	-	12	-	-	-	-
- Residuo, %	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-
Ensayes al residuo de la destilación:												
- Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en Tricloroetileno, %	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-
Ensaye de la Mancha:												
Heptano/Xilol, % Xilol		25		25		25		25		25		25

Nota. Datos tomados de Tabla 8.301.5, MOP-DGOP Dirección de Vialidad Chile (2008).

Imprimación asfáltica. -

Se trata de un tratamiento que es aplicado sobre la superficie de una base granular antes de colocar una capa de mezcla asfáltica (también conocida como capa de rodadura o carpeta asfáltica). La función principal de la imprimación es mejorar la adherencia entre la superficie existente, la cual puede ser la base granular, y la nueva capa asfáltica, garantizando así una unión fuerte y duradera (Asphalt Institute, 1993).

En situaciones donde se requiere una mayor resistencia a las cargas o una mejor adherencia, se pueden agregar aditivos modificadores de la emulsión asfáltica. Estos aditivos pueden ayudar a mejorar las propiedades de la emulsión y su capacidad para unir las capas.

El proceso de doble imprimación implica la aplicación de una primera capa de imprimación, que se deja secar y curar antes de aplicar una segunda capa de imprimación. La segunda capa se aplica sobre la primera para lograr un mayor sellado y ligado entre las capas de asfalto y la base.

Es importante seguir las especificaciones del proyecto y las recomendaciones del fabricante de los productos para garantizar que se apliquen adecuadamente los productos de doble imprimación. La elección de los productos y la técnica de aplicación dependerán de las condiciones específicas del sitio y las necesidades del proyecto.

También se suele ver presente la actividad de aplicar una capa de áridos sobre la capa de imprimación para realizar un sellado sobre la capa.

Carro de imprimación. -

Se utiliza para aplicar la imprimación asfáltica sobre la superficie existente antes de colocar la capa asfáltica para que se ligen. El carro de imprimación distribuye uniformemente el asfalto líquido sobre la superficie por medio de la flauta a medida que avanza el vehículo (Lavin P, 2003)

Máquina extendedora de concreto asfáltico (Finisher). –

Es una máquina autopropulsada, comúnmente utilizada para extender y nivelar la mezcla asfáltica en la superficie de la base granular del pavimento en proceso de construcción. La extendedora de concreto asfáltico posee una tolva en la parte delantera donde se carga la mezcla asfáltica y un tambor extendido que distribuye y compacta la mezcla uniformemente sobre la superficie a medida que la máquina avanza (Rivera & Saleh, 2014).

Máquinas compactadoras. -

Las compactadoras son máquinas pesadas que tienen diferentes usos que incluyan la compactación, para el interés del proyecto, se utilizan para compactar la mezcla asfáltica después de que ha sido extendida por la extendedora. Existen dos tipos principales de compactadoras aplicados a esta área: compactadoras de rodillos lisos y compactadoras de neumáticos. Los rodillos lisos son aprovechados para comprimir y alisar la superficie, mientras que las compactadoras de neumáticos se usan para compactar la mezcla usando la presión de los neumáticos (Rivera & Saleh, 2014).

Fresadoras. -

Las fresadoras son máquinas que se utilizan para quitar las capas superiores deterioradas o irregulares del pavimento existente antes de aplicar una nueva capa asfáltica (Rivera & Saleh, 2014).

Rebacheo. -

Es una técnica de rehabilitación de la carpeta asfáltica utilizada para corregir baches o áreas dañadas existentes (Fonseca J, 2012).

Inyección en grietas. -

Se utiliza para sellar y rellenar las grietas en la capa de rodadura del pavimento, evitando que el agua penetre y cause más daños (Fathy A, 1996).

2.2 Área de estudio

Guayaquil es una de las ciudades más importantes del Ecuador, es la ciudad más grande de la costa con un área de 354 km² de extensión en su casco urbano, acogiendo una población de 2 644 891 habitantes, pero solo en el casco urbano (INEC, 2020). La importancia de la ciudad es grande, tanto así que es un foco de atracción para la mayoría de asentamientos cercanos, es por esto que todos los días llegan personas a habitar de forma ilegal en las afueras de la ciudad; de esta manera la ciudad ha ido creciendo, reconociendo y brindando servicios básicos a asentamientos ilegales también llamados “invasiones” (El Universo, 2018).

Se estima que la población de la ciudad de Guayaquil, incluyendo las invasiones y el sector rural, cuenta con alrededor de 3 620 000 personas.

El casco urbano es un sector muy amplio, por esto se tomó la decisión de escoger 3 lugares representativos donde se denoten aspectos a mejorar:

Zonas de estudio. -

Zona 1. -

La zona 1 es un sector ubicado en el norte de la ciudad, un tramo de vía que comprende a la avenida del periodista, desde la avenida Kennedy hasta la Plaza Dañín, a partir de allí se la avenida se denomina Francisco de Orellana y se sigue tomando en cuenta el tramo hasta llegar hasta el Gobierno Zonal.

Zona 2. -

La zona 2 es un sector ubicado en el centro de la ciudad, cerca del sector comercial y comprende el sector delimitado por las calles Luis Urdaneta y Primero de Mayo como límites longitudinales, y las avenidas Lorenzo de Garaicoa y Boyacá como los límites transversales.

Zona 3. -

La zona 3 es un tramo de la avenida 25 de Julio, una vía importante con un alto flujo vehicular en el sur de la ciudad que cuenta con 4 carriles en ambas direcciones. El lugar de estudio comprende los tramos entre la Base Naval Sur de Guayaquil y la calle Las Esclusas.

Figura 2.2.1

Ubicación de las zonas de estudio en la ciudad de Guayaquil

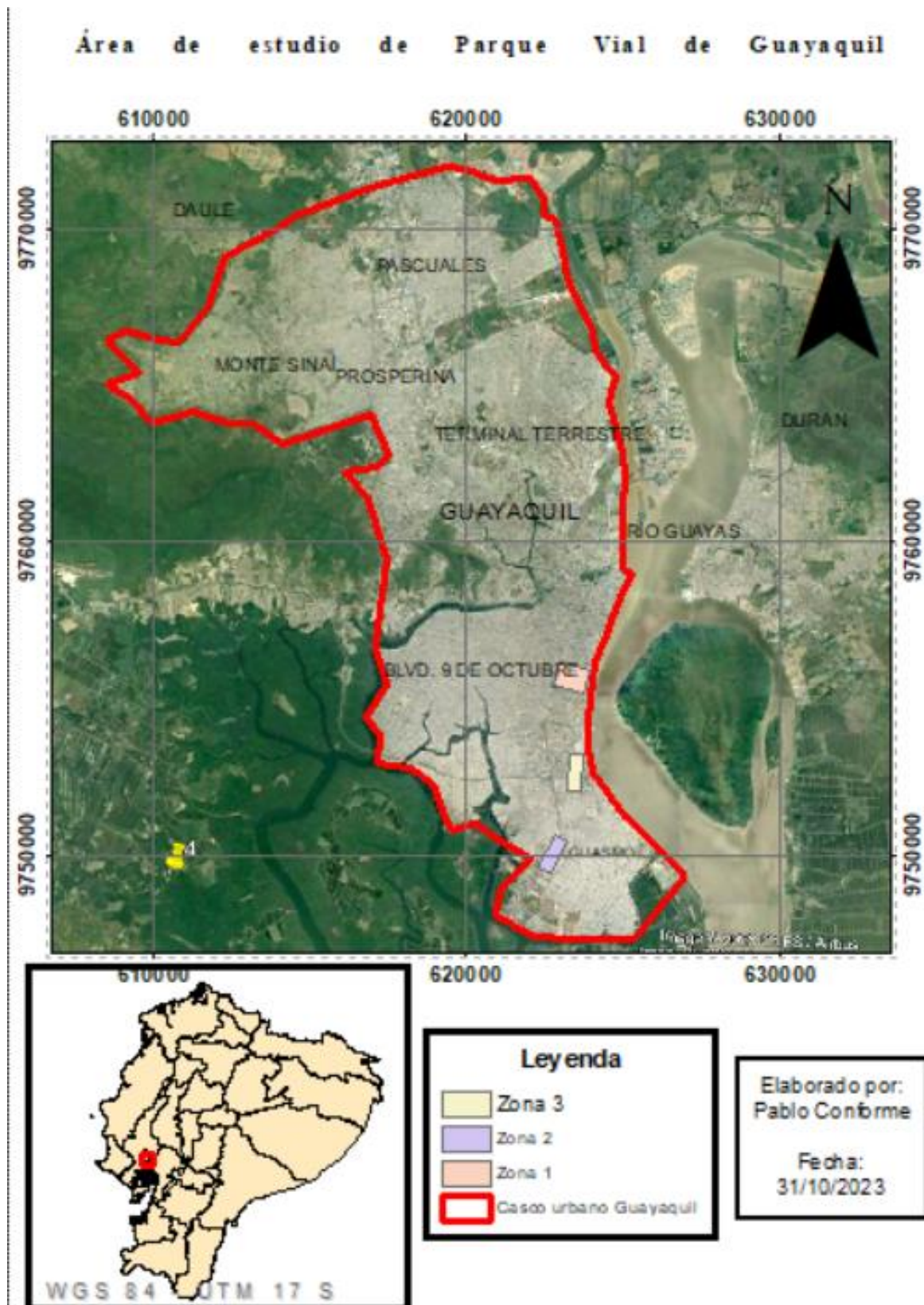


Figura 2.2.2

Ubicación de zona 1 a detalle



Ubicación de zona 2 a detalle



Ubicación de zona 3 a detalle



2.3 Trabajo de campo y laboratorio

La primera fase del trabajo de campo consiste en la observación del terreno, siendo de carácter obligatorio una normativa para poder identificar y cuantificar daños en base a una escala ya establecida.

Se buscó una normativa local para la evaluación visual de la carpeta flexible pero no se encontró resultados satisfactorios, en base a lo mencionado, se opta por la elección de una normativa colombiana, puesto que tanto Colombia como Ecuador son países andinos y comparten cualidades geográficas y demográficas similares.

La normativa elegida fue el “Manual para inspección visual de pavimentos flexibles”, publicado en el 2006 por el Ministerio de Transporte de Colombia.

A continuación, se presentan fotografías tomadas en las diversas áreas de estudio.

Zona 1.-

Zona 1: Tapas. –

Figura 2.3.1

Inspección en zona 1 (acabado de tapa correcto)



Figura 2.3.2

Inspección en zona 1 (acabado de tapa correcto)



Figura 2.3.3

Inspección en zona 1 (acabado de tapa incorrecto)



Figura 2.3.4

Inspección en zona 1 (acabado de tapa incorrecto)



Figura 2.3.5

Inspección en zona 1 (acabado de tapa incorrecto)



Figura 2.3.6

Inspección en zona 1 (medición de desnivel de tapa)



Zona 1: Bordes. -

Figura 2.3.7

Inspección en zona 1 (acabado de borde discontinuo)



Figura 2.3.8

Inspección en zona 1 (acabado de borde incorrecto)



Figura 2.3.9

Inspección en zona 1 (acabado de borde incorrecto y tapa incorrecta)



Figura 2.3.10

Inspección en zona 1 (acabado de borde incorrecto y tapa incorrecta)



Zona 1: Sumideros. -

Figura 2.3.11

Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero correcto)



Figura 2.3.12

Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero correcto)



Figura 2.3.13

Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)



Figura 2.3.14

Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)



Figura 2.3.15

Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)



Figura 2.3.16

Inspección en zona 1 (acabado de borde sumidero incorrecto)



Zona 1: Juntas inapropiadas. -

Figura 2.3.17

Inspección en zona 1 (juntas inapropiadas)



Zona 2.-

Zona 2: Tapas. –

Figura 2.3.18

Inspección en zona 2 (acabado de tapa correcto)



Figura 2.3.19

Inspección en zona 2 (acabado de tapa correcto)



Figura 2.3.20

Inspección en zona 2 (acabado de tapa incorrecto)



Figura 2.3.21

Inspección en zona 2 (acabado de tapa correcto)



Figura 2.3.22

Inspección en zona 2 (acabado de tapa incorrecto)



Zona 2: Bordes. -

Figura 2.3.23

Inspección en zona 2 (acabado de borde correcto y tapa incorrecta)



Figura 2.3.24

Inspección en zona 2 (acabado de borde incorrecto)



Figura 2.3.25

Inspección en zona 2 (acabado de borde incorrecto)



Zona 2: Sumideros. -

Figura 2.3.26

Inspección en zona 2 (acabado de borde sumidero aceptable)



Figura 2.3.27

Inspección en zona 2 (acabado de borde sumidero aceptable)



Zona 2: Fisuras. -

Figura 2.3.28

Inspección en zona 2 (fisuras)



Figura 2.3.29

Inspección en zona 2 (fisuras)



Zona 3. -

Zona 3: Bordes. -

Figura 2.3.30

Inspección en zona 3 (facabado de borde correcto)



Figura 2.3.31

Inspección en zona 3 (acabado de borde correcto continuo)



Figura 2.3.32

Inspección en zona 3 (acabado de borde correcto)



Figura 2.3.33

Inspección en zona 3 (acabado de borde correcto discontinuo)



Zona 3: Fisuras. -

Figura 2.3.34

Inspección en zona 3 (fisuras)



Figura 2.3.35

Inspección en zona 3 (fisuras)



Zona 3: Espesor de carpeta. -

Figura 2.3.36

Inspección en zona 3 (medición de espesor de carpeta)



Figura 2.3.37

Inspección en zona 3 (medición de espesor de carpeta)



Zona 3: Baches. -

Figura 2.3.38

Inspección en zona 3 (bache)



Figura 2.3.39

Inspección en zona 3 (bache)



También se pueden apreciar ciertas imágenes tomadas sobre un trabajo de construcción de carpeta asfáltica en la avenida León Febres Cordero a la Altura de “La Aurora”.

Figura 2.3.40

Proceso constructivo de carpeta asfáltica



Figura 2.3.41

Proceso constructivo de carpeta asfáltica



Figura 2.3.42

Proceso constructivo de carpeta asfáltica



Figura 2.3.43

Proceso constructivo de carpeta asfáltica



Trabajos de laboratorio

Para evaluar el estado actual de la carpeta asfáltica es necesario llevar a cabo también ensayos de laboratorio para poder conocer sus propiedades, por esto se tomó muestras de carpeta asfáltica en la zona 3.

Se tomaron 2 muestras de carpeta asfáltica y fueron llevadas al laboratorio de asfalto de la empresa Construladesa para aplicar el ensayo de Marshall y obtener las 6 siguientes propiedades: porcentaje de asfalto, gravedad específica Bulk, gravedad específica Rice, porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo y granulometría de la muestra.

La toma de muestras fue realizada el 27 de Noviembre, y el ensayo se llevó a cabo a partir del 28 de Noviembre.

Mediante la norma ASTM D2172 se determina el porcentaje de asfalto de la mezcla.

Temperatura : 140° C (asfalto puesto en obra)

W₁ = PESO ANTES DE LA EXTRACCIÓN = 1,000 gr
(antes de la extracción)

Peso de filtro N° 1 = _____

Peso de filtro N° 2 = _____

Peso de filtro N° 3 = _____

E₁ = 15.3

W₂ = PESO DESPUES DE LA EXTRACCIÓN = 942 gr

Peso de filtro N° 1 = _____

Peso de filtro N° 2 = _____

Peso de filtro N° 3 = _____

E₂ = 16.5

W₃ = E₂ - E₁ = 1.2

W₄ = VOLUMEN DE DISOLVENTE EMPLEADO (cc) = 3,000.00 × 0.001 = 3

$$\% \text{ ASFALTO} = \frac{W_1 - (W_2 + W_3 + W_4)}{W_1} \times 100$$

% ASFALTO = 5.38 %



CONSTRULADESA
SUELOS Y HOMÓLOGOS S.A.

NORMA: ASTM D2172



CONSTRULADESA
SUELOS Y HORMIGONES S.A.

MARSHALL DE ASFALTO

Solicitado por

Obra

Fiscaliza

Localización

Descripción

Temperatura

: SR. PABLO IVAN CONFORME TORRES

: ZONA 3

: ASFALTO RECICLADO

: 140° C (asfalto puesto en obra)

Muestra : 1

Fecha : 28/noviembre/2023

Contrato :

NORMA: ASTM D6927

BRIQUETA Nº	EXTRACC. ASFALTO	P E S O S (gr.)			VOLUMEN cm³	GRAV. ESP. (BULK) Briqueta (kg/m³)	GRAV. ESP. (RICE) (kg/m³)	VACÍOS %	ESTABILIDAD		CORRECCIÓN LIBRAS	FACTOR CORRECCIÓN	FLUJO (Pulg/100)
		AIRE	AGUA	S.S.S.					DIAL	ANILLO			
1	5.38 %	1110.0	588.0	1112.0	524.0	2118.3			285.00	2714	2606	0.96	12
2		1116.0	589.0	1117.0	528.0	2113.6			290.00	2763	2624	0.95	13
3		1113.0	593.0	1115.0	522.0	2132.2			280.00	2668	2561	0.96	12
PROMEDIO						2121	2252	5.81			2597		12



CONSTRULADESA
SUELOS Y HORMIGONES S.A.

Ing. Christian Tamayo Gavilanes
JEFE DE LABORATORIO

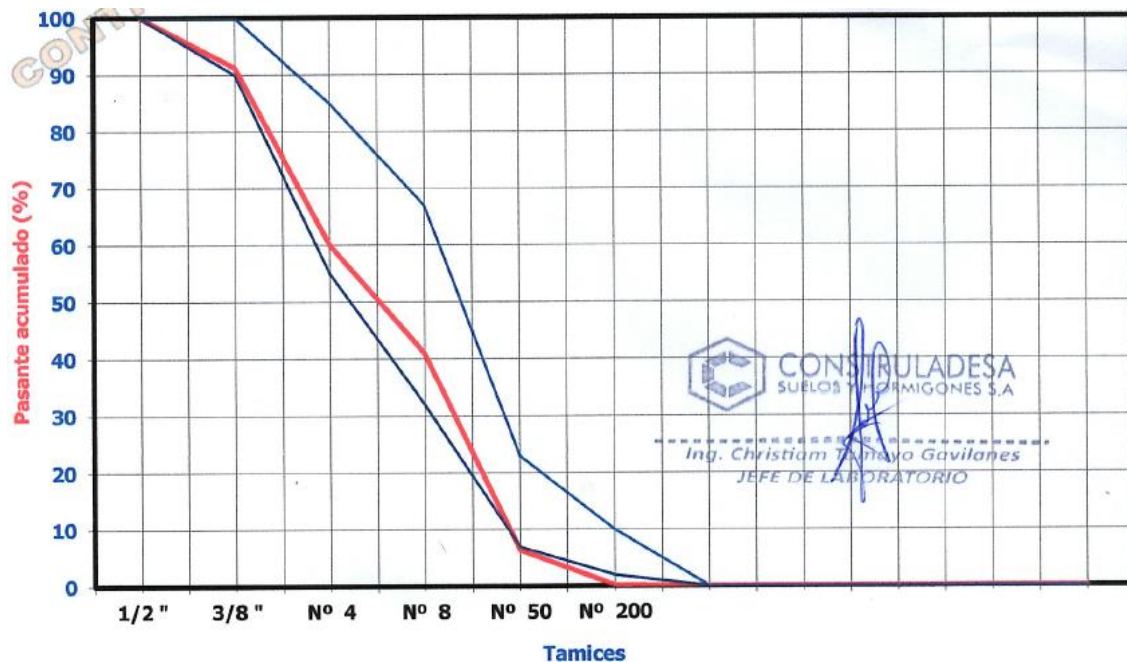
En la tabla presentada anteriormente se observan los valores de las propiedades que se obtuvieron en el ensayo de Marshall siguiendo la norma ASTM D6927.

Se observó una Gravedad Específica de Bulk de 2121 [kg/m³], una Gravedad Específica de Rice de 2252 [kg/m³], un porcentaje de vacíos de 5.81% y un flujo de 12 [pulg/100].

Adicionalmente, se proporciona la granulometría.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADO PARA ASFALTO PREPARADO EN PLANTA

Tamiz INEN (ASTM)		Pesos retenidos	% Retenidos Parciales	% Retenidos Acumulados	% Pasantes Acumulados	Tamaño máximo 3/8
Nº	mm					Especificaciones
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.0	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/8"	9.5	82.00	8.70	8.70	91.30	90 a 100
No. 4	4.75	294.00	31.21	39.92	60.08	55 a 85
No. 8	2.36	180.00	19.11	59.02	40.98	32 a 67
No. 16	1.18	114.00	12.10	71.13	28.87	
No. 30	0.60	134.00	14.23	85.35	14.65	
No. 50	0.30	78.00	8.28	93.63	6.37	7 a 23
No. 100	0.15	44.00	4.67	98.30	1.70	
No. 200	0.075	14.00	1.49	99.79	0.21	2 a 10
FONDO		2.00	0.21	100.00	0.00	
$\Sigma =$		942.00				



2.4 Análisis de datos

Análisis de trabajo de campo

El análisis de datos del trabajo de campo se segmenta por categorías de grupos que clasifican los tipos de fallas existentes:

- Asentamientos
- Piel de Cocodrilo
- Baches
- Fisuras
- Malas Juntas
- Detalles de bordes de tapa inadecuados
- Detalles de bordes en cunetas inadecuados
- Detalles de bordes de sumideros inadecuados

A continuación, se explica a detalle el análisis:

Asentamientos. -

Zona 1

Se logró analizar solo una falla de este tipo.

Zona 2

En esta zona se observó que en varias intersecciones donde la carpeta asfáltica colinda con losas de hormigón hidráulico se presentan asentamientos que alcanzan desniveles considerables.

Zona 3

En esta zona no se observa este tipo de falla.

Piel de cocodrilo. -

Zona 1

No se aprecia este tipo de fallas a lo largo del tramo analizado, esto se puede atribuir a que la carpeta fue puesta recientemente.

Zona 2

Aquí se puede apreciar la falla en más de 5 ocasiones, pero ninguna de ellas es de severidad considerable.

Zona 3

En esta zona no se observa este tipo de falla.

Baches. -

Zona 1

Se puede apreciar que en cuanto a baches, la calidad de esta zona es satisfactoria, se divisó 2 baches de dimensiones medianas.

Zona 2

En esta zona tampoco se cuenta con un número elevado de baches.

Zona 3

Esta es la zona más perjudicada por los baches, son de dimensiones alarmantes, alcanzan longitudes de 7 metros a lo largo de todo el tramo, siendo esto uno de los motivos por los cuales se eligió esta zona. Se considera que es pertinente un trabajo de rehabilitación.

Fisuras. -

Zona 1

Se pueden apreciar fisuras leves, esto se puede atribuir que la carpeta asfáltica fue puesta en pocos meses.

Zona 2

Se encontró una mayor cantidad de fisuras que la zona 1 de severidad considerable.

Zona 3

Se puede apreciar una mayor cantidad de fisuras que en el resto de zonas, esto puede ser atribuido al prologado tiempo de uso sumado a la falta de mantenimiento.

Acabado de tapas inadecuado. -

Zona 1

Más del 50% de las tapas observadas en la zona 1 presentan errores, todos provocados por un mal proceso constructivo, las tapas se encuentran con un desnivel que en los puntos más problemáticos se alcanzan diferencias de 3 a 5 cm.

Zona 2

Se encontró también que los bordes de la carpeta asfáltica sobre las tapas tienen mal acabado, pero en menor número y severidad que la zona 1.

Zona 3

En la zona 3 no se observa las respectiva tapas de las cámaras de drenaje en la calzada, se puede pensar que están tapadas, siendo así que no se encontró ningún tipo de falla.

Este tipo de fallas pasa a provocar inconvenientes parecidos a los baches para los usuarios del parque vial comprometiendo la seguridad de los autos.

El resto de tapas presentaba condiciones adecuadas para el tránsito de automóviles sin diferencias de altura entre la tapa y la carpeta asfáltica, quedando como evidencia que sí se puede trabajar correctamente, solo es cuestión de replicar el trabajo de calidad en toda la extensión de la obra.

Acabado de bordes de cuneta inadecuado. -

Zona 1

Presenta acabados de baja calidad en los bordes de la cuneta y no se logra conformar la estética del bordillo, no siguen una geometría constante y no presentan el chaflán respectivo.

Zona 2

Al igual que en la zona 1, en la zona 2 se observa una gran parte de los bordes de la carpeta que presentan inconsistencias en su acabado.

Zona 3

A diferencia que en las anteriores zonas, los bordes presentan un acabado regular, los puntos en donde se tienen bordes sin chaflanes son pocos.

El acabado de los bordes es otro aspecto visible que denota errores en el proceso constructivo, en diferentes puntos se puede apreciar que ciertos sectores de los bordes no tienen una forma adecuada, razón que sean causa de que se vaya desprendiendo los áridos de la mezcla con el pasar del tiempo y se puedan apreciar fallas como se han documentado previamente.

Acabado de sumideros. -

Zona 1

Alrededor de un 40% de los bordes de los sumideros en la zona 1 presentan una calidad totalmente inaceptable, la mezcla obstruye el área de influencia del sumidero, y en algunos casos, tapan hasta la mitad de las rejillas del sumidero.

Zona 2

Se encontró también bordes de sumideros con calidad inaceptable, aunque en menor escala que en la zona 1.

Zona 3

En la zona 3 el acabado para los bordes de los sumideros es de una calidad aceptable. Este error no afecta directamente a los usuarios del parque vial durante el tránsito, pero representa un peligro para el correcto funcionamiento del sistema de recolección de aguas lluvia, aparte de que denota errores durante el proceso constructivo. Los bordes alrededor del sumidero no deben obstruirlo para permitir que funcione correctamente.

Análisis de trabajo de laboratorio

En los ensayos de laboratorio se obtuvo valores de las propiedades de la mezcla asfáltica de la zona de estudio, sin un análisis no se pueden interpretar correctamente estos valores.

1. El primer cálculo fue el porcentaje de asfalto, siendo 5.38 % el contenido de asfalto en las muestras, siendo este un valor aceptable, encontrándose dentro del rango recomendado, entre 4% y 7% (AASHTO, 2011).
2. La gravedad específica de Bluk tiene una media de 2121 [kg/m³], este valor se encuentra dentro del rango recomendado, el cual es entre 2100 [kg/m³] y 2500 [kg/m³] (AASHTO, 2011).

3. La gravedad específica de Rice arrojó un valor de 2252 [kg/m³], este valor se encuentra dentro del rango recomendado, el cual es entre 2000 [kg/m³] y 2700 [kg/m³] (AASHTO, 2011).
4. El porcentaje de vacíos observado en el laboratorio fue de 5.81%, este valor si se excede levemente los límites establecidos, siendo estos ente 3% y 5%, (AASHTO, 2011). Se puede pensar esta anomalía se debe al tiempo de uso que tuvo la carpeta (AASHTO, 2011).
5. En cuanto a la estabilidad, se obtuvo lecturas que van desde 2561 [lb] hasta las 2624 [lb], encontrándose dentro del rango recomendado, el cual es de 2200 [lb] en adelante (AASHTO, 2011).
6. El flujo observado es de 12 [pulg/100], valor que se encuentra dentro del rango recomendado, el cuál va de 8 [pulg/100] hasta 15 [pulg/100] (AASHTO, 2011).
7. Adicionalmente, se llevó a cabo el ensayo de granulometría del agregado de la muestra, se puede observar que la curva se encuentra dentro de los límites mínimos en casi todo su contenido, solamente el agregado pasante del tamiz # 50 y # 200 se encuentran levemente fuera del rango.

Tabla 2.4.1

Límites de propiedades de Marshall de mezclas asfálticas en caliente para tránsito muy pesado

	Mínimo	Máximo
1.- % de asfalto [%]	4	7
2.- Densidad de Bulk [kg/m ³]	2100	2500
3.- Densidad de Rice [kg/m ³]	2000	2700
4.- % de vacíos [%]	3	5
5.- estabilidad [lb]	2200	
6.- Flujo [pulg/100]	8	15

Nota. Datos tomados de AASHTO (2011).

Luego del análisis de los ensayos de laboratorio, se puede concluir que el diseño de la carpeta asfáltica en las zonas de estudio de Guayaquil no presenta problemas serios relacionados directamente al diseño, pero si existen algunos parámetros que no satisfacen los requerimientos de las normativas existentes.

2.5 Análisis de alternativas

Durante el desarrollo del análisis de datos, se analizó los aspectos positivos y negativos que se podían determinar la importancia del reconocimiento de campo.

Debido al alcance de la tesis es muy ambicioso tratar de solucionar todos los problemas, es por esto que se tomó la decisión de dividir los tipos de fallas en 2 grandes grupos en donde compartan características en común.

A) En este grupo se encuentran los asentamientos, la piel de cocodrilo y las roderas. Todo este tipo de fallas se denominarán como “Fallas por diseño”. Obviamente no todas estas fallas son debido a un diseño de mala calidad, en ocasiones se producen fallas debido a un incorrecto uso del pavimento, por lo general, se suele aplicar cargas superiores a la resistencia de diseño. La fatiga por cargas repetitivas también juega un papel importante en las fallas y puede también ser causa de la estructura del pavimento.

B) El resto de fallas se asignan automáticamente al otro grupo, fallas como malas juntas, baches, fisuras, acabados inadecuados en los bordes, acabados inadecuados en los bordes sobre las tapas de las cajas de revisión y acabados inadecuados en los bordes sobre los sumideros.

Este grupo se denomina “Fallas por procesos constructivos de pobre calidad de trabajo”. Este nombre se debe a que todas las fallas son originadas obligatoriamente por un proceso constructivo de escasa calidad donde no se lleven a cabo las buenas prácticas de construcción. Se puede apreciar que en lugares específicos sí se llevan a cabo las buenas prácticas constructivas.

Una vez definidos 2 grupos, se debe escoger el grupo con el cual se va a analizar este proyecto para el rediseño del proceso constructivo de carpetas asfálticas con calidad. Se deben comparar los grupos de tal manera que se pueda cuantificar de algún modo qué opción es la más óptima para la situación.

Es por esto que en base a 4 parámetros se debe establecer un análisis de alternativas.

La escala de Likert permite cuantificar la factibilidad de diferentes parámetros que afectan y se ven afectados por el entorno de las zonas de estudio.

A continuación, se definen los parámetros propuestos para el análisis de restricciones:

Aspecto económico. –

El aspecto económico se ve involucrado en el ahorro que puede significar la correcta atención de las fallas presentes en los diferentes casos de análisis.

Aspecto social. –

En cuanto a lo social, se estima cómo se puede ver afectado un usuario promedio por problemas causados por fallas presentes en los diferentes casos de análisis.

Aspecto ambiental. –

No se puede dejar a un lado el aspecto ambiental, por ende, se tienen en cuenta factores de carácter de cuidado ambiental que afectan a la elección de la alternativa.

Aspecto técnico. –

Por último, se evalúa el aspecto técnico para la elección de la alternativa más adecuada, esto puede ser el aspecto más pesado para escoger el método de análisis.

A continuación, se presentan los valores con los cuáles se califica cada parámetro:

Tabla 2.5.1

Valores de escala de Likert

Totalmente Desfavorable	Desfavorable	Indiferente o Neutro	Favorable	Totalmente Favorable
1	2	3	4	5

Ahora se presenta el análisis de restricciones para el proyecto:

Tabla 2.5.2*Análisis de restricciones*

Parámetro	Alternativa "A"	Alternativa "B"
	Calificación	
Aspecto económico	3	4
Aspecto social	4	3
Aspecto ambiental	3	4
Aspecto técnico	4	4
Total	14	15

En cuanto al aspecto económico, la alternativa “A” significa un gasto de dinero, pero no es algo negativo debido que corregir fallas en la carpeta asfáltica se percibe con un acto positivo, por ende, se le dio una calificación neutra, en cambio en la alternativa “B” se obtiene una calificación positiva debido a que un correcto proceso constructivo de estos detalles significa no gastar dinero en el futuro en corregir posibles fallas.

En cuanto al aspecto social, la opción “A” tiene ventaja debido a que al público generalmente le gusta ver que las autoridades competentes realicen obras públicas, entonces al ver que se lleven a cabo bacheos o se cambien carpetas asfálticas las personas se sentirán conformes. En cuanto a la alternativa “B”, se le asignó una calificación indiferente puesto que un correcto proceso constructivo no es algo que un usuario general pueda apreciar a simple inspección.

En cuanto al aspecto ambiental, la alternativa “A” es indiferente puesto a que la presencia de fallas del tipo de este grupo no representas amenazas en cuanto a contaminación al ambiente, pero en la alternativa “B”, se obtiene un punto positivo debido a que si no se obstruyen los sumideros no habría empozamientos de aguas alrededor de ciertos sumideros, provocando incluso molestias a los peatones.

En cuanto al aspecto técnico, tanto a la alternativa “A” como a la alternativa “B” se les otorgó una calificación satisfactoria en vista a que existe información de normativa pertinente a los diversos tipos de fallas presentes en ambos grupos.

En conclusión, la alternativa escogida es la “B”, se tendrán en cuenta las diversas fallas que se observan provocadas directamente por un mal proceso constructivo para llevar a cabo un correcto rediseño del proceso constructivo de la carpeta asfáltica en Guayaquil.

Capítulo 3

3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseño

Para el rediseño del proceso constructivo y de rehabilitación se seguirá normativa local correspondiente al tema. Para este caso, se tomó la normativa local de Especificaciones Generales para Caminos y Puentes MOP – 001 – F 2002 (MOP, 2002), y en situaciones puntuales donde no se encuentre referencias, se optará por buscar información en la normativa mexicana N.CTR.CAR.1.04.006 para Construcción de Transporte y Caminos con Mezclas asfálticas en caliente (SCT, 2008).

Se divide el diseño en 2 grupos partiendo del origen de las actividades, que pueden ser de construcción o de rehabilitación.

Proceso constructivo. –

En cuanto a las zonas de estudio, se midió que para el proceso constructivo de la carpeta asfáltica en la zona 1 se cubre una longitud de 1990 metros y un área de alrededor de 35000 metros cuadrados, en la zona 2 se cubre una longitud aproximada de 1650 metros y un área de alrededor de 15000 metros cuadrados, y para la zona 3 se midió una longitud de 1565 metros lineales y un área de alrededor de 65000 metros cuadrados. En total, en las 3 zonas de estudio juntas, se calcula un área de casi 115000 metros cuadrados.

Para poder dar inicio a la puesta de la carpeta asfáltica, es necesario antes comprobar que la superficie sobre la cual se tenderá la carpeta (base granular) cuente con el porcentaje de compactación adecuado para que no se comprometa la estructura del pavimento terminando en fallas en el hormigón asfáltico a instancias tempranas.

Se prepara la superficie, para garantizar que la mezcla se adhiera correctamente a la base granular es necesario que se realice contacto con toda la superficie, para esto hay que limpiar las superficies de cualquier cuerpo contaminante que evite un contacto directo con la superficie.

Figura 3.1.1

Preparación de la superficie para la imprimación



Nota. La figura fue tomada de Cumpa (2021)

Una vez se cuenta con la superficie preparada, se procede a la imprimación; para esto el constructor determinará la emulsión o tipo de asfalto líquido adecuado para emplear siempre que cumpla con los requisitos de la normativa MOP 001F-002 apartados 810-3 y 810-4, este material bituminoso debe alcanzar temperaturas elevadas de mínimo 110 °C para poder ser aplicado, en caso contrario el material es rechazado, esto debido a que se necesita que el material tenga un mínimo grado de fluencia.

Este proceso se lleva a cabo con un carro de imprimación autopropulsado, que cuenta con calderos para mantener el material bituminoso a la temperatura adecuada y una flauta de imprimación que riega el ligante de forma homogénea sobre la superficie.

Figura 3.1.2

Riego de imprimación con tanque de imprimación



Nota. La figura fue tomada de Cumpa (2021)

Durante la imprimación hay que tener en cuenta 2 aspectos importantes para una buena adherencia del material bituminoso con la capa de base granular; no se puede dejar ningún espacio sin recubrir y no se puede echar demasiado material bituminoso en un solo lugar, por esto es necesario echar solo la cantidad adecuada, para esto en la metodología del riego de imprimación se tiene mucho cuidado de que antes de imprimir cualquier tramo, se colocan capas de papel grueso al inicio y al final del tramo planificado para regar, de tal manera que el papel grueso evita que se coloque material bituminoso en un lugar en donde ya se haya imprimado.

El riego de imprimación se lleva a cabo longitudinalmente, preferiblemente se divide longitudinalmente en 2 franjas, para que mientras se imprima una franja, en la otra se pueda permitir el tránsito. Es importante recalcar que el ancho de la flauta del carro de imprimación no

siempre alcanzará a regar toda la superficie de la vía, por ello es necesario que un peón acompañe el carro con un rociado manual para llegar a los puntos donde no llega la flauta.

Figura 3.1.3

Riego de imprimación manual donde la flauta del carro de imprimación no llegue



Nota. La figura fue tomada de VAC (2022)

Luego del riego de imprimación, en caso de que sea necesario el tránsito vehicular o sea necesario tránsito de maquinaria de construcción durante el proyecto, para asegurar que el material bituminoso se mantenga adherido a la superficie, y que el tránsito de ciertas maquinarias y trabajadores no desprendan la imprimación; se recomienda la aplicación de una capa de arena sobre la superficie previamente imprimada, la arena. Como dato importante, el MOP establece que en casos de que se requiera el tránsito sobre una superficie recién imprimada, la velocidad máxima permitida es de 20 km/h.

Figura 3.1.4

Aplicación de arena con compresor de aire



Nota. La figura fue tomada de Morera (2021)

El MOP recomienda la aplicación de asfaltos emulsificados SS1, SS1-h, CSS-1 o CSS-1h; todos estos tienen la cualidad de ser de curado rápido, por ende el tiempo de secado es de menos de 24 horas, de esta manera se acorta la espera para el paso de la puesta de la carpeta asfáltica.

En cuanto a la mezcla asfáltica a utilizar, no se puede mezclar in situ debido a la naturaleza de los materiales y a las elevadas temperaturas que se debe contar para la trabajabilidad del concreto asfáltico, por ello la mezcla asfáltica debe ser siempre importada de una planta de concreto asfáltico, de tal manera que se cumpla que antes de salir de la planta la mezcla alcance temperaturas de como mínimo 160 °C.

Figura 3.1.5

Mezcla asfáltica hecha en planta siendo vertida a una volqueta para su transporte



Nota. La figura fue tomada de VAC (2023)

La mezcla puede ser transportada por la volqueta por un tiempo de 1 hora y media como máximo, esto para garantizar que se cumpla la normativa de que la mezcla asfáltica en caliente debe ser aplicada a una temperatura mínima de 110 °C in situ, para ello, las máquinas extendedoras de concreto asfáltico (finihers) cuentan con calentadores internos para evitar que la mezcla se enfríe y la temperatura que se busca no se mantenga.

El tendido de la carpeta asfáltica se llevará a cabo en su mayoría con una máquina autopropulsada extendedora de concreto asfáltico, y en casos de terrenos irregulares o de difícil acceso para la maquinaria, se tenderá manualmente con palas y rastrillos operadas por trabajadores.

Figura 3.1.6

Tendido de carpeta asfáltica con máquina extendedora de concreto asfáltico o “finisher”



Nota. La figura fue tomada de Aguayo (2018)

Es recomendable que el tendido se realice en la menor cantidad de franjas y tramos posibles, para evitar juntas y problemas con el curado y ligado de la mezcla asfáltica, esto con la consideración de que el ancho mínimo que cada pasada es el ancho nominal de un carril. Cuando se realicen más de una pasada, hay que tener en cuenta lo siguiente para evitar malas juntas; el caso ideal es que se cuente con más de una máquina extendedora de asfalto para hacerlas trabajar simultáneamente en batería, de tal manera que se funde al mismo tiempo y la adherencia y la trabajabilidad es garantizada debido a la temperatura y fluencia de la mezcla.

Figura 3.1.7

Tendido de carpeta asfáltica en franjas



Nota. La figura fue tomada de GAD Catamayo (2023)

En caso de no contar con varias máquinas extendedoras de concreto asfáltico, se recomienda aplicar ligante sobre el borde de la carpeta colindante con la próxima franja de carpeta a ser tendida, de tal manera que cuando se inicie el tendido se traslape con el borde que fue rociado con ligante de 3 a 5 cm, esto para asegurar una correcta adhesión y homogeneidad de las franjas de carpeta asfáltica luego de ser compactadas, y desde luego, para evitar malas juntas en un futuro.

El compactado de la carpeta asfáltica se lleva a cabo en 2 etapas, y cada etapa se realiza con diferente tipo de maquinarias. La primera etapa involucra el uso de rodillos lisos con una masa en el rodillo de 10 o 12 toneladas. No existe un “número mínimo” de pasadas del rodillo, el MOP sugiere que se realicen tantas pasadas como el constructor lo considere necesario, siempre

y cuando se tenga en cuenta la consideración de que el traslape mínimo entre pasadas es de la mitad del ancho del rodillo, para asegurar una correcta compactación.

Es importante que durante todo el proceso de compactación se mantenga hidratando constantemente los rodillos para asegurar un correcto funcionamiento de la maquinaria y evitar que se desprenda material de la carpeta asfáltica recién tendida. Bajo ningún término se puede permitir que la maquinaria empleada en la compactación se deje descansando encima de la carpeta asfáltica recién compactada por mucho tiempo para evitar deformaciones considerables.

Figura 3.1.8

Compactación con rodillo liso



Nota. La figura fue tomada de VAC (2023)

Luego, sigue la segunda etapa de la compactación, pero esta vez se emplean rodillos con neumáticos, esto para terminar de alcanzar la compactación deseada y para brindar el acabado deseado para la superficie de la carpeta asfáltica, también cuando las carpetas son de un espesor considerable, de 10 cm o más, es considerado imprescindible la compactación con neumáticos luego de los rodillos lisos para una buena adherencia y compactación de toda la carpeta, que con rodillos lisos solamente no sería suficiente.

Figura 3.1.9

Compactación con neumáticos



Nota. La figura fue tomada de VAC (2023)

Los detalles son aspectos importantes que no se puede dejar a un lado, muchos errores en los detalles pueden parecer imperceptibles, pero pueden terminar causando más molestias que lo esperado, a continuación, se narra correctos acabados que se deben llevar a cabo para evitar las fallas descubiertas en la zona de estudio pertenecientes al grupo B, que se definió en la selección de alternativas previamente en este proyecto.

Acabado de borde de la carpeta asfáltica alrededor de las tapas de cajas de revisión

El problema que se presenta en la mayoría de tapas observadas en las zonas de estudio 1 y 2 es que la mezcla asfáltica fue tendida sobre las tapas, causando que algunas de ellas estén obstruidas y no puedan ser abiertas manualmente para una revisión, sino que necesitarían intervención de moladoras y taladros para romper el material que obstruye el acceso a las tapas.

El caso ideal es que las tapas se encuentren al mismo nivel de la superficie de la carpeta asfáltica, para que no existan desniveles en el camino para los autos; en caso de que se deban

elevant las tapas para cumplir con la premisa, se recomienda construir un brocal y luego ya se puede tender la carpeta.

Figura 3.1.10

Vista en planta de tapa al mismo nivel de la carpeta asfáltica

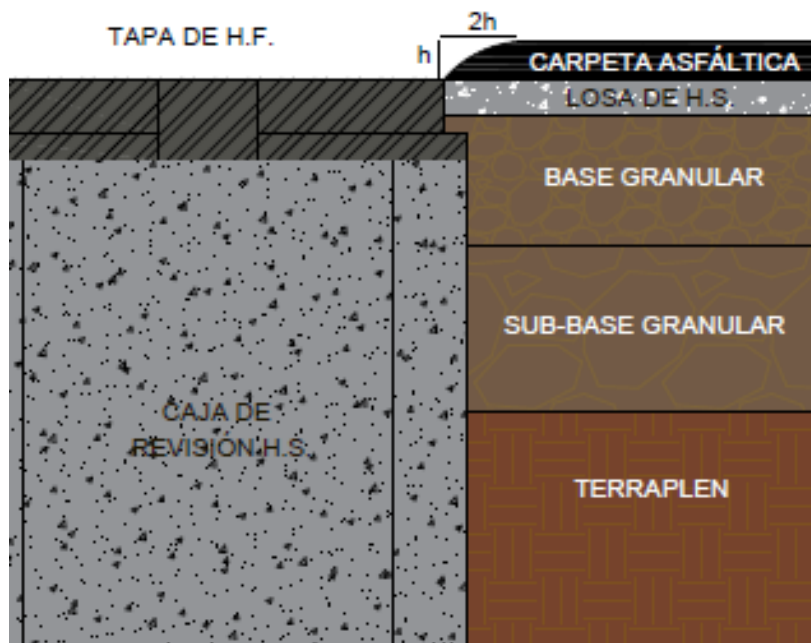


Nota. La figura fue tomada de VAC (2023)

En caso de que las tapas se encuentren por debajo del nivel de la superficie superior de la carpeta asfáltica y no se puedan elevar, es necesario hacer un acabado de chaflan en los bordes, esto con la finalidad de que la superficie no sea perjudicial o dañina para los neumáticos de los autos o camiones que transitan, puesto que un borde irregular con filos irregulares puede reventar los neumáticos de los automóviles.

Figura 3.1.11

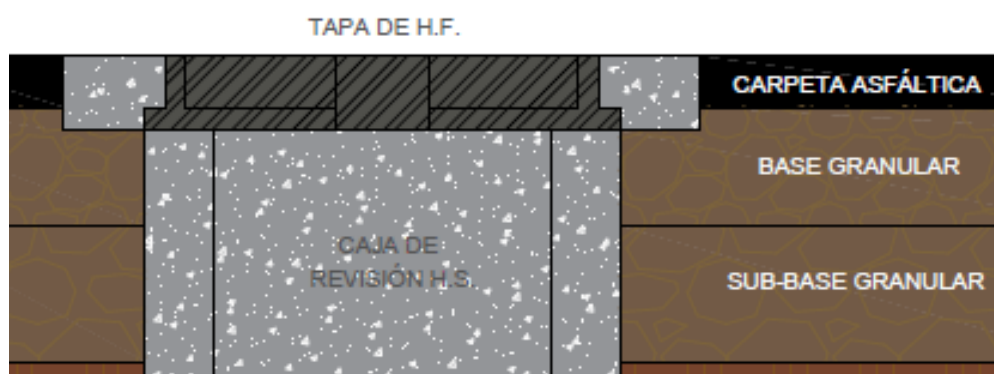
Detalle de chaflán sobre borde de carpeta asfáltica sobre tapa



Otra opción que preserve el buen estado y acceso a las tapas de las cajas de revisión es un método observado en la zona de estudio 2, donde alrededor de las tapas se coloca una losa de hormigón hidráulico. El aspecto negativo de esta solución para el bienestar de las tapas implica un riesgo para la estructura del hormigón, puesto que los diseños estructurales son diferentes para hormigones asfálticos e hidráulicos, causando que no se logre una homogeneidad en la absorción de esfuerzos, pudiendo terminar en fallas estructurales.

Figura 3.1.12

Vista en corte de tapas de caja de revisión colocadas en hormigón hidráulico



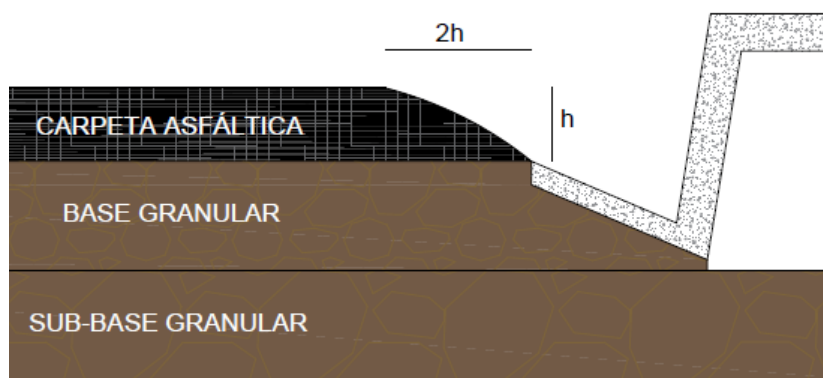
Acabado de borde de la carpeta asfáltica sobre las cunetas

Por cuestión de estética y continuidad del ancho de algunos espaldones, es necesario que el borde de la carpeta sobre las cunetas sea regular, que inicie y termine con el mismo ancho de carril y no se vean geometrías irregulares a lo largo de la extensión de la carpeta.

Para los bordes sobre las cunetas, la normativa N.CTR.CAR estipula que se dar obligatoriamente un acabado de chaflán de tal manera que se cumpla con la relación de que el ancho sea 2 veces la altura de la carpeta asfáltica.

Figura 3.1.13

Acabado de chaflán en borde de carpeta asfáltica sobre cuneta

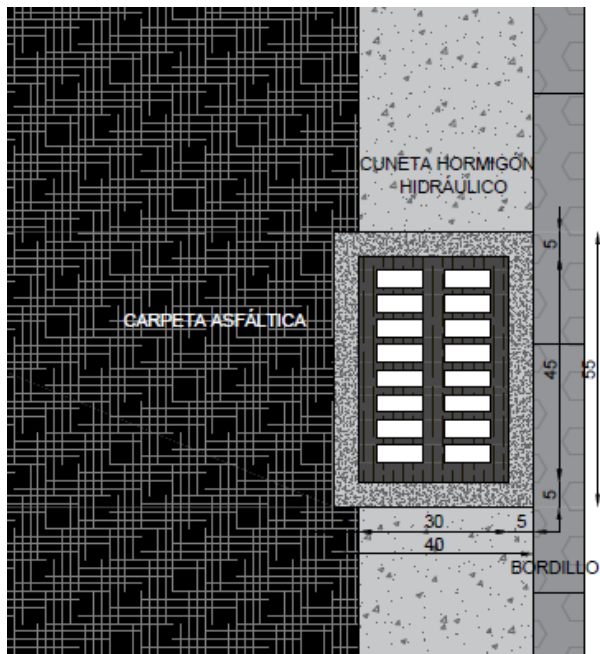


Acabado de borde de la carpeta asfáltica sobre los sumideros

Es importante que la carpeta asfáltica no obstruya el funcionamiento de los sumideros, y un proceso constructivo sin calidad puede conllevar a que se tienda material de mezcla asfáltica sobre las rejillas de los sumideros, taponándolos y provocando así una potencial inundación del sector. Es de carácter imprescindible que la mezcla asfáltica llegue solamente hasta el marco del sumidero, sin topar las rejillas en lo absoluto.

Figura 3.1.4

Acabado de borde de carpeta asfáltica sobre



Se recomienda dar un acabado de chaflan al borde de la carpeta asfáltica sobre los sumideros, por si en algún momento un auto pase por encima del borde la forma de éste sea amigable para el neumático del auto, puesto que un borde irregular puede causar daños al neumático.

Rehabilitación. –

Bacheo

El bacheo fue una necesidad detectada principalmente en la zona de estudio número 3, a lo largo del tramo se pueden apreciar muchos baches de dimensiones considerables, especialmente en el sentido norte-sur, de tal manera que el tramo con una densidad de baches más grande es el comprendido entre la Base Naval Sur y la estación de Metrovía “Juan Péndola”.

En la zona 3 se estima que se cuenta con área aproximada de 256 metros cuadrados que necesitan bacheo de carácter obligatorio. En las zonas 1 y 2 no se definieron áreas que necesiten bacheo debido a que la carpeta asfáltica fue tendida recientemente en el sector.

Se debe identificar el área afectada por el bache y definir el área de carpeta asfáltica que se va a retirar para la correcta rehabilitación. Según la normativa local, para definir el área de extracción es necesario aumentar como mínimo 15 cm en ambas direcciones al área afectada superficialmente por el bache, esto con la intención de remover en su totalidad el concreto asfáltico dañado; esto en cuanto a las dimensiones superficiales.

Figura 3.1.15

Definición de área de corte



Nota. La figura fue tomada de AMAAC (2015)

Para definir la profundidad del daño del bache, es necesario llevar a cabo la remoción de la carpeta asfáltica en el área delimitada con una fresadora de concreto asfáltico hasta que se retire todo el material deseado. Si la capa debajo de la carpeta (usualmente la base) se encuentra

en un estado adecuado se puede seguir con el siguiente paso, en caso de que la capa se encuentre dañada se debe intervenir para rehabilitar la estructura del pavimento.

En caso de que la base se encuentre afectada es necesario remover la cantidad de material afectado siguiendo las indicaciones previas de aumentar 15 cm de longitud a cada lado del suelo dañado para asegurarse de retirar todo el material afectado. A continuación, es necesario rellenar con un suelo que cumpla o supere la calidad y características del material extraído y compactar con un rodillo liso hasta que se alcance el porcentaje de compactación mínimo para la base.

Figura 3.1.16

Extracción de base dañada



Nota. La figura fue tomada de GRECON (2013)

Figura 3.1.17

Compactación de base importada



Nota. La figura fue tomada de GRECON (2013)

Una vez se halla preparado correctamente la superficie para el bacheo se puede pasar al proceso de imprimación. Luego de seleccionar el asfalto líquido adecuado para las condiciones de la obra, es necesario asegurarse de que la superficie se encuentre totalmente limpia, de ser necesario se barre el suelo y se elimina cualquier contaminante presente para asegurarse de que el ligante se adhiera correctamente a las superficies de contacto y se pueda garantizar una buena unión con la carpeta.

Figura 3.1.18

Limpieza del terreno



Nota. La figura fue tomada de Duran (2021)

Con la superficie limpia, se procede al riego de imprimación de la superficie. Es importante que el asfalto líquido alcance temperaturas mínimas de alrededor de 110 o 120 °C. Durante el riego de imprimación es necesario que se esparza uniformemente el material ligante sobre la superficie y es de mucha importancia que se coloque asfalto líquido en las paredes de los cortes también, para asegurar una correcta adherencia de la carpeta.

Figura 3.1.19

Imprimación de paredes de corte



Nota. La figura fue tomada de Duran (2021)

Figura 3.1.20

Imprimación de superficie de bacheo



Nota. La figura fue tomada de Yepes (2013)

La mezcla asfáltica debe salir de la planta con una temperatura mínima de 150 °C, y en su etapa de transporte o suministro se debe permitir un tiempo de como máximo 1.5 horas y la temperatura mínima para aceptar la mezcla en obra es de 110 °C, los operadores de las volquetas que transportan la mezcla aseguran que se puede mantener la temperatura de 120 °C por 6 horas, pero no se puede aceptar un tiempo de transporte superior a 90 minutos.

El método de esparcimiento de la mezcla depende de las dimensiones del bacheo, la volqueta puede simplemente verter por su propia cuenta el material sobre la superficie imprimada, se puede ayudar con una cargadora frontal para el esparcimiento de la mezcla o inclusive peones pueden realizar el trabajo haciendo uso de palas y rastrillos.

Figura 3.1.21

Esparcimiento de mezcla asfáltica



Nota. La figura fue tomada de Yepes (2013)

Antes de proceder a la compactación de mezcla es importante cuidar de los detalles para terminar un producto de calidad, por ello es necesario que un grupo de peones con ayuda de una

pala limpien el excedente de los bordes y se lo coloque ya sea dentro de la superficie del bacheo o se los recolecte como material de escombros.

Figura 3.1.22

Limpieza de bordes



Nota. La figura fue tomada de Yepes (2013)

Luego de esparcir correctamente la mezcla asfáltica se procede a la compactación. Es necesario emplear un rodillo liso de 10 o 12 toneladas. Las indicaciones para el compactado es que se realicen pasadas del ancho de la mitad de la longitud del rodillo, de tal manera que se inicia con medio rodillo en la región del bacheo y la otra mitad fuera, de tal manera que cuando se pase sobre la segunda franja, el excedente de rodillo vuelve a compactar la región previamente compactada.

Figura 3.1.23

Compactación con rodillo liso



Nota. La figura fue tomada de Yepes (2013)

Aparte de la compactación con rodillo liso, es importante que se lleve a cabo un segundo proceso de compactación con neumáticos, esto a razón de que este segundo proceso de compactación proporciona el acabado y textura correcto a la carpeta, además de terminar el % de compactación óptimo.

Figura 3.1.24

Compactación con neumáticos



Nota. La figura fue tomada de Yepes (2013)

Sellado de fisuras. -

En las zonas de estudio se pudo observar que este tipo de fallas en ocasiones se debe a malos procesos constructivos, por ende la rehabilitación de estas fallas se incluye en el rediseño. En la zona de estudio 3, se cuenta con una longitud de fisuras de alrededor de 88 metros lineales, tal que la mayoría de las fisuras se presentan cerca del Mercado de las Esclusas, al inicio de la zona.

En la zona de estudio 2 es donde más fisuras se vio en proporción a la longitud de la zona, tal que se calculó una longitud de 67 metros lineales; y la zona 1 no amerita este tipo de intervención.

Se identifica las áreas afectadas por fisuras meritorias a ser intervenidas, luego de ello se procede a la preparación del terreno; para ello es importante limpiar las superficies del alrededor y el interior de la fisura con escobas y máquinas compresoras de aire, con la finalidad de que las superficies que entrarán en contacto con el sellador estén predispuestas a una correcta adherencia.

Figura 3.1.25

Identificación de área afectada



Nota. La figura fue tomada de Andina (2022)

Figura 3.1.26

Limpieza de superficie



Nota. La figura fue tomada de Andina (2022)

Una vez se halla preparado la superficie, se preparar el sellante para aplicar en las áreas afectadas, es necesario calentar la mezcla hasta una temperatura mínima de 120 o 110 °C, de tal manera que la fuente de calentamiento se encuentre en el sitio de aplicación para asegurar que la temperatura a la hora de la aplicación siempre se mantenga constante.

Figura 3.1.27

Máquina de sellado de fisuras con calentador cilíndrico



Nota. La figura fue tomada de VAC (2013)

Luego de que la mezcla haya alcanzado la temperatura deseada se procede a la aplicación, para ello se puede emplear diferentes herramientas, como por ejemplo la máquina de sellado de fisuras que se observa en la figura 3.1.12, que cuenta con una manguera metálica para la aplicación de la mezcla caliente; las máquinas suelen variar en cuanto a piezas y funcionalidad, pero el concepto sigue siendo el siguiente.

El método de aplicación consiste en verter la mezcla de sellador caliente en línea recta sobre las fisuras a ritmo lento y constante.

Figura 3.1.28

Sellado de fisuras con máquina de sellado



Nota. La figura fue tomada de VAC (2013)

Figura 3.1.29

Acabado del sellado de fisuras



Nota. La figura fue tomada de VAC (2013)

Como paso adicional luego de aplicar el sellador en todas las fisuras, se puede aplicar una capa de arena para ayudar a la adherencia entre la carpeta asfáltica y el sellador.

Figura 3.1.30

Aplicación de capa de arena



Nota. La figura fue tomada de VAC (2013)

3.2 Especificaciones técnicas

Se presenta un listado de las actividades a realizar a lo largo del proyecto, tanto para el proceso de construcción como para los procesos de rehabilitación, para luego presentar las especificaciones técnicas de dichas actividades.

Tabla 3.2.1

Listado de actividades del proceso constructivo

Rubro	Descripción	Unidad
1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFÁLTICA		
1.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES		
1.1.1	Limpieza del terreno y desalojo.	m ²
1.1.2	Replanteo y nivelación del terreno.	m ²
1.2 ESTRUCTURA		
1.2.1	Riego de imprimación	m ²
1.2.2	Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta	m ³ /km
1.2.3	Tendida de carpeta asfáltica 4" (incluye compactación)	m ²
1.2.4	Acabado en bordes sobre cunetas	ml
1.2.5	Acabado de bordes sobre tapas de revisión	u
1.2.6	Acabado de bordes sobre sumideros	u
1.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL		
1.3.1	Agua para control de polvo.	m ³
1.3.2	Cinta plástica de seguridad.	u
1.3.3	Contenedor metálico para basura.	u

Tabla 3.2.2*Listado de actividades del proceso de rehabilitación de bacheo*

Rubro	Descripción	Unidad
2 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (BACHEO)		
2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES		
2.1.1	Limpieza del terreno y desalojo.	m ²
2.1.2	Replanteo y nivelación del terreno.	m ²
2.2 ESTRUCTURA		
2.2.1	Cortes y remoción de carpeta asfáltica	u
2.2.2	Riego de imprimación	m ²
2.2.3	Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta	m ³ /km
2.2.4	Tendida de carpeta asfáltica 4" en bacheo (incluye compactación)	m ²
2.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL		
2.3.1	Agua para control de polvo.	m ³
2.3.2	Cinta plástica de seguridad.	u
2.3.3	Contenedor metálico para basura.	u

Tabla 3.2.3*Listado de actividades del proceso de rehabilitación de sellado de fisuras*

Rubro	Descripción	Unidad
3 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (SELLADO DE FISURAS) EN ZONA 2 Y 3		
2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES		
3.1.1	Limpieza del terreno.	m ²
2.2 ESTRUCTURA		
3.2.1	Sellado de fisuras en carpeta asfáltica	ml
2.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL		
3.3.1	Cinta plástica de seguridad.	u
3.3.2	Contenedor metálico para basura.	u

Código: 1.1.1**Rubro:** Limpieza y desbroce del terreno**Unidad:** m2

- Descripción**

Corresponde al proceso de preparación de la superficie de trabajo antes del tendido de la carpeta asfáltica, haciendo uso de escobas y compresores de aire se retira partículas que no permitan una correcta adherencia entre la carpeta y el terreno.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo, se debe asegurar que la superficie esté correctamente limpia antes de seguir con el proceso constructivo.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros cuadrados (m²) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.1.2

Rubro: Replanteo y nivelación

Unidad: m²

- **Descripción**

El rubro hace alusión al replanteo y nivelación del terreno de trabajo, se debe verificar que las longitudes y cotas sean las adecuadas según lo planificado antes de proceder al tendido de la carpeta asfáltica.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros cuadrados (m²) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.2.1

Rubro: Riego de imprimación

Unidad: m2

- **Descripción**

Comprende al riego de la imprimación asfáltica, necesario para asegurar una buena adherencia entre la carpeta asfáltica y la capa de base granular.

- **Equipo mínimo**

Carro de imprimación.

- **Mano calificada mínima**

Operador de carro de imprimación.

- **Materiales**

Asfalto líquido SS1 para imprimación de secado rápido.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros cuadrados (m2) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.2.2

Rubro: Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta

Unidad: m3

- **Descripción**

Es el suministro de la mezcla asfáltica en caliente elaborada en planta hacia el lugar de la construcción.

- **Equipo mínimo**

Volqueta.

- **Mano calificada mínima**

Chofer de volqueta.

- **Materiales**

Mezcla asfáltica prefabricada.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros cúbicos (m3) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.2.3

Rubro: Tendida de carpeta asfáltica

Unidad: m3

- **Descripción**

Comprende el tendido de la carpeta asfáltica haciendo uso de la máquina extendedora de concreto asfáltico (finisher), de tal manera que se defina el espesor de la carpeta, mismo que se mantendrá constante durante el tendido.

- **Equipo mínimo**

Máquina extendedora de concreto asfáltico, rodillo liso 10/12 ton, compactador de neumáticos, rastrillos, palas.

- **Mano calificada mínima**

Operador de Extendedora de concreto asfáltico, Operador de rodillo liso, Operador de compactador de neumáticos, Peones.

- **Materiales**

Mezcla asfáltica prefabricada.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros cúbicos (m³) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.2.4

Rubro: Acabado de bordes sobre cunetas

Unidad: m²

- **Descripción**

Comprende a la adecuada conformación de los bordes de la carpeta que colindan con los bordillos cuneta, de tal manera que no se afecte el funcionamiento de las cunetas.

- **Equipo mínimo**

Palas, rastrillos, Herramientas menores.

- **Mano calificada mínima**

Peones.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros lineales (ml) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.2.5

Rubro: Acabado de bordes sobre tapas de revisión

Unidad: u

- **Descripción**

Comprende a la adecuada conformación de los bordes de la carpeta que colindan con las tapas de revisión, de tal manera que no se afecte a la accesibilidad a las tapas de las cajas cuando se desee inspeccionar las cajas.

- **Equipo mínimo**

Palas, rastrillos, Herramientas menores.

- **Mano calificada mínima**

Peones.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será unidades (u) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.2.6

Rubro: Acabado de bordes sobre sumideros

Unidad: u

- **Descripción**

Comprende a la adecuada conformación de los bordes de la carpeta que colindan con las rejillas de los sumideros, de tal manera que no se afecte al área de trabajo para la recolección de aguas de los sumideros.

- **Equipo mínimo**

Palas, rastrillos, Herramientas menores.

- **Mano calificada mínima**

Peones.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será unidades (u) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.3.1

Rubro: Agua para control de polvo

Unidad: m3

- **Descripción**

Comprende al riego de agua hacia el ambiente para suprimir el esparcimiento del polvo en el ambiente, provocando que caiga al piso con el agua.

- **Equipo mínimo**

Compresor de agua.

- **Mano calificada mínima**

Peones.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros cúbicos (m3) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.3.2

Rubro: Cinta plástica de seguridad

Unidad: u

- **Descripción**

Comprende a la colocación de cinta plástica de seguridad alrededor de los tramos y franjas en donde se va a trabajar, de tal manera que los usuarios del parque vial puedan darse cuenta de que se está trabajando en la vía.

- **Materiales**

Cinta plástica de seguridad, postes pequeños.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en metros lineales (ml) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Código: 1.3.3

Rubro: Contenedores metálicos para basura

Unidad: u

- **Descripción**

Comprende al suministro de contenedores metálicos para depositar basura generada durante el proceso constructivo, para disponer durante el desalojo de escombros y desechos.

- **Materiales**

Contenedor metálico.

- **Control de calidad**

El contratista constructor es el responsable de la calidad del trabajo y se deberá hacer cargo de trabajos defectuosos.

- **Medición y forma de pago**

La medición del pago será en unidades (u) siempre que se cuente con la aceptación por parte de la fiscalización.

En los precios se incluye todos los materiales a emplear, cualquier alquiler de equipos o maquinarias para asegurar la culminación de la actividad.

Capítulo 4

4 ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el rediseño del proceso constructivo de la carpeta asfáltica en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Se partió analizando el estado actual de la capa de rodadura en pavimentos flexibles para verificar el estado actual, esto por medio de inspecciones visuales y ensayos de laboratorio (Marshall).

Luego de determinar las fallas que denotan un mal proceso constructivo, se propuso el rediseño del proceso constructivo de tal manera que se sigan las buenas prácticas y se garantice un acabado de calidad.

Durante el proceso constructivo de la carpeta asfáltica se llevarán a cabo actividades que pueden perjudicar el ambiente, como la aplicación de la mezcla asfáltica a temperaturas elevadas. Para esto, se desarrolla un análisis del impacto ambiental en donde se describan las actividades a realizar en el proyecto, se determine los posibles daños que estas pueden causar y se definan medidas para mitigar el impacto al ambiente.

4.2 Línea base ambiental

- **Medio Abiótico. -**

Clima

La ciudad de Guayaquil goza de un clima tropical con temperaturas que pueden ser consideradas cálidas a lo largo de todo el año. Sin embargo, el clima en la ciudad se ve afectado también por las corrientes de Humboldt y El Niño, de tal manera que existen 2 estaciones, de Mayo a Noviembre se cuenta con un clima seco, con poca presencia de lluvias, por otra parte, entre los meses de Diciembre a Abril se presenta con clima bastante húmedo, con presencia continua de precipitaciones (INHAMI, 2008).

Temperatura

La temperatura promedio anual en la ciudad de Guayaquil es de 27°C (INHAMI, 2008). Pero esta temperatura no es constante durante todo el transcurso del año, durante la temporada seca se suelen alcanzar temperaturas más bajas, mientras que durante la temporada húmeda se suele llegar a temperaturas más elevadas, sin embargo, durante todo el año la temperatura oscila entre 23°C y 32°C, la diferencia está que durante la temporada húmeda la humedad hace que la sensación térmica aumente considerablemente (INOCAR, 2018).

Geología

La ciudad de Guayaquil se encuentra asentada en la Llanura Costera del Pacífico, un área plana de vasta extensión que se propaga a lo largo de la costa del océano Pacífico en Ecuador. Esta llanura está formada por depósitos aluviales y depósitos sedimentarios, los cuales son principalmente productos de la erosión y la deposición de sedimentos transportados por ríos desde las altas zonas montañosas cercanas.

A lo largo de las orillas de la ciudad, fluye el Río Guayas, el mismo que ha desempeñado un papel importante en la formación del paisaje y la geología local. Los sedimentos transportados por el río han contribuido a la formación de llanuras aluviales a lo largo de su curso, y también las áreas cercanas al río, se encuentran zonas de manglares, que son ecosistemas costeros característicos. Estos manglares están asociados con suelos salinos y condiciones de marea.

Es importante también recalcar que Ecuador se encuentra situado en una región sísmicamente activa debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Más allá de que Guayaquil se encuentre un poco más alejado a zonas de subducción que otras ciudades del país, igualmente se ve afectado y es un factor que se debe tener en consideración.

Altitud

Debido a la ubicación de Guayaquil, en la Llanura Costera del Pacífico, en la ciudad se cuenta con una altitud promedio de 4 metros sobre el nivel del mar.

- **Medio biótico. –**

La flora y fauna de la ciudad de Guayaquil se ve influenciada por el clima tropical de la región, y a esto se le suma la ubicación de los ríos que rodean la ciudad, aportando ciertas especies características.

Flora

Al ser una ciudad grande se cuenta con una cantidad muy extensa de especies, por ende, se dividen en grupos representativas y se nombran los especímenes más comunes.

En cuanto a manglares, se cuenta con el Mangle Blanco, el Mangle Rojo y el Mangle Negro, todos ellos cumplen una función importante en cuanto a la salinización en el agua del mar que hace contacto con el suelo.

La ciudad también cuenta con diversos tipos de árboles tropicales, que curiosamente son los nombres de barrios icónicos de la ciudad, como por ejemplo el Guayacán, el Ceibo, el Almendro, el Samán, el Sauce, la Acacia, etc.

También se cuenta con un gran número de palmeras, especialmente en el área de estudio, tales como la Palma Real y el Coco.

Fauna

Al igual que con la flora, se hace un resumen representativo de la fauna en la ciudad de Guayaquil.

En cuanto a aves, se cuenta con garzas, pelícanos, gaviotas, y especialmente en las zonas de estudios se cuenta con palomas.

En cuanto al aporte del río Guayas, se cuenta con diferentes especies de peces pluviales, como lo son el bagre y la tilapia.

Hay una cantidad grande de mamíferos en Guayaquil, animales como el mapache, la zarigüeya, oso hormiguero, etc. En el área de estudio se cuenta con una presencia considerable de roedores como las ratas y perros callejeros, al igual que gatos.

En la ciudad también se cuenta con reptiles tales como las serpientes y las iguanas, siendo la iguana un animal icónico de la ciudad, contando con un parque y una estatua en su homenaje.

- **Medio Socioeconómico. –**

Población y actividad productiva

La ciudad de Guayaquil cuenta con alrededor de 2.7 millones de habitantes, incluyendo los sectores conocidos como “asentamientos ilegales” o “invasiones” (INEC, 2020).

Según el Alcaldía de Guayaquil, solo alrededor de un 45% de la población de Guayaquil es considerada como económicamente activa, reflejando el alto índice de pobreza en el que vive una gran parte de la población de la ciudad.

Dentro de la PEA (Población económicamente activa), la mayoría se dedica al comercio, o se autodenominan comerciantes al por mayor o por menor con un porcentaje del 25%, en segundo lugar, se tiene a la industria manufacturera con un 11 % y en tercer lugar se tiene a la industria de la construcción con un 7% (Alcaldía de Guayaquil, 2021).

Servicios básicos

En el casco urbano de la ciudad se cuenta con todos los servicios básicos, pero el hecho de que existan no quiere decir que sean de calidad, el servicio de electricidad y distribución de agua potable funcionan con regularidad, al igual que los servicios privados como el internet o la

televisión por cable; pero el sistema de recolección de aguas lluvias suele presentar problemas todos los años en invierno.

En cuanto al sector rural de la ciudad, se cuenta con servicios básicos en una gran parte de las parroquias rurales, en otras se sigue trabajando para proveer de agua potable y pavimentación, pero es un reto atender a tantos conjuntos de asentamientos ilegales sin previo aviso.

4.3 Actividades del proyecto

Se decide dividir las actividades del proyecto en 2 grupos grandes, la fase de construcción y la fase de rehabilitación, y de hecho ambos procesos siguen una metodología que en resumen parecieran ser iguales, pero tienen aspectos puntuales distintos.

Tabla 4.3.1

Actividades del proyecto de fase de construcción

Fase	Código	Actividad	Acción Ambiental
Construcción	A-01	Preparación de superficie	Generación de escombros y/o residuos.
			Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de contaminación auditiva.
	A-02	Imprimación	Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de contaminación auditiva.
	A-03	Suministro de mezcla asfáltica	Contaminación del ambiente.
			Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de escombros y/o residuos.
	A-04	Tendido de mezcla asfáltica	Contaminación del ambiente.
			Generación de contaminación auditiva.
	A-05	Rastrillado	Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de escombros y/o residuos.
	A-06	Compactación	Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de contaminación auditiva.
			Generación de escombros y/o residuos.
			Alteación de cubierta terrestre.

Tabla 4.3.2

Actividades del proyecto de fase de rehabilitación

Fase	Código	Actividad	Acción Ambiental
Rehabilitación	A-01	Preparación de superficie	Generación de escombros y/o residuos.
			Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de contaminación auditiva.
	A-02	Imprimación	Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de contaminación auditiva.
	A-03	Suministro de mezcla asfáltica	Contaminación del ambiente.
			Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de escombros y/o residuos.
	A-04	Tendido de carpeta asfáltica manulmente	Contaminación del ambiente.
			Generación de contaminación auditiva.
	A-05	Rastrillado	Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de escombros y/o residuos.
	A-06	Compactación	Generación de polvo/Contaminación del aire.
			Generación de contaminación auditiva.
			Generación de escombros y/o residuos.
			Alteación de cubierta terrestre.

4.4 Identificación de impactos ambientales

A continuación, se detallan los impactos ambientales de las actividades del proyecto, de tal manera que se aprecie cuáles son los ámbitos más afectados:

Tabla 4.4.1

Identificación de impactos ambientales en fase constructiva

Identificación de impactos ambientales durante fase constructiva			Preparación de superficie.	Imprimación.	Suministro de la mezcla asfáltica.	Tendido de la carpeta asfáltica.	Rastrillado.	Compactación.
Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	X					X
	Agua	Calidad del agua			X	X		
	Procesos	Contaminación auditiva	X	X	X	X		X
		Contaminación del aire			X	X		
	Uso del Territorio	Tráfico	X	X	X	X	X	X
		Agricultura						
Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		X		X	X	X
		Salud y seguridad				X	X	X

Tabla 4.4.2

Identificación de impactos ambientales en fase de rehabilitación

Identificación de impactos ambientales durante fase de rehabilitación			Cortes y preparación de superficie.	Imprimación.	Suministro de la mezcla asfáltica.	Tendido de la carpeta asfáltica manualmente.	Rastrillado.	Compactación.
Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	X					X
	Agua	Calidad del agua			X	X		
	Procesos	Contaminación auditiva	X	X	X	X		X
		Contaminación del aire			X	X		
	Uso del Territorio	Tráfico	X	X	X	X	X	X
		Agricultura						
Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		X		X	X	X
		Salud y seguridad				X	X	X

4.5 Valoración de impactos ambientales

Metodología de valoración

Valoración de índice de importancia

Para valorar cualitativamente se tiene una valoración simple basada en una puntuación que se cuantifica desde 1 hasta 8 (Garmendia Salvador, 2005).

Tabla 4.5.1*Valoración de índice de importancia*

Características	Parámetros	Ponderación
Signo	Impacto beneficioso	+
	Impacto perjudicial	-
Extensión [E]	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Persistencia [P]	Temporal	1
	Permanente	3
Recuperabilidad [Rc]	Recuperable	1
	Irrecuperable	3
Acumulación [A]	Simple	1
	Acumulativo	3
	Sinérgico	5
Intensidad [In]	Baja	1
	Media	4
	Alta	8
Reversibilidad [Rv]	Reversible	1
	Irreversible	3

Nota. Datos tomados de Garmendia Salvador (2005).

Se tiene la siguiente ecuación para la valoración cualitativa:

$$Im = \pm(A + E + In + P + Rv + Rc)$$

Donde Im quiere decir Índice de importancia.

Valoración de índice total de impacto

Según (López Vázquez, 2013), existen factores y valores para calcular el Índice de impacto. A continuación, se detalla dichos factores:

Tabla 4.5.2

Valoración de índice total de impacto

Características	Parámetros	Ponderación
Signo	Impacto beneficioso	+
	Impacto perjudicial	-
Extensión [E]	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Distribución [D]	Puntual	0.5
	Continúa	1
Oportnuda [O]	Oportuna	1
	Inoportuna	2
Temporalidad [T]	Infrecuentes	0.5
	Frecuentes	1
	Permanentes	2
Magnitud [M]	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Reversibilidad [Rv]	Reversible	1
	Irreversible	2

Nota. Datos tomados de López Vásquez (2013).

Se hace uso de la siguiente ecuación para el cálculo del Índice total de impacto:

$$IT=((M*T+O)+(E*D))*R*S$$

Valoración cualitativa de impacto ambiental

Según (Tito, 2020), la valoración cualitativa ayuda a establecer el índice de importancia de la solución. La cuantificación de los valores va desde 1 hasta 10.

Se tiene la siguiente ecuación para la valoración ante mencionada:

$$IA=\pm\sqrt{(Imp*|Mag|)}$$

A continuación, se presenta la escala de valoración:

Tabla 4.5.3

Valoración de alteración ambiental

Magnitud	Valoración
Alteración mínima al factor ambiental	[1 - 2.5]
Alteración considerable al factor ambiental	5
Alteración elevada al factor ambiental	[7.5 - 10]

Nota. Datos tomados de Tito (2020).

A razón de demostración, se detalla como ejemplificación la valoración de impacto ambiental de la actividad “Puesta de carpeta asfáltica”. Los demás procesos de valoración de impacto ambiental para el resto de actividades siguen el mismo análisis.

Acción ambiental: Puesta de carpeta asfáltica

Elemento afectado: Aire

Fase: Construcción

Valoración según (Garmendia Salvador, 2005):

Signo: Negativo (-)

La puesta de la carpeta asfáltica involucra trabajar con una mezcla asfáltica a temperaturas levadas, afectando a la calidad del aire y a la salud de los trabajadores sin el debido cuidado, debido a esto se considera que tiene un efecto negativo en el aire.

Extensión (E): Extensa (3)

La extensión del área de trabajo cambiará debido a las exigencias, pero en las zonas de estudio, la extensión es considerablemente extensa, por ende, se otorga una calificación adecuada de 3.

Intensidad (In): Media (4)

Se consideró que se trata de una intensidad media debido a que si se considera que es una actividad perjudicial, pero se puede controlar moderadamente.

Persistencia (P): Temporal (1)

Se asigna un valor de persistencia temporal debido a que la actividad tiene una duración corta, y luego de que quede puesta la carpeta, la contaminación ya no será un problema debido a que el problema es cuando la mezcla alcanza temperaturas altas.

Reversibilidad (Rv): Reversible (1)

Se considera como una actividad reversible debido a que se cuenta con procesos para retirar carpetas asfálticas.

Recuperabilidad (Rc): Recuperable (1)

Se considera recuperable debido a que se pueden realizar rellenos para dejar el suelo como estaba anteriormente.

Acumulación (A): Simple (1)

Se considera como simple en cuanto a la acumulación.

Valoración según (López Vázquez, 2013):

Signo: Negativo (-)

La puesta de la carpeta asfáltica involucra trabajar con una mezcla asfáltica a temperaturas levadas, afectando a la calidad del aire y a la salud de los trabajadores sin el debido cuidado, debido a esto se considera que tiene un efecto negativo en el aire.

Extensión (E): Extenso (3)

La extensión del área de trabajo cambiará debido a las exigencias, pero en las zonas de estudio, la extensión es considerablemente extensa, por ende, se otorga una calificación adecuada de 3.

Magnitud (M): Alta (3)

Se consideró que se trata de una magnitud alta debido a que si se considera que es una actividad perjudicial, pero se puede controlar moderadamente.

Oportunas (O): Oportuna (1)

Se define como una actividad oportuna, en vista que muchos servicios se llevan a cabo haciendo uso de las calles, mismas que deben contar con una calidad adecuada.

Distribución (D): Continua (1)

Se defina la actividad como continua porque la extensión es considerable.

Temporalidad (T): Infrecuente (0.5)

Esta actividad no repercute frecuentemente al aire, solo se ve afectado en el momento de la puesta.

Reversibilidad (Rv): Reversible (1)

Se considera como una actividad reversible debido a que se cuenta con procesos para retirar carpetas asfálticas.

A continuación, se reflejan los cálculos pertinentes:

Cálculo del índice de importancia según (Garmendia Salvador, 2005):

$$Im=-(1+3+4+1+1+1)=-11$$

A continuación, se procede a calcular la valoración total de impacto según (López Vázquez, 2013):

$$IT=((3*0.5+1)+(3*1))*1*-1=-5.5$$

A partir de los resultados previamente obtenidos, se desarrolló la matriz de Leopold, que viene con valores que van desde 1 a 10, dependiendo de la magnitud del impacto que aportan las diferentes actividades a realizar a lo largo del proyecto.

Cálculo de valoración de impacto ambiental

Se emplea la ecuación propuesta por (Tito, 2020) para cuantificar la valoración del impacto ambiental:

$$IA=-\sqrt{(11*-5)}=-7.78$$

A continuación, se muestran las matrices con todos los valores de índice de importancia, índice total de impacto y valoración del impacto ambiental durante el proceso constructivo, y luego se presentan las matrices para el proceso de rehabilitación.

Tabla 4.5.4

Valoración de índice de importancia de actividades sobre medios alterados durante proceso constructivo

	Índice de importancia			Preparación de la superficie	Imprimación asfáltica	Suministro de mezcla asfáltica	Tendido de carpeta asfáltica	Rastrillado	Compactación
MEDIO ALTERADO	Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	-6					-6
		Agua	Calidad del agua			-5	-5		
		Procesos	Contaminación auditiva	-8	-6	-6	-11		-11
			Contaminación del aire			-11	-11		
		Uso del Territorio	Tráfico	-6	-8	-6	-11	-8	-8
			Agricultura						
	Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		8		8	8	8
			Salud y seguridad				-11	-8	-6

Tabla 4.5.5

Valoración de índice total de impacto de actividades sobre medios alterados durante proceso constructivo

	Valoración de índice total de impacto			Preparación de la superficie	Imprimación asfáltica	Suministro de mezcla asfáltica	Tendida de carpeta asfáltica	Rastrillado	Compactación
MEDIO ALTERADO	Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	-3					-2
		Agua	Calidad del agua			-2	-2		
		Procesos	Contaminación auditiva	-3	-2	-6	-11		-11
			Contaminación del aire			-5.5	-5.5		
		Uso del Territorio	Tráfico	-2	-3	-2	-5.5	-3	-3
			Agricultura						
	Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		3		3	3	3
			Salud y seguridad				-5.5	-3	-2

Tabla 4.5.6

Matriz de Leopold de actividades sobre medios alterados durante proceso constructivo

	Identificación de impactos ambientales			Preparación de la superficie	Imprimación asfáltica	Suministro de mezcla asfáltica	Tendida de carpeta asfáltica	Rastrillado	Compactación		IMPACTO TOAL AL MEDIO ALTERADO
MEDIO ALTERADO	Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	-4.2					-3.5		-7.7
		Agua	Calidad del agua			-3.2	-3.2				-6.3
		Procesos	Contaminación auditiva	-4.9	-3.5	-6.0	-11.0		-11.0		-36.4
			Contaminación del aire			-7.8	-7.8				-15.6
		Uso del Territorio	Tráfico	-3.5	-4.9	-3.5	-7.8	-4.9	-4.9		-29.4
			Agricultura								
	Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		4.9		4.9	4.9	4.9		19.6
			Salud y seguridad				-7.8	-4.9	-3.5		-16.1
			Impacto total por actividades	-12.6	-3.5	-20.4	-32.6	-4.9	-17.9		-91.9

Tabla 4.5.7

Valoración de índice de importancia de actividades sobre medios alterados durante proceso de rehabilitación

	Índice de importancia			Cortes y preparación de la superficie	Imprimación asfáltica	Suministro de mezcla asfáltica	Puesta de carpeta asfáltica manualmente	Rastrillado	Compactación
MEDIO ALTERADO	Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	-6					-6
		Agua	Calidad del agua			-5	-5		
		Procesos	Contaminación auditiva	-8	-6	-6	-11		-11
			Contaminación del aire			-11	-11		
		Uso del Territorio	Tráfico	-5	-5	-5	-5	-5	-5
			Agricultura						
	Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		8		8	8	8
			Salud y seguridad				-11	-8	-6

Tabla 4.5.8

Valoración de índice total de impacto de actividades sobre medios alterados durante proceso de rehabilitación

	Valoración de índice total de impacto			Cortes y preparación de la superficie	Imprimación asfáltica	Suministro de mezcla asfáltica	Puesta de carpeta asfáltica manualmente	Rastrillado	Compactación
MEDIO ALTERADO	Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	-3					-2
		Agua	Calidad del agua			-2	-2		
		Procesos	Contaminación auditiva	-3	-2	-6	-11		-11
			Contaminación del aire			-5.5	-5.5		
		Uso del Territorio	Tráfico	-2	-2	-2	-3	-2	-2
			Agricultura						
	Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		3		3	3	3
			Salud y seguridad				-5.5	-3	-2

Tabla 4.5.9

Matriz de Leopold de actividades sobre medios alterados durante proceso de rehabilitación

	Identificación de impactos ambientales			Cortes y preparación de la superficie	Imprimación asfáltica	Suministro de mezcla asfáltica	Puesta de carpeta asfáltica manualmente	Rastrillado	Compactación		IMPACTO TOAL AL MEDIO ALTERADO
MEDIO ALTERADO	Características Físicas	Suelo	Calidad del suelo	-4.2					-3.5		-7.7
		Agua	Calidad del agua			-3.2	-3.2				-6.3
		Procesos	Contaminación auditiva	-4.9	-3.5	-6.0	-11.0		-11.0		-36.4
			Contaminación del aire			-7.8	-7.8				-15.6
		Uso del Territorio	Tráfico	-3.2	-3.2	-3.2	-3.9	-3.2	-3.2		-19.7
			Agricultura								
	Características Sociales	Nivel Cultural	Aceptabilidad		4.9		4.9	4.9	4.9		19.6
			Salud y seguridad				-7.8	-4.9	-3.5		-16.1
			Impacto total por actividades	-12.3	-1.7	-20.1	-28.7	-3.2	-16.2		-82.2

En las tablas 4.5.6 y 4.5.9 se puede apreciar la matriz de Leopold, en donde se puede ver la cuantificación final del impacto ambiental de cada actividad que influye en diferentes medios alterados.

Se analiza el impacto de las actividades a partir de la siguiente ponderación:

Tabla 4.5.10

Interpretación de valoración de impactos ambientales de Matriz de Leopold

Calificación del impacto ambiental	Valoración del índice del impacto ambiental [IA]
Altamente significativo	$ IA \geq 6.5$
Significativo	$6.5 > IA \geq 4.5$
Despreciable	$ IA < 4.5$
Benéfico	$ IA \geq 0$

Nota. Datos tomados de Tito (2020).

En base a lo mostrado en la tabla 4.5.6 se evidencia que los medios más afectados por las actividades planificadas son el aire por contaminación física y contaminación auditiva.

Las actividades que causan un impacto ambiental más negativo son las relacionadas al manejo de la mezcla asfáltica en caliente, desde la mezcla en planta hasta que se pone en sitio.

El proyecto en conjunto, impacta de manera considerable sobre el ambiente, considerando de importancia que se propongan las siguientes medidas de mitigación para reducir a lo más mínimo posible el impacto total.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

En base al impacto ambiental de las actividades analizadas en el apartado anterior, se propone diferentes medidas de mitigación del impacto ambiental para los medios con una afección significativa y altamente significativa.

Tabla 4.6.1

Medidas de mitigación propuestas

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS
Calidad del aire	Generación de polvo/Contaminación del aire.	Riego de agua periódico y oportuno para evitar generación excesiva de polvo en el ambiente. Además de proporcionar equipo de protección personal pertinente para las actividades a llevar a cabo.
	Generación de contaminación auditiva.	Monitoreo constante para evitar emisión excesiva de contaminación auditiva, respetar niveles máximos permisibles.
	Generación de escombros y/o residuos.	Recolectar todos los materiales de escombros generados para posteriormente clasificarlo.
	Movimiento de tierras y manejo de escombros	Luego de las actividades que involucren movimiento de tierras o generen escombros, coleccionar los residuos para su correcta recolección y clasificación para su deposición hacia un botadero designado por el municipio.
Afectaciones a servicios	Alteración del tráfico	Se tratará de perjudicar lo menos posible a la disposición de la vía, para esto se deben designar turnos nocturnos para trabajar cada tramo, de tal manera que se perjudica lo menos posible al tráfico.

Conclusiones. –

- ❖ Haciendo uso de literatura correspondiente a estudios previamente realizados en la ciudad de Guayaquil, se identificaron factores característicos del medio abiótico, biótico y socioeconómico representativos de las zonas de estudio.
- ❖ Basado en literatura de autoría de (Garmendia Salvador, 2005), (López Vázquez, 2013) y (Tito, 2020), se definieron diferentes indicadores y métodos para evaluar el impacto ambiental de las actividades a llevar a cabo durante el proyecto.
- ❖ En general, el proyecto tiene un impacto ambiental considerable sobre los medios afectados, siendo la calidad del aire y el tráfico los medios más afectados.
- ❖ Se definieron diferentes medidas de prevención para mitigar el impacto ambiental de la manera más significativa posible.

Capítulo 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura desglosada de trabajo

El proyecto se desglosa en 2 grupos principales, de tal manera que uno corresponda al rediseño del proceso constructivo, y otro corresponde al diseño del proceso de rehabilitación.

El subgrupo del proceso de rehabilitación se divide también, y se describe por separado los procesos de bacheo y sellado de fisuras.

El esquema de la estructura desglosada que se muestra, sigue un orden cronológico que va de izquierda a derecha, y de arriba hacia abajo.

Figura 5.1.1

Estructura desglosada del proceso constructivo

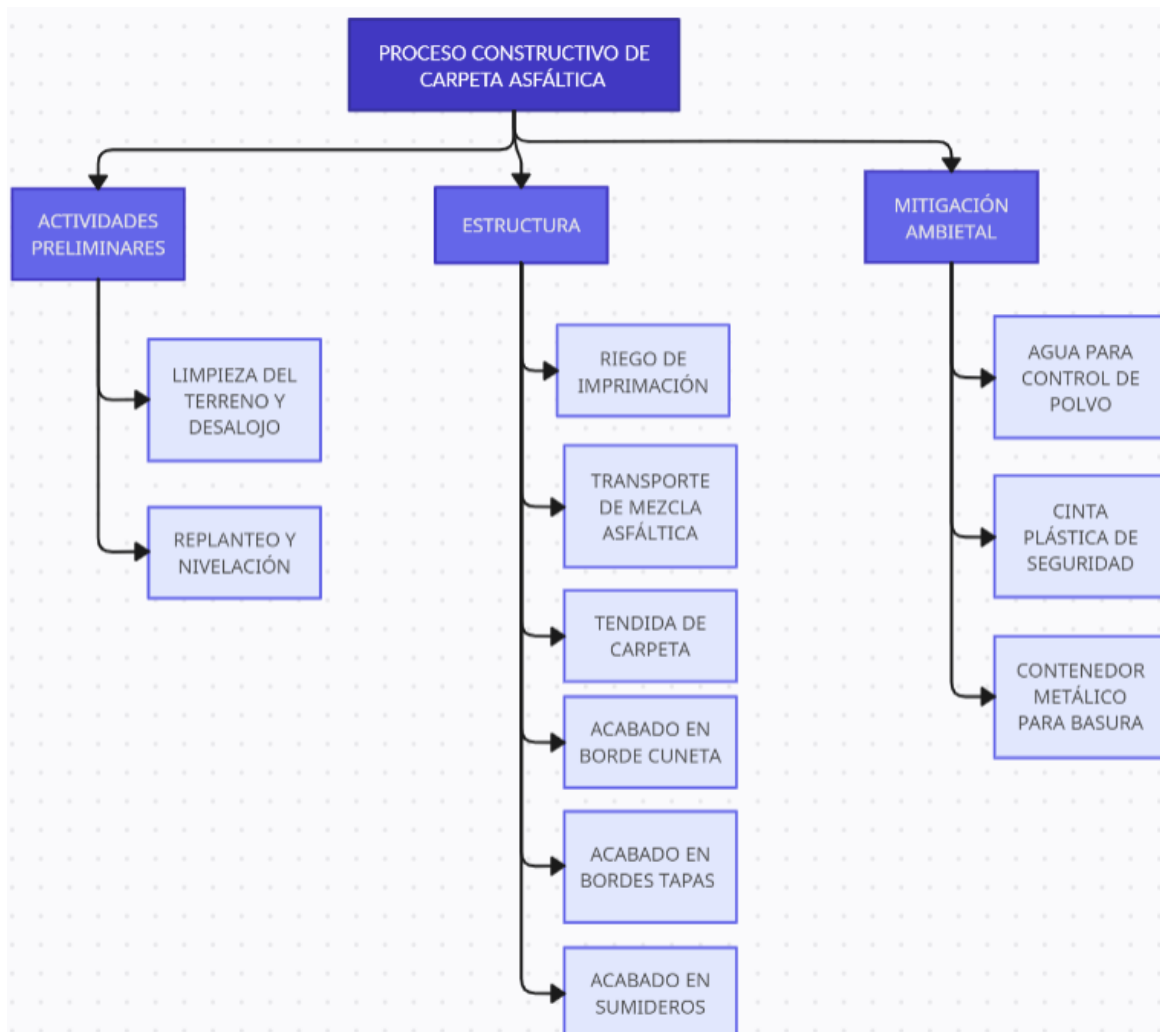


Figura 5.1.2

Estructura desglosada del proceso de rehabilitación de bacheo

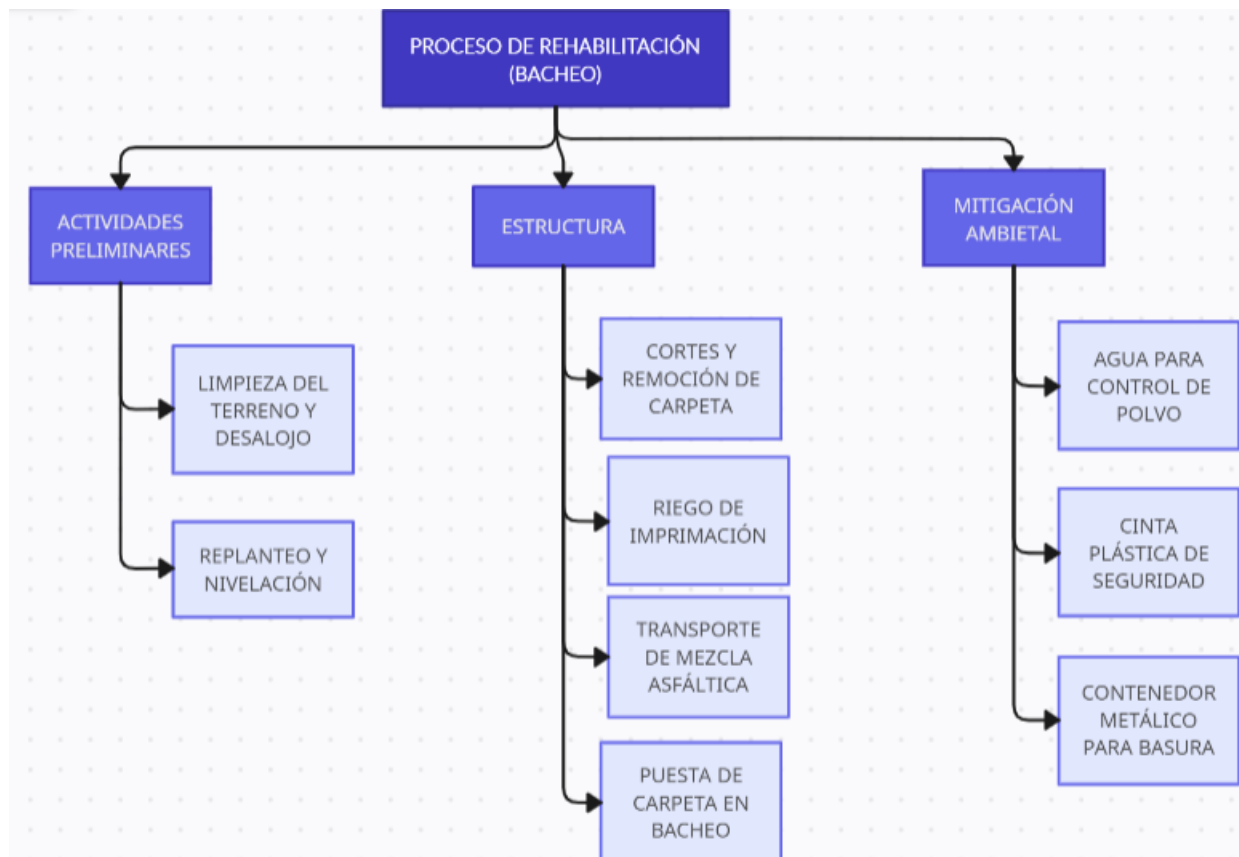
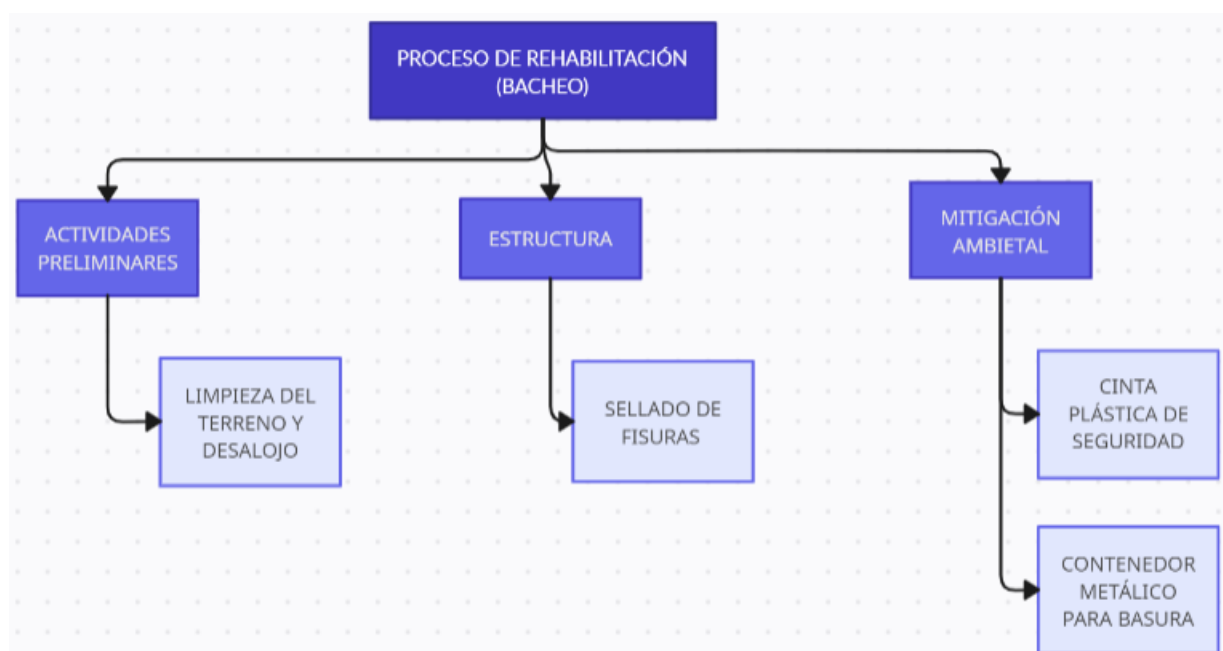


Figura 5.1.3

Estructura desglosada del proceso de rehabilitación de sellado de fisuras



El proceso constructivo cubre un total de 115000 m² en un total de 3 zonas representativas ubicadas en el norte, centro y sur de la ciudad respectivamente. La zona 1, ubicada en el norte representa un tramo de 1940 metros de longitud con 3 carriles en 2 sentidos, con un ancho de 9 metros en cada sentido, cubriendo un aproximado de 35000 m². La zona 2, ubicada en el centro cuenta con 1650 metros de longitud con 3 carriles y un ancho de 9 metros, cubriendo un aproximado de 15000 m². Finalmente, la zona 3, ubicada en el sur de la ciudad, representa un tramo de 1565 metros de longitud con 3 carriles en 4 sentidos, con un ancho de 9 metros en cada sentido, cubriendo un aproximado de 65000 m².

El área de trabajo es considerablemente extensa, en honor a poder desglosar y explicar detalladamente el plan de trabajo durante el cronograma, se detalla el proceso constructivo con su cronograma en los primeros 500 metros lineales de construcción en cada zona, el procedimiento puede ser replicado en toda la longitud de los tramos de estudio.

5.2 Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)

A continuación, se expone la lista de actividades del proyecto con el precio unitario.

Tabla 5.2.1

Actividades a realizar durante proceso constructivo precio unitario

Código	Rubro	Descripción	Unidad	Precio Unitario
1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFÁLTICA				
1.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES				
10111	1.1.1	Limpieza del terreno y desalojo.	m ²	\$ 0.21
10112	1.1.2	Replanteo y nivelación del terreno.	m ²	\$ 0.84
1.2 ESTRUCTURA				
10121	1.2.1	Riego de imprimación	m ²	\$ 1.78
10122	1.2.2	Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta	m ³ /km	\$ 0.35
10123	1.2.3	Tendida de carpeta asfáltica 4" (incluye compactación)	m ²	\$ 13.35
10124	1.2.4	Acabado en bordes sobre cunetas	ml	\$ 0.22
10125	1.2.5	Acabado de bordes sobre tapas de revisión	u	\$ 6.16
10126	1.2.6	Acabado de bordes sobre sumideros	u	\$ 0.57
1.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
10131	1.3.1	Agua para control de polvo.	m ³	\$ 1.71
10132	1.3.2	Cinta plástica de seguridad.	u	\$ 1.14
10133	1.3.3	Contenedor metálico para basura.	u	\$ 42.00

Tabla 5.2.2

Actividades a realizar durante proceso de rehabilitación de bacheo con precio unitario

Código	Rubro	Descripción	Unidad	Precio Unitario
2 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (BACHEO)				
2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES				
10211	2.1.1	Limpieza del terreno y desalojo.	m ²	\$ 0.21
10212	2.1.2	Replanteo y nivelación del terreno.	m ²	\$ 0.84
2.2 ESTRUCTURA				
10221	2.2.1	Cortes y remoción de carpeta asfáltica	u	\$ 22.48
10222	2.2.2	Riego de imprimación	m ²	\$ 1.78
10223	2.2.3	Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta	m ³ /km	\$ 0.35
10224	2.2.4	Tendida de carpeta asfáltica 4" en bacheo (incluye compactación)	m ²	\$ 22.88
2.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
10231	2.3.1	Agua para control de polvo.	m ³	\$ 1.71
10232	2.3.2	Cinta plástica de seguridad.	u	\$ 1.14
10233	2.3.3	Contenedor metálico para basura.	u	\$ 42.00

Tabla 5.2.3

Actividades a realizar durante proceso de rehabilitación de sellado de fisuras con precio unitario

Código	Rubro	Descripción	Unidad	Precio Unitario
3 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (SELLADO DE FISURAS) EN ZONA 2 Y 3				
2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES				
10111	3.1.1	Limpieza del terreno.	m ²	\$ 0.21
2.2 ESTRUCTURA				
10221	3.2.1	Sellado de fisuras en carpeta asfáltica	ml	\$ 5.74
2.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
10132	3.3.1	Cinta plástica de seguridad.	u	\$ 1.14
10133	3.3.2	Contenedor metálico para basura.	u	\$ 42.00

Para corroborar los valores propuestos, se adjuntan los Análisis de Precio Unitario (APU), para los cuales se utilizó información de la revista de la Cámara de la Construcción e información actualizada del mercado local.

Cada APU cuenta con un porcentaje de costos indirectos de 20%, por lo que todos los gastos necesarios se encuentran contemplados.

5.3 Descripción de cantidades de obra

A continuación se explica la cuantificación de los rubros.

Para el proceso constructivo es necesario conocer el área de trabajo incluida en los 500 metros lineales representativos del proyecto.

Se tiene un ancho de 9 metros, por ende:

$$A = 500 \text{ m} * 9 \text{ m} = 4500 \text{ m}^2$$

La longitud del tramo ya está explícita, y será necesaria para los acabados en los bordes de la carpeta sobre la cuneta:

$$L = 500 \text{ m}$$

La distancia de transporte se obtiene calculando el volumen de asfalto necesario para el proceso de tendido de la carpeta, para el cual se utilizó la demanda y se multiplicó por un factor de 1.1 por la compactación, y a su vez, el volumen se obtiene multiplicando el área de trabajo por el espesor de la carpeta :

$$V = 4500 \text{ m}^2 * 0.1 \text{ m} = 450 \text{ m}^3$$

$$V = 450 \text{ m}^3 * 1.1 = 495 \text{ m}^3$$

El volumen obtenido se divide para el volumen de la volqueta (8 m³). Luego se calculó la distancia promedio de las zonas de trabajo con la planta de asfalto más cercana (ubicada en Samborondón), la distancia es de 25 km, por lo que multiplicado con el escalar obtenido anteriormente, teniendo:

$$D = (495 \text{ m}^3) / (8 \text{ m}^3) * 25 \text{ km} = 1546.875 \text{ km}$$

Se estima un aproximado de 3 tapas de cajas de revisión por cada 100 metros de longitud de calle, de igual manera que los sumideros, teniendo un total de 15 unidades de cada una en los 500 metros del tramo representativo.

Para el proceso de rehabilitación de bacheo se tiene un área total de 281.6 m², repartidos en un total de 28 baches cuya área promedio es de 9 m².

En cuanto al sellado de fisuras, en la zona 2 se cuenta con 67 ml y en la zona 3 se cuenta con 88 ml, teniendo un total de 155 ml a intervenir por fisuras.

Tabla 5.3.1

Presupuesto de proceso constructivo

PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFÁLTICA EN TRAMO REFERENCIAL DE 500 M DE LONGITUD X 9 M DE ANCHO						
Código	Rubro	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFÁLTICA						
1.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES						
10111	1.1.1	Limpieza del terreno y desalojo.	m ²	\$ 0.21	4500.00	\$ 952.94
10112	1.1.2	Replanteo y nivelación del terreno.	m ²	\$ 0.84	4500.00	\$ 3,793.01
1.2 ESTRUCTURA						
10121	1.2.1	Riego de imprimación	m ²	\$ 1.78	4500.00	\$ 7,993.34
10122	1.2.2	Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta	m ³ /km	\$ 0.35	1546.87	\$ 542.10
10123	1.2.3	Tendida de carpeta asfáltica 4" (incluye compactación)	m ²	\$ 13.35	4500.00	\$ 60,093.52
10124	1.2.4	Acabado en bordes sobre cunetas	ml	\$ 0.22	500.00	\$ 107.79
10125	1.2.5	Acabado de bordes sobre tapas de revisión	u	\$ 6.16	15.00	\$ 92.35
10126	1.2.6	Acabado de bordes sobre sumideros	u	\$ 0.57	15.00	\$ 8.51
1.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL						
10131	1.3.1	Agua para control de polvo.	m ³	\$ 1.71	10.00	\$ 17.08
10132	1.3.2	Cinta plástica de seguridad.	u	\$ 1.14	5.00	\$ 5.70
10133	1.3.3	Contenedor metálico para basura.	u	\$ 42.00	1.00	\$ 42.00
TOTAL						\$ 73,648.35

Tabla 5.3.2

Presupuesto de proceso de rehabilitación de bacheo

PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (BACHEO) EN ZONA 3						
Código	Rubro	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
2 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (BACHEO)						
2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES						
10211	2.1.1	Limpieza del terreno y desalojo.	m ²	\$ 0.21	281.60	\$ 59.63
10212	2.1.2	Replanteo y nivelación del terreno.	m ²	\$ 0.84	281.60	\$ 237.36
2.2 ESTRUCTURA						
10221	2.2.1	Cortes y remoción de carpeta asfáltica	u	\$ 22.48	50	\$ 1,123.85
10222	2.2.2	Riego de imprimación	m ²	\$ 1.78	281.60	\$ 500.21
10223	2.2.3	Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta	m ³ /km	\$ 0.35	88.00	\$ 30.84
10224	2.2.4	Tendida de carpeta asfáltica 4" en bacheo (incluye compactación)	m ²	\$ 22.88	281.60	\$ 6,441.87
2.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL						
10231	2.3.1	Agua para control de polvo.	m ³	\$ 1.71	15.00	\$ 25.62
10232	2.3.2	Cinta plástica de seguridad.	u	\$ 1.14	10.00	\$ 11.40
10233	2.3.3	Contenedor metálico para basura.	u	\$ 42.00	2.00	\$ 84.00
TOTAL						\$ 8,514.78

Tabla 5.3.3

Presupuesto de proceso de rehabilitación de sellado de fisuras

PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (SELLADO DE FISURAS) EN ZONAS 2 Y 3						
Código	Rubro	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
3 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (SELLADO DE FISURAS) EN ZONA 2 Y 3						
2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES						
10111	3.1.1	Limpieza del terreno.	m ²	\$ 0.21	155.00	\$ 32.82
2.2 ESTRUCTURA						
10221	3.2.1	Sellado de fisuras en carpeta asfáltica	ml	\$ 5.74	155	\$ 889.04
2.3 ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL						
10132	3.3.1	Cinta plástica de seguridad.	u	\$ 1.14	2.00	\$ 2.28
10133	3.3.2	Contenedor metálico para basura.	u	\$ 42.00	2.00	\$ 84.00
					TOTAL	\$ 1,008.15

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

En cuanto al proceso constructivo de la carpeta asfáltica para el tramo referencial de 500 metros lineales, se tiene un presupuesto aproximado de

\$ 73648.35, para un área de construcción de 4500 m², si se divide el valor total del presupuesto para el área se tiene un valor de \$16.37 /m².

El valor por sí solo no dice mucho, por ende, se considera pertinente comparar el precio del proyecto propuesto con procesos de pavimentación realizados en la ciudad de Guayaquil, de tal manera que se compare los costos de la tendida de la carpeta asfáltica.

- En Febrero del año 2022, la Municipalidad de Guayaquil elaboró la ficha técnica del diseño y presupuesto de un pavimento flexible para sectores del norte de la ciudad, específicamente un sector llamado “Flor de Bastión”, siendo el nombre del proyecto ““PROYECTO 4 - POLÍGONO 6 - PAVIMENTACIÓN, INCLUYE CONSTRUCCIÓN DE ACERAS BORDILLOS E IMPLEMENTACIÓN DE ALCANTARILLADO PLUVIAL - (COOP. FLOR DE BASTIÓN BLOQUE 9, 10, 11, 12 Y 13). - PROGRAMA CAF XV”.

En el presupuesto, aislando solo el costo del tendido de la carpeta asfáltica, y sin la inclusión del costo del transporte del material proporcionado por la planta mezcladora, se tiene un precio de 14.11 \$/m². Este precio da una buena impresión sobre el valor propuesto en el proyecto de esta tesis, en base a que hace 2 años los suelos en la mano de obra era inferiores, en los \$14.11 no se incluye el transporte de materiales, y tampoco se incluye el pago por acabados de correcta calidad en los bordes de la carpeta asfáltica sobre las cunetas, los sumideros y las tapas de revisión.

5.5 Cronograma de obra

Para el cronograma de obra se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones: al igual que los APU, las jornadas de trabajo serán de 8 horas laborales, de tal manera que se trabaje de Lunes a Viernes.

Se definió como fecha tentativa de inicio el Lunes 05 de Febrero del 2024.

El cronograma representativo que detalla el proceso constructivo de los primeros 500 metros de longitud de la carpeta puede ser replicado en la extensión total del proyecto.

Con respecto al cronograma del proceso constructivo se tomaron en cuenta ciertas consideraciones para su formulación que serán expuestas a continuación:

- El proceso constructivo está contemplado a culminarse en 16 día laborales, en otras palabras 3 semanas y un día extra.
- Los días que toque tender la carpeta asfáltica la jornada laboral se extenderá 2 o 3 horas, dependiendo de la velocidad de trabajo de los obreros, pues se sabe que el rendimiento no siempre es el mismo porque los humanos no son máquinas. La extensión de la jornada laboral se da debido a que en la imprimación asfáltica se debe cubrir una longitud mínima de 100 metros

debido a la capacidad del tanquero de imprimación, y no se puede dejar un tramo imprimado al aire libre por más tiempo de lo recomendado.

- Para la imprimación se utilizó un asfalto líquido de curado rápido, por lo que se toma un descanso de 24 horas para permitir un correcto ligue; este día libre se utiliza para el replanteo y nivelación del siguiente tramo a imprimir.

En cuanto al proceso de rehabilitación de bacheo, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trabajo está contemplado para 6 días totales de trabajo, se deberá hacer una excepción y pedirle a la cuadrilla de trabajo que se presenten el día Sábado para colocar la mezcla asfáltica en los últimos agujeros imprimados para poder culminar en una sola semana todo.

Por último, para el proceso de rehabilitación de sellado de fisuras se tiene en cuenta lo siguiente.

- El trabajo está contemplado para 2 días totales de trabajo, el primer día se trabaja en la zona 2 y el segundo día se trabaja en la zona 3.

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Se analizó el estado actual de la carpeta asfáltica en la ciudad de Guayaquil tomando como referencia 3 zonas de estudio referenciales ubicadas en el sur, en el centro y en el norte de la ciudad por medio de inspecciones visuales durante trabajo de campo y ensayos de laboratorio con muestras obtenidas in situ.

- Se determinó la existencia de fallas que denotan negligencias durante el proceso constructivo, tales como acabados inadecuados en los bordes de la carpeta sobre las cunetas, sobre los sumideros y sobre las tapas de las cajas de revisión, además de baches y fisuras.

- En los ensayos de laboratorio se encontró que el porcentaje de aire y la granulometría no se encuentran dentro de los límites recomendados por la AASHTO para carpetas asfálticas de alto tráfico; el resto de propiedades se encuentran dentro de los rangos recomendados, por ende no se rediseñó el diseño de la mezcla asfáltica.

2. Se rediseñó el proceso constructivo para la carpeta asfáltica en la ciudad de Guayaquil mediante la consulta de la normativa ecuatoriana de “Especificaciones Generales para Caminos y Puentes” MOP-001-F2002 y la norma mexicana para “Construcción de Transporte y Caminos con Mezclas asfálticas en caliente” N.CTR.CAR.1.04.006, de tal manera que se asegure un trabajo de calidad.

- En el proceso constructivo se contemplan actividades a detalle sobre el acabado en los bordes de la carpeta asfáltica sobre las cunetas, los sumideros y las tapas de revisión que no están explicadas en la normativa local.

3. Se rediseñó el proceso de rehabilitación para solucionar fallas existentes en la carpeta asfáltica en la ciudad de Guayaquil mediante la consulta de la normativa ecuatoriana MOP-001-F2002 y la normativa mexicana N.CTR:CAR.1.04.006, de tal manera que se asegure un trabajo de calidad.

- Se diseñó por separado el proceso de bacheo y el proceso de sellado de fisuras, de tal manera que se asegure un trabajo de calidad que no requiera una nueva inversión de dinero para ser solucionado.

4. Se elaboró la evaluación de impacto ambiental y el presupuesto, de tal manera que se empleó materiales y métodos que optimicen el costo y reduzcan gastos para la ciudad.

- El presupuesto para proceso constructivo de un tramo referencial de 500 metros de longitud y 9 metros de ancho contempla un monto total de \$ 73.565,45 , con un costo de \$16.37 /m².

- El presupuesto para el proceso de rehabilitación de bacheo contempla un monto total de \$ 8.514,78 , con un costo \$ 30.24 /m².

- El presupuesto para el proceso de rehabilitación de sellado de fisuras contempla un monto total de \$ 1.008,15 , con un costo de \$ 6.50 /ml.

- En la evaluación de impactos ambientales se definió qué tanto impactan al ambiente las actividades a realizar en el proyecto, concluyendo que los medios más afectados son la calidad del aire por contaminación física y auditiva, y el tráfico.

- Se propusieron actividades que mitiguen lo máximo posible en impacto ambiental de las actividades a realizar en el proyecto.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda la revisión a detalle del diseño de la mezcla asfáltica empleada en los procesos constructivos del municipio de Guayaquil debido a las inconsistencias halladas en los ensayos de laboratorio.
- Se recomienda que durante el proceso constructivo y el proceso de rehabilitación esté SIEMPRE presente el residente de obra, pues es el encargado de asegurarse que se realice un trabajo de calidad en la extensión total de la obra.
- Se recomienda la contratación de fiscalizadores que trabajen con ética y calidad para que por medio de un trabajo de inspección rigurosa se asegure un trabajo de calidad en la carpeta asfáltica.
- Se aconseja la contratación de mano de obra calificada y con experiencia en pavimentaciones para el proyecto, esto debido a que en inspecciones de campo durante trabajos de proceso constructivo se ha visto que utilizan peones no calificados para el trabajo a realizar con maquinaria.

Referencias

AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures.

AMAAC MX. (2015). Bacheo.

https://www.youtube.com/watch?v=Zr3lsTgEmbs&ab_channel=AMAACMX

Asphalt Institute. (1993). MS-2 Asphalt Mix Design Methods.

Brown, R., Gudimettla, Y., & Cooley, A. (2003). Workability of hot mix asphalt.

Cumpa, J. (2021). Imprimación con emulsión asfáltica.

https://www.youtube.com/watch?v=_CHJGMV0e84&ab_channel=Jos%C3%A9CumpaYupton

Divas, E. (2018). Estabilización de suelos con emulsión asfáltica para el empleo en subbases y bases.

Duran, M. (2021). Proceso constructivo bacheo.

https://www.youtube.com/watch?v=OmBh5oZx23w&ab_channel=MarcosDuran

El Universo. (2017). Baches inquietan a conductores en Guayaquil.

<https://www.eluniverso.com/noticias/2017/04/17/nota/6141187/baches-inquietan-conductores/>

El Universo. (2018). 11 sentenciados por supuesta invasión en Guayaquil en Monte Sinaí.

<https://www.eluniverso.com/guayaquil/2018/09/19/nota/6959660/11-sentenciados-supuesta-invasion-zona-seguridad/>

Fathy, A. (1996). A numerical study of masonry cracks.

Fonseca, J. (2012). Análisis técnico-económico de las actividades de bacheo para la conservación Vial en Costa Rica.

GAD Catamayo. (2023). 7.567 metros cuadrados de asfalto benefician a la parroquia El Tambo en Catamayo. <https://catamayo.gob.ec/7-567-metros-cuadrados-de-asfaltado-benefician-a-la-parroquia-el-tambo-en-catamayo/>

Garmendia Salvador, Alfonso. (2005). Evaluación de impacto ambiental. Pearson/Prentice Hall.

Gobierno de Chile - Ministerio de obras públicas y obras de vialidad. (2008). Manual de Carreteras - Volumen 8 - Especificaciones y métodos de muestreo, ensaye y control.

GRECON. (2013). Bacheo profundo.

https://www.youtube.com/watch?v=sc_lMh_0d5A&ab_channel=GRECONObrasViales

Huang, Y. (2003). Pavement Analysis and Design - 2nd edition.

Industrias Aguayo. (2018). Sistema de refuerzo de pavimento.

INEC. (2020). El nuevo rostro del Guayas. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-nuevo-rostro-de-guayas/>

Kett, I. (1998). Asphalt Materials and Mix Design Manual.

Lavin, P. (2003). Asphalt Pavements. A practical guide to design, Production and Maintenance for Engineers and Architects.

LCPC. (1997). Chaussees en Beton - Guide Technique LCPC.

López Vázquez, L. Bernardo. (2013). Estudio y evaluación de impacto ambiental en ingeniería civil [Book]. ECU.

Morera, R. (2021). Proceso de limpieza, imprimación asfáltica y arenado 01.

https://www.youtube.com/watch?v=zMPHbfqzfvs&ab_channel=IngRobertoMoreraYarasca

Reyes, F. (2022). Pavimentos. Materiales, construcción y diseño - 2da edición.

Rivera, R., & Saleh, M. (2014). Maquinaria pesada y construcción de pavimentos asfálticos.

Sánchez, F. (2016). Pavimentos asfálticos de carreteras. Guía práctica para los estudios y diseños.

Thomas, N. (2008). Principles of Pavement Engineering - 2nd edition.

Tito, B. (2020). Matriz de Leopold modificada impacto ambiental.

<https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-Leopold/>

Valenzuela, Manuel. (2003). El asfalto, en la conservación de pavimentos.

Vamos A Construir. (2022). Instalación de carpeta asfáltica.

https://www.youtube.com/watch?v=zztrpk5hfBY&t=149s&ab_channel=VamosaConstruir-ObrasCiviles

Vamos a Construir. (2023). Sello de fisuras en pavimento flexible.

https://www.youtube.com/watch?v=7muINE2xSiI&ab_channel=VamosaConstruir-ObrasCiviles

Velázquez, M. (2013). Manual del asfalto.

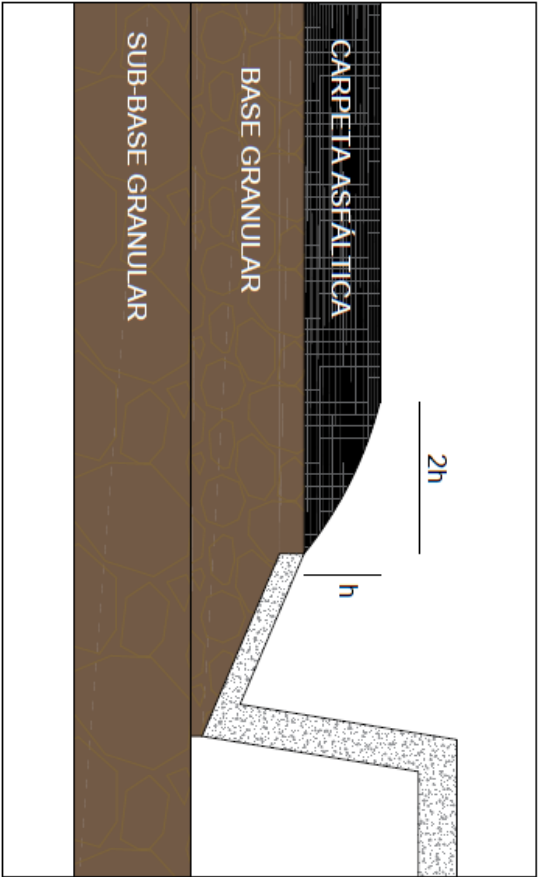
Wayne Lee, K. (2006). Asphalt Mix Design and Construction. Past, Present and Future.

Yoder, E., & Witczak, M. (1975). Principles of pavement design - 2nd edition.

Planos y Anexos

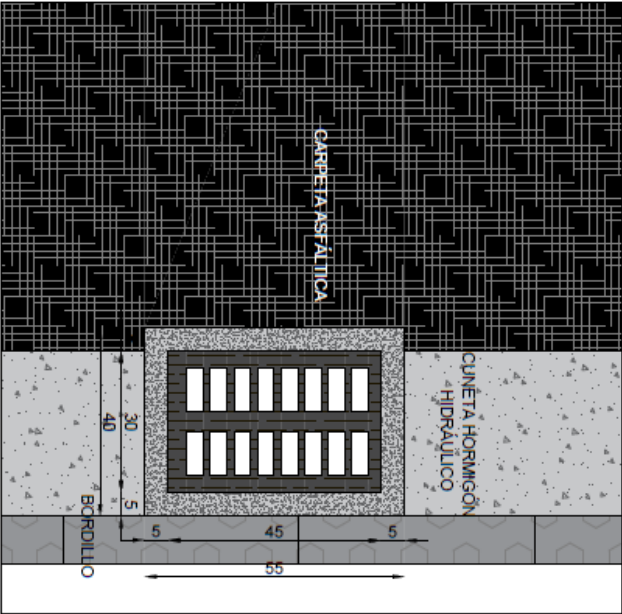
PLANOS

ACABADO SOBRE CUNETAS



SE PUEDE OBSERVAR QUE AL CULMINAR EL ÁREA DE TENDIDO DE LA CARPETA, EL ACABADO PARA EL BORDE DEBE CUMPLIR CON UN CHAFLAN TAL QUE SUS DIMENSIONES TENGAN LA PROPORCIÓN DE 1:2 ALTURA/ANCHO

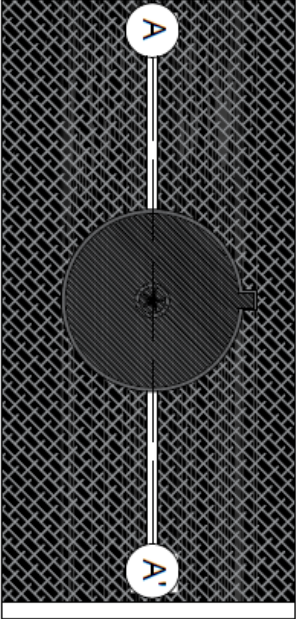
ACABADO SOBRE SUMIDEROS



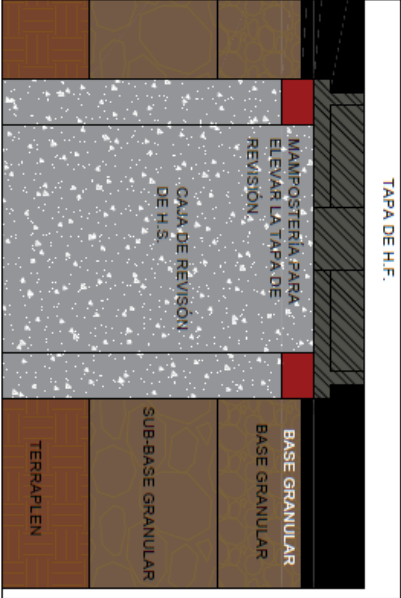
LOS SUMIDEROS DEBEN TENER EL RECUBRIMIENTO DE LA CAJA DE HORMIGÓN SIMPLE ALREDEDOR DE LA REJILLA DESCUBIERTO. SE ILUSTRÁ EL CORRECTO ACABADO DEL TENDIDO DE LA CARPETA ASFALTICA RESPETANDO LOS BORDES DE LOS SUMIDEROS PARA EVITAR QUE SE OBSTRUYA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA					
PROYECTO:					
REDISEÑO DE PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFALTICA EN GUAYAQUIL					
CONTENIDO:					
ACABADOS ADECUADOS PARA BORDE DE CARPETA ASFALTICA SOBRE CUNETAS Y SUMIDEROS					
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA	TUTOR DE CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS		ESTUDIANTE		
MSC. ANDRÉS VELASTEGUI	PHD. EDUARDO SANTOS		PABLO CONFORME TORRES		
TUTOR DE ÁREA DE CONOCIMIENTO:		FECHA DE ENTREGA		FECHA DE ENTREGA	
PHD. EDUARDO SANTOS		28 / 12 / 2023		28 / 12 / 2023	
		LÁMINA		ESCALA	
		A 1:5		INDICADA	

VISTA EN PLANTA DE TAPA

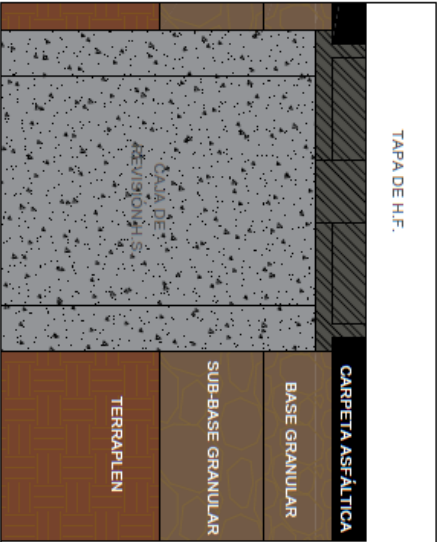


CORTE A-A'
ELEVACIÓN DE TAPAS



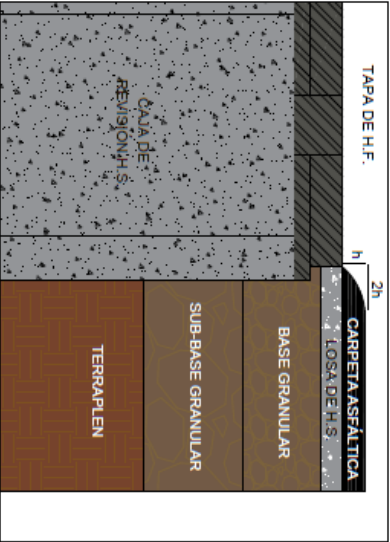
EN CASO DE QUE SE LAS TAPAS IN SITU SE ENCUENTREN POR DEBAJO DEL NIVEL DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFALTICA, SE RECOMIENDA ELEVAR LAS TAPAS CON UN BROCAL DE MAMPOSTERÍA PARA DEJAR LA TAPA AL MISMO NIVEL DE LA CARPETA.

CORTE A-A'
CASO IDEAL (TAPA AL MISMO NIVEL DE CARPETA)



IDEALMENTE LA TAPA DEBE QUEDAR AL MISMO NIVEL QUE LA SUPERFICIE DE LA CARPETA ASFALTICA, DE TAL MANERA QUE NO SE HECHE HORMIGÓN ASFALTICO SOBRE LA TAPA, PUESTO QUE SE IMPOSIBILITARIA EL OPERAMIENTO DE LAS CAJAS.

CORTE A-A'
CASOS MENOS FAVORABLES



SE OBSERVÓ QUE EN LOS LUGARES DE ESTUDIO SE TIENDE CARPETA ASFALTICA SOBRE LOSAS DE HORMIGÓN HIDRAULICO DIRECTAMENTE, EN ESOS CASOS SE DEBE TENER LA CONSIDERACIÓN DE AUNQUE SEA DEJAR UN CHAPLAN EN LOS BORDES.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

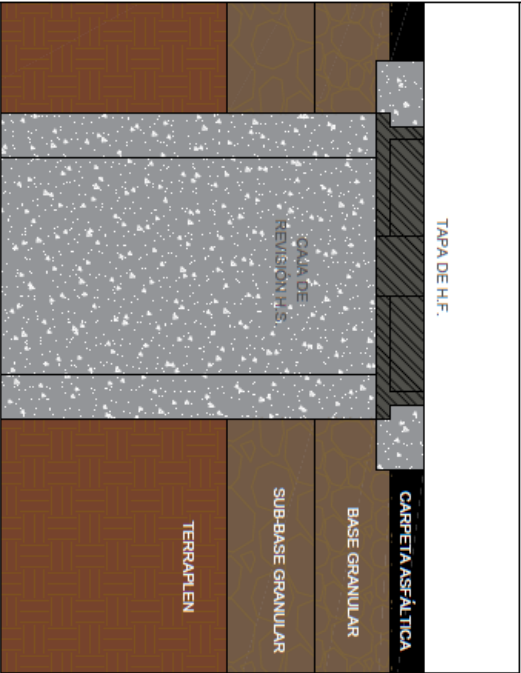
REDISEÑO DE PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFALTICA EN GUAYAQUIL

CONTENIDO:

ACABADOS ADECUADOS PARA BORDE DE CARPETA ASFALTICA SOBRE TAPAS DE REGISTRO

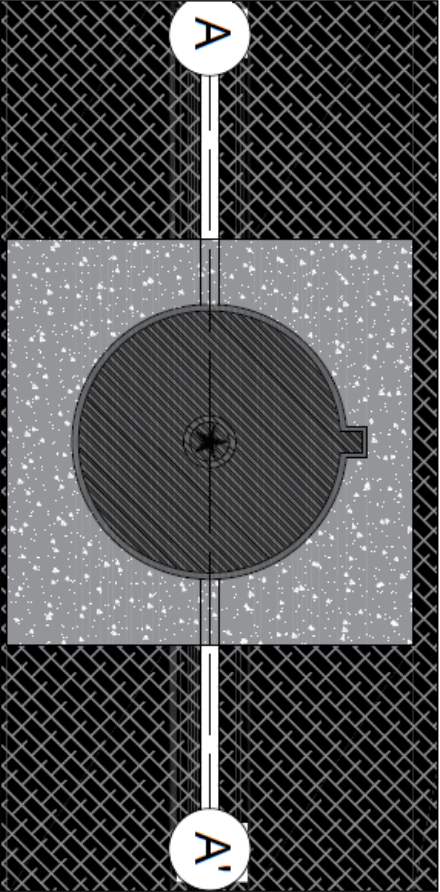
COORDINADOR DE MATERIA INTERSADORA ESPECÍFICA:	TUTOR DE CONOCIMIENTOS:	ESTUDIANTE:	FECHA DE ENTREGA:
MSC. ANDRÉS VELÁSTEGUI	ING. EDUARDO SANTOS	PAOLO CONFORME TORRES	28 / 12 / 2023
TUTOR DE ÁREA DE CONOCIMIENTO:		JAMINA:	ESCALA:
ING. EDUARDO SANTOS		A 2/3	INDICADA

CORTE A-A'



SE OBSERVÓ QUE EN LOS LUGARES DE ESTUDIO SE CUENTA CON TAPAS QUE CUENTAN CON UN RECUBRIMIENTO DE LOSA DE HORMIGÓN SIMPLE, EN MEDIO DE LA CARPETA ASFÁLTICA. ESTO NO AFECTA A LA FUNCIONALIDAD DE LA CAJA DE REGISTRO, DE HECHO ES FAVORECEDOR PARA LA TAPA, PERO PUEDE AFECTAR A LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

VISTA EN PLANTA DE TAPA CON RECUBRIMIENTO DE H.S.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA					
PROYECTO: REDISEÑO DE PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFÁLTICA EN GUAYAQUIL					
CONTENIDO: ACABADOS ADECUADOS PARA BORDE DE CARPETA ASFÁLTICA SOBRE TAPAS DE REGISTRO					
COORDINADOR DE MATERIA INGENIERÍA ESPECIALIZADA MSc. ANDRÉS VELASTEGUI	TUTOR DE CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS PHD. EDUARDO SANTOS	ESTUDIANTE PABLO CONFORME TORRES		FECHA DE ENTREGA 29/12/2023	
TUTOR DE ÁREA DE CONOCIMIENTO PHD. EDUARDO SANTOS		UNIDAD A.3.5	ESCALA INDICADA		

ANEXOS

Tabla A.1

APU: Limpieza del terreno y desalojo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	LIMPIEZA DEL TERRENO Y DESALOJO			UNIDAD:	m ²
RUBRO:	1.1.1	RENDIMIENTO 1			75 u/h
CÓDIGO:	10111	RENDIMIENTO 2			600 u/día
		RENDIMIENTO 3			0.0133 h/u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.01
				SUBTOTAL M	\$ 0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Peón	3	\$ 4.05	\$ 12.15	0.01	\$ 0.16
Inspector de obra	0.1	\$ 4.55	\$ 0.46	0.01	\$ 0.01
				SUBTOTAL N	\$ 0.17
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL O	\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 0.18
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.04
				COST TOTAL	\$ 0.21

Tabla A.2

APU: Replanteo y nivelación del terreno

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO			UNIDAD:	m ²
RUBRO:	1.1.2	RENDIMIENTO 1		25 u/h	
CÓDIGO:	10112	RENDIMIENTO 2		200 u/día	
		RENDIMIENTO 3		0.0400 h/u	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.03
Equipo de topografía	1	\$ 2.00	\$ 2.00	0.04	\$ 0.08
				SUBTOTAL M	\$ 0.11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Topógrafo	1	\$ 4.55	\$ 4.55	0.04	\$ 0.18
Cadenero	2	\$ 4.05	\$ 8.10	0.04	\$ 0.32
Inspector de obra	0.1	\$ 4.55	\$ 0.46	0.04	\$ 0.02
				SUBTOTAL N	\$ 0.52
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Tiras de laurel	u	0.06	\$ 0.60	\$	0.04
Clavos de 2.5"	kg	0.02	\$ 1.80	\$	0.04
				SUBTOTAL O	\$ 0.07
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 0.70
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.14
				COST TOTAL	\$ 0.84

Tabla A.3

APU: Riego de Imprimación

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	RIEGO DE IMPRIMACIÓN			UNIDAD:	m ²
RUBRO:	1.2.1	RENDIMIENTO 1		62.5	u/h
CÓDIGO:	10121	RENDIMIENTO 2		500	u/día
		RENDIMIENTO 3		0.0160	h/u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor	1	\$ 42.00	\$ 42.00	0.02	\$ 0.01
Carro de imprimación					\$ 0.67
				SUBTOTAL M	\$ 0.69
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Operador carro de imprimación	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.02	\$ 0.07
Albañil	1	\$ 4.10	\$ 4.10	0.02	\$ 0.07
Peón	2	\$ 4.05	\$ 8.10	0.02	\$ 0.13
Inspector de obra	0.1	\$ 4.55	\$ 0.46	0.02	\$ 0.01
				SUBTOTAL N	\$ 0.27
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Asfalto RC-250	gal	0.25	\$ 1.93	\$	0.48
Gasolina	gal	0.02	\$ 2.02	\$	0.04
				SUBTOTAL O	\$ 0.52
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 1.48
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.30
				COST TOTAL	\$ 1.78

Tabla A.4

APU: Transporte de mezcla asfáltica preparada en planta

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA PREPARADA EN PLANTA			UNIDAD:	m ³
RUBRO:	1.2.2	RENDIMIENTO 1			125 u/h
CÓDIGO:	10122	RENDIMIENTO 2			1000 u/día
		RENDIMIENTO 3			0.0080 h/u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor	1	\$ 28.00	\$ 28.00	0.01	\$ 0.00
Volqueta 8m3					\$ 0.22
SUBTOTAL M					\$ 0.23
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Chofer volqueta	2	\$ 4.05	\$ 8.10	0.01	\$ 0.06
SUBTOTAL N					\$ 0.06
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
SUBTOTAL O					\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
SUBTOTAL P					\$ -
COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 0.29
COSTOS INDIRECTOS					\$ 0.06
COST TOTAL					\$ 0.35

Tabla A.5

APU: Tendida de carpeta asfáltica 4"

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	Tendida de carpeta asfáltica 4" (incluye compactación)			UNIDAD:	m ²
RUBRO:	1.2.3	RENDIMIENTO 1			75 u/h
CÓDIGO:	10123	RENDIMIENTO 2			600 u/día
		RENDIMIENTO 3			0.0133 h/u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.03
Finisher	1	\$ 50.00	\$ 50.00	0.01	\$ 0.67
Compactador Rodillo asfáltico 150 hp 10.2 Ton	1	\$ 45.00	\$ 45.00	0.01	\$ 0.60
Comp. afític de neumáticos 80 hp 7.2 Ton	1	\$ 40.00	\$ 40.00	0.01	\$ 0.53
SUBTOTAL M					\$ 1.83
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Operador finisher	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.01	\$ 0.06
Operador compactador rodillo	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.01	\$ 0.06
Operador compactador neumáticos	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.01	\$ 0.06
Peón	6	\$ 4.05	\$ 24.30	0.01	\$ 0.32
Inspector de obra	0.1	\$ 4.55	\$ 0.46	0.01	\$ 0.01
SUBTOTAL N					\$ 0.50
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Mezcla asfáltica en caliente preparada en planta	m ³	0.11	\$ 80.00	\$ 8.80	
SUBTOTAL O					\$ 8.80
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
SUBTOTAL P					\$ -
COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 11.13
COSTOS INDIRECTOS					\$ 2.23
COST TOTAL					\$ 13.35

Tabla A.6

APU: Acabado en bordes sobre cunetas

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	ACABADO EN BORDES SOBRE CUNETAS			UNIDAD:	ml
RUBRO:	1.2.4	RENDIMIENTO 1		50	u/h
CÓDIGO:	10124	RENDIMIENTO 2		400	u/día
		RENDIMIENTO 3		0.0200	h/u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.01
				SUBTOTAL M	\$ 0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Peón	2	\$ 4.05	\$ 8.10	0.02	\$ 0.16
Inspector de obra	0.1	\$ 4.55	\$ 0.46	0.02	\$ 0.01
				SUBTOTAL N	\$ 0.17
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL O	\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 0.18
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.04
				COST TOTAL	\$ 0.22

Tabla A.7

APU: Acabado de bordes sobre tapas de revisión

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	ACABADO EN BORDES SOBRE TAPAS DE REVISIÓN			UNIDAD:	u
RUBRO:	1.2.5	RENDIMIENTO 1		2.5 u/h	
CÓDIGO:	10125	RENDIMIENTO 2		20 u/día	
		RENDIMIENTO 3		0.4000 h/u	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.17
				SUBTOTAL M	\$ 0.17
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Peón	1	\$ 4.05	\$ 4.05	0.40	\$ 1.62
Albañil	1	\$ 4.10	\$ 4.10	0.40	\$ 1.64
Inspector de obra	0.1	\$ 4.55	\$ 0.46	0.40	\$ 0.18
				SUBTOTAL N	\$ 3.44
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Cemento tipo 1	saco	0.05	\$ 8.00	\$ 0.40	
Arena homogenizada	m³	0.01	\$ 11.50	\$ 0.12	
Agua	m³	0.0015	\$ 0.95	\$ 0.00	
Ladrillo 5x10x20	u	10	\$ 0.10	\$ 1.00	
				SUBTOTAL O	\$ 1.52
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 5.13
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 1.03
				COST TOTAL	\$ 6.16

Tabla A.8

APU: Acabado en bordes sobre sumideros

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	ACABADO EN BORDES SOBRE SUMIDEROS			UNIDAD:	u
RUBRO:	1.2.6	RENDIMIENTO 1	10 u/h		
CÓDIGO:	10126	RENDIMIENTO 2	80 u/día		
		RENDIMIENTO 3	0.1000 h/u		
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.02
				SUBTOTAL M	\$ 0.02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Peón	1	\$ 4.05	\$ 4.05	0.10	\$ 0.41
Inspector de obra	0.1	\$ 4.55	\$ 0.46	0.10	\$ 0.05
				SUBTOTAL N	\$ 0.45
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL O	\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 0.47
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.09
				COST TOTAL	\$ 0.57

Tabla A.9

APU: Agua para control de polvo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	AGUA PARA CONTROL DE POLVO			UNIDAD:	m ³
RUBRO:	1.3.1	RENDIMIENTO 1		1.25 u/h	
CÓDIGO:	10131	RENDIMIENTO 2		10 u/día	
		RENDIMIENTO 3		0.8000 h/u	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.02
				SUBTOTAL M	\$ 0.02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Peón	0.1	\$ 4.05	\$ 0.41	0.80	\$ 0.32
Inspector de obra	0.01	\$ 4.55	\$ 0.05	0.80	\$ 0.04
				SUBTOTAL N	\$ 0.36
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Agua	m ³	1.1	\$ 0.95	\$ 1.05	
				SUBTOTAL O	\$ 1.05
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 1.42
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.28
				COST TOTAL	\$ 1.71

Tabla A.10

APU: Cinta plástica de seguridad

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	CINTA PLÁSTICA DE SEGURIDAD			UNIDAD:	u
RUBRO:	1.3.2	RENDIMIENTO 1		0.125 u/h	
CÓDIGO:	10132	RENDIMIENTO 2		1 u/día	
		RENDIMIENTO 3		8.0000 h/u	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ -
				SUBTOTAL M	\$ -
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
				SUBTOTAL N	\$ -
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Cinta plástica de seguridad (rollo)	u	1	\$ 0.95	\$ 0.95	
				SUBTOTAL O	\$ 0.95
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 0.95
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.19
				COST TOTAL	\$ 1.14

Tabla A.11

APU: Contenedor metálico para basura

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	CONTENEDOR METÁLICO PARA BASURA			UNIDAD:	u
RUBRO:	1.3.3	RENDIMIENTO 1	0.125 u/h		
CÓDIGO:	10133	RENDIMIENTO 2	1 u/día		
		RENDIMIENTO 3	8.0000 h/u		
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ -
				SUBTOTAL M	\$ -
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
				SUBTOTAL N	\$ -
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Contenedor metálico para basura	u	1	\$ 35.00	\$ 35.00	
				SUBTOTAL O	\$ 35.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				\$ 35.00	
COSTOS INDIRECTOS				\$ 7.00	
COST TOTAL				\$ 42.00	

Tabla A.12

APU: Cortes y remoción de carpeta asfáltica

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	CORTES Y REMOCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA(BACHES 5 M2)			UNIDAD:	ml
RUBRO:	2.2.1	RENDIMIENTO 1			2 u/h
CÓDIGO:	10221	RENDIMIENTO 2			16 u/día
		RENDIMIENTO 3			0.5000 h/u
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.42
Cortadora para juntas	2	\$ 5.00	\$ 10.00	0.50	\$ 5.00
Fresadora manual	1	\$ 10.00	\$ 10.00	0.50	\$ 5.00
				SUBTOTAL M	\$ 10.42
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Albañil	3	\$ 4.10	\$ 12.30	0.50	\$ 6.15
Maestro de albañilería	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.50	\$ 2.17
				SUBTOTAL N	\$ 8.32
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL O	\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 18.73
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 3.75
				COST TOTAL	\$ 22.48

Tabla A.13

APU: Puesta de carpeta asfáltica en bacheo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	PUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA EN BACHEO (INC. COMP.)			UNIDAD:	m ²
RUBRO:	2.2.4	RENDIMIENTO 1		18.75 u/h	
CÓDIGO:	10224	RENDIMIENTO 2		150 u/día	
		RENDIMIENTO 3		0.0533 h/u	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.13
Cargadora frontal	1	\$ 50.00	\$ 50.00	0.05	\$ 2.67
Compactador Rodillo asfáltico 150 hp 10.2 Ton	1	\$ 45.00	\$ 45.00	0.05	\$ 2.40
Comp. afiltc de neumáticos 80 hp 7.2 Ton	1	\$ 45.00	\$ 45.00	0.05	\$ 2.40
SUBTOTAL M					\$ 7.60
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Operador cargadora frontal	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.05	\$ 0.23
Operador compactador rodillo	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.05	\$ 0.23
Operador compactador neumáticos	1	\$ 4.33	\$ 4.33	0.05	\$ 0.23
Peón	8	\$ 4.05	\$ 32.40	0.05	\$ 1.73
Maestro de obra	1	\$ 4.55	\$ 4.55	0.05	\$ 0.24
SUBTOTAL N					\$ 2.66
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Mezcla asfáltica en caliente preparada en planta	m ³	0.11	\$ 80.00	\$ 8.80	
SUBTOTAL O					\$ 8.80
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
SUBTOTAL P					\$ -
COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 19.06
COSTOS INDIRECTOS					\$ 3.81
COST TOTAL					\$ 22.88

Tabla A.14

APU: Sellado de fisuras (incluye material y mano de obra)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DETALLE:	SELLADO DE FISURAS (INCLUYE MATERIAL Y MANO DE OBRA)			UNIDAD:	m ²
RUBRO:	3.2.1	RENDIMIENTO 1		12.5 u/h	
CÓDIGO:	10321	RENDIMIENTO 2		100 u/día	
		RENDIMIENTO 3		0.0800 h/u	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta menor					\$ 0.08
Máquina para sellar fisuras	1	\$ 50.00	\$ 50.00	0.08	\$ 4.00
				SUBTOTAL M	\$ 4.08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Albañil	2	\$ 4.10	\$ 8.20	0.08	\$ 0.66
				SUBTOTAL N	\$ 0.66
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
Mezcla asfáltica en caliente preparada en planta	m ³	0.001	\$ 80.00	\$ 0.08	
Capa de arena homogenizada (0-5mm)	m ³	0.001	\$ 11.00	\$ 0.01	
				SUBTOTAL O	\$ 0.09
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO P	COSTO D = C x R	
				SUBTOTAL P	\$ -
				COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	\$ 4.78
				COSTOS INDIRECTOS	\$ 0.96
				COST TOTAL	\$ 5.74