

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería de Ciencias de la Tierra

“Rediseño del pavimento flexible en las calles de la Urbanización Caminos del Olimpo de la parroquia Chongón en la ciudad de Guayaquil”

INGE-2500

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Nombre de la titulación

Ingeniero Civil

Presentado por:

Daniela Dayanara Argüello Canales

José Miguel Meza Macías

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedicamos a la institución y a los profesores que nos guiaron durante nuestra formación profesional, con valores, ética y conocimientos. De igual manera a la Administración por permitirnos realizar este proyecto integrador, ofreciendo su apoyo a las necesidades en el desarrollo de la investigación.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mi Dios, que me permitió salir adelante con los proyectos que he realizado; a mi familia que me ha brindado su apoyo, con mucho sacrificio y ahínco, de manera incondicional con amor y cariño en este largo proceso de estudio. A mi compañera de tesis por ser mi apoyo durante este proyecto. Finalmente, pero no menos importante, a mi tutor de tesis por brindarme sus conocimientos, apoyo a seguir adelante y guiarme a lo largo de la carrera.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han estado a mi lado en cada paso de esta carrera brindándome su apoyo incondicional y motivación. A mi compañero de tesis que fue un pilar fundamental durante este proceso y con su apoyo superamos cada desafío. A mi tutor de tesis, gracias por su guía constante y por orientarnos en cada etapa de este proyecto. Finalmente quiero dedicar un especial agradecimiento a la memoria de Quiara, quien me acompañó fielmente en tantas noches de estudio y trabajo.

Declaración Expresa

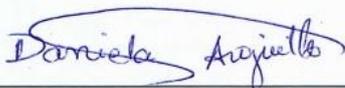
Nosotros José Miguel Meza Macias y Daniela Dayanara Arguello Canales acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 23 de mayo del 2024.



Daniela Dayanara Argüello Canales



José Miguel Meza Macías

Evaluadores



Firmado electrónicamente por:
INGRID TATIANA ORTA
ZAMBRANO

MSc. Ingrid Tatiana Orta Zambrano

Profesor de Materia



Firmado electrónicamente por:
EDUARDO ALBERTO
SANTOS BAQUERIZO

PhD. Eduardo Alberto Santos Baquerizo

Tutor de proyecto

Resumen

En las distintas urbanizaciones ubicadas en Chongón, provincia del Guayas, se presentan daños en la estructura de pavimento, debido al uso indebido, mal sistema de drenaje y la estructura deficiente en el sector. El objetivo del proyecto es realizar un rediseño de la estructura existente identificando las causas de los distintos problemas, mediante inspecciones visuales y ensayos de laboratorio, mejorando la seguridad, estabilidad y confort. Se utilizaron métodos de diseño, que aseguran la optimización de recursos, reducción de la huella ambiental y del costo del proyecto, además se consideraron los impactos ambientales generados por el proyecto y planes de mitigación para disminuir el impacto ambiental. Los resultados mostraron que la estructura existente no corresponde a un pavimento flexible, debido a que su diseño no consta de los requisitos mínimos necesarios dictados en las normativas nacionales e internacionales. Se concluye que se debe realizar la demolición de la estructura existente junto con los bordillos cuneta y sumideros dañados para posteriormente construir una estructura nueva que respete las normas y asegure el bienestar de los residentes.

Palabras Clave: *Optimización de recursos, daños, diseño deficiente, drenaje.*

Abstract

In the different urbanizations located in Chongon, province of Guayas, there is damage to the pavement structure, due to improper use, poor drainage system and deficient structure in the sector. The objective of the project is to redesign the existing structure by identifying the causes of the different problems, through visual inspections and laboratory tests, improving safety, stability and comfort. Design methods were used, which ensure the optimization of resources, reduction of the environmental footprint and the cost of the project, in addition to considering the environmental impacts generated by the project and mitigation plans to reduce the environmental impact. The results showed that the existing structure does not correspond to a flexible pavement, because its design does not consist of the minimum necessary requirements dictated in national and international regulations. It is concluded that the demolition of the existing structure must be carried out along with the damaged curbs, gutters and drains to later build a new structure that respects the standards and ensures the well-being of the residents.

Keywords: *Optimization of resources, damage, poor design, drainage.*

Índice general

Resumen	VI
Abstract	VII
Índice general	VIII
Abreviaturas	XI
Simbología	XII
Índice de figuras	XIII
Índice de tablas.....	XV
ÍNDICE DE PLANOS	XVIII
Capítulo 1	I
1. Introducción	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	3
1.3 Justificación del Problema.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
Capítulo 2	5
2. MATERIALES Y MÉTODOS	6
2.1 Revisión de literatura.....	6
2.1.1 Pavimentos Flexibles.....	6
2.1.2 Daño y Mantenimiento en Pavimentos	7
2.1.3 Análisis y Diseño	8
2.1.4 Ensayos de Mecánica de Suelo	9
2.2 Área de estudio	10
2.3 Trabajo de campo y laboratorio.....	17

2.3.1	Topografía	17
2.3.2	Toma de muestras.....	36
2.3.3	Granulometría.....	40
2.3.4	Límites de Atterberg.....	40
2.3.5	Proctor modificado	40
2.3.6	CBR “California Bearing Ratio”	41
2.4	Análisis de datos	62
2.5	Análisis de alternativas	70
2.5.1	Alternativa A	70
2.5.2	Alternativa B	70
2.5.3	Alternativa C	70
2.6	Selección de la mejor alternativa.....	72
Capítulo 3	.....	74
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	75
3.1	Diseños	75
3.2	Especificaciones Técnicas	102
Capítulo 4	.....	125
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	126
4.1	Descripción del proyecto	126
4.2	Línea base ambiental	127
4.3	Actividades del proyecto	129
4.4	Identificación de impactos ambientales.....	131
4.5	Valoración de impactos ambientales	132
4.6	Medidas de prevención/mitigación.....	134
Capítulo 5	.....	1
5.	PRESUPUESTO	133

5.1	Estructura Desglosada de Trabajo	133
5.2	Rubros y análisis de precios unitarios (fusión).....	134
5.3	Descripción de cantidades de obra (Revisar)	135
5.4	Valoración integral del costo del proyecto	138
5.5	Cronograma de obra	139
Capítulo 6	.....	141
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	142
6.1 Conclusiones	.....	142
6.2 Recomendaciones	.....	143
Referencia	.....	145
PLANOS Y ANEXOS	.....	147
PLANOS	.....	148
ANEXOS	.....	149

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ASTM American Society for Testing and Materials

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible

AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials

MTOP Ministerio de Transporte y Obras Públicas

MOP Ministerio de Obras Públicas

Simbología

mm	Milímetro
mg	Miligramo
m	Metro
cm ³	Centímetro Cúbico
g	Gramo

Índice de figuras

Figura 2.1 <i>Carta topográfica 1:25,000 “Provincia del Guayas, Chongón, Ecuador”</i>	11
Figura 2.2 <i>Foto Satelital de Etapa 2 “Urbanización Caminos del Olimpo”</i>	13
Figura 2.3 <i>Plano Urbanístico del Sector</i>	15
Figura 2.4 <i>Topografía del sector</i>	16
Figura 2.5 <i>Calibración de Equipo</i>	18
Figura 2.6 <i>Etapas</i>	19
Figura 2.7 <i>Etapa 1</i>	21
Figura 2.8 <i>Zona 1 de daño</i>	22
Figura 2.9 <i>Zona 2 de daño</i>	23
Figura 2.10 <i>Zona 3 de daño</i>	23
Figura 2.11 <i>Zona 4 de daño</i>	24
Figura 2.12 <i>Zona 5 de daño</i>	25
Figura 2.13 <i>Zona 6 de daño</i>	26
Figura 2.14 <i>Zona 7 de daño</i>	27
Figura 2.15 <i>Zona 8 de daño</i>	28
Figura 2.16 <i>Etapa 2</i>	29
Figura 2.17 <i>Zona 1 de daño</i>	30
Figura 2.18 <i>Zona 2 de daño</i>	31
Figura 2.19 <i>Etapa 3</i>	32
Figura 2.20 <i>Zona 1 de daño</i>	33
Figura 2.21 <i>Etapa 4</i>	34
Figura 2.22 <i>Zona 1 de daño</i>	35
Figura 2.23 <i>Zona 2 de daño</i>	35
Figura 2.24 <i>Ubicación de calicatas</i>	37
Figura 2.25 <i>Estratos de suelos en calicata 1</i>	38
Figura 2.26 <i>Estratos de suelo en calicata 2</i>	39

Figura 2.27 Curva de distribución granulométrica Calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad	43
Figura 2.28 Curva de distribución granulométrica Calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad	45
Figura 2.29 Límite líquido Calicata 1 capa 1	46
Figura 2.30 Límite líquido Calicata 1 capa 2	47
Figura 2.31 Curva de compactación de la calicata 1 muestra 1.....	49
Figura 2.32 Curva de compactación de la calicata 1 muestra 2.....	51
Figura 2.33 Grafica de carga vs penetración de la calicata 1 capa 2.....	51
Figura 2.34 Curva de distribución granulométrica Calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad	53
Figura 2.35 Curva de distribución granulométrica Calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad	54
Figura 2.36 Límite líquido calicata 2 capa 1	55
Figura 2.37 Límite líquido Calicata 2 capa 2	56
Figura 2.38 Curva de compactación de la calicata 2 muestra 1.....	58
Figura 2.39 Curva de compactación de la calicata 2 muestra 2.....	60
Figura 2.40 Grafica de carga vs penetración calicata 2 capa 2.....	62
Figura 2.41 Calicata 1 ubicada en calle 7ma	65
Figura 2.42 Calicata 1 culminada por presencia de tubería	66
Figura 2.43 Calicata 2 ubicada en Av. Ira	67
Figura 3.1 Valores de Desviación Estándar (ZR) correspondientes a los niveles de confiabilidad seleccionados.	90
Figura 3.2 Ejes vehículo 2DA.....	95
Figura 3.3: Número estructural subrasante	96
Figura 3.6: Determinación de espesores de las capas de pavimento.....	98

Índice de tablas

Tabla 2.1: <i>Ensayo de granulometría de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	42
Tabla 2.2 <i>Ensayo de granulometría de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	44
Tabla 2.3 <i>Determinación del límite líquido de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	45
Tabla 2.4 <i>Determinación del límite plástico de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	46
Tabla 2.5 <i>Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	46
Tabla 2.6 <i>Determinación del límite líquido de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	47
Tabla 2.7 <i>Determinación del límite plástico de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	47
Tabla 2.8 <i>Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	48
Tabla 2.9 <i>Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 1 muestra 1</i>	48
Tabla 2.10 <i>Determinación del contenido de humedad de la calicata 1 muestra 1</i>	48
Tabla 2.11 <i>Compactación de la muestra de la calicata 1 muestra 1</i>	49
Tabla 2.12 <i>Compactación de calicata 1 muestra 1</i>	49
Tabla 2.13 <i>Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 1 muestra 2</i>	50
Tabla 2.14 <i>Determinación del contenido de humedad de la calicata 1 muestra 2</i>	50
Tabla 2.15 <i>Compactación de la muestra de la calicata 1 muestra 2</i>	50
Tabla 2.16 <i>Compactación de la calicata 1 muestra 2</i>	51
Tabla 2.17 <i>Ensayo de granulometría de la calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	52

Tabla 2.18 <i>Ensayo de granulometría de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	53
Tabla 2.19 <i>Determinación del límite líquido de la calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	54
Tabla 2.20 <i>Determinación del límite plástico de la calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	54
Tabla 2.21 <i>Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad</i>	55
Tabla 2.22 <i>Determinación del límite líquido de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	55
Tabla 2.23 <i>Determinación del límite plástico de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	56
Tabla 2.24 <i>Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad</i>	56
Tabla 2.25 <i>Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 2 muestra 1</i>	57
Tabla 2.26 <i>Determinación del contenido de humedad de la calicata 2 muestra 1</i>	57
Tabla 2.27 <i>Compactación de la muestra de la calicata 2 muestra 1</i>	57
Tabla 2.28 <i>Compactación de la calicata 2 muestra 1</i>	58
Tabla 2.29 <i>Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 2 muestra 2</i>	58
Tabla 2.30 <i>Determinación del contenido de humedad de la calicata 2 muestra 2</i>	59
Tabla 2.31 <i>Compactación de la muestra de la calicata 2 muestra 2</i>	59
Tabla 2.32 <i>Compactación de la calicata 2 muestra 2</i>	60
Tabla 2.33 <i>CBR de la Calicata 2 Capa2</i>	60
Tabla 2.34 <i>Daños localizados en las etapas 1, 2, 3 y 4</i>	62
Tabla 2.35 <i>Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 1</i>	63
Tabla 2.36 <i>Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 2</i>	64
Tabla 2.37 <i>Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 3</i>	64
Tabla 2.38 <i>Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 4</i>	65

Tabla 2.39	<i>Resultados de los ensayos de la calicata 1 muestra 1</i>	68
Tabla 2.40	<i>Resultados de los ensayos de la calicata 1 muestra 2</i>	68
Tabla 2.41	<i>Resultados de los ensayos de la calicata 2 muestra 1</i>	69
Tabla 2.42	<i>Resultados de los ensayos de la calicata 2 muestra 2</i>	69
Tabla 2.43	<i>Descripción de propiedades de las alternativas</i>	71
Tabla 2.44	<i>Valoración de propiedades en escala de 1 a 5</i>	72
Tabla 2.45	<i>Calificación de alternativas</i>	72
Tabla 3.1	<i>Conteo de zonas daños para diseño</i>	75
Tabla 3.2	<i>Conteo de daños en etapas</i>	75
Tabla 3.3	<i>Descripción de los daños de la etapa 1</i>	76
Tabla 3.4	<i>Descripción de los daños de la etapa 2</i>	77
Tabla 3.5	<i>Descripción de los daños de la etapa 3</i>	77
Tabla 3.6	<i>Descripción de los daños de la etapa 4</i>	78
Tabla 3.7	<i>Desviación Estándar (So)</i>	91
Tabla 3.8	<i>Niveles de Serviciabilidad</i>	92
Tabla 3.9:	<i>Espesores mínimos recomendados para diseño de espesores de capas</i>	98
Tabla 3.10	<i>Resultados de la verificación AAHTO 93 diseño modificado</i>	99
Tabla 3.11	<i>Espesores de diseño calculados</i>	101
Tabla 3.12	<i>Listado de actividades del proceso constructivo</i>	102
Tabla 3.13	<i>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices</i>	113
Tabla 4.1	<i>Actividades del proyecto</i>	130
Tabla 4.2	<i>Actividades del proyecto</i>	131
Tabla 4.3	<i>Matriz de Leopold</i>	133
Tabla 4.4	<i>Resultados Impacto/Importancia</i>	133
Tabla 5.1	<i>Rubros de proyecto con su respectivo precio unitario</i>	134
Tabla 5.2	<i>Presupuesto del proyecto</i>	137
Tabla 5.3	<i>Cronograma de obra</i>	140
Tabla A 1	<i>APU:Corte y remoción de carpeta asfáltica</i>	149

Tabla A 2	<i>APU: Desalojo de material asfáltico</i>	151
Tabla A 3	<i>APU: Replanteo y nivelación</i>	152
Tabla A 4	<i>APU: Excavación y desalojo a maquina</i>	153
Tabla A 5	<i>APU: Relleno con material de préstamo importado</i>	154
Tabla A 6	<i>APU: Subbase clase 1</i>	155
Tabla A 7	<i>APU: Base clase 1</i>	156
Tabla A 8	<i>APU: Riego de imprimación</i>	157
Tabla A 9	<i>APU: Capa de rodadura/H. Asfáltico E=7.5cm</i>	158
Tabla A 10	<i>APU: Construcción de bordillos cuneta</i>	160
Tabla A 11	<i>Construcción de sumidero</i>	161
Tabla A 12	<i>APU: Cinta plástica de seguridad</i>	163
Tabla A 13	<i>APU: Agua para control de polvo</i>	164
Tabla A 14	<i>APU: Contenedor metálico de basura</i>	165

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Plano de Rediseño de pavimento flexible	149
---------	---	-----

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

La construcción y mantenimiento de pavimentos flexibles es una de las actividades de la ingeniería vial que desempeña un papel fundamental en el desarrollo tanto urbano como rural del país. Los pavimentos flexibles se componen por una capa asfáltica elaborada a partir de una mezcla bituminosa caliente que se coloca sobre una capa de base y subbase. El pavimento flexible es conocido por transmitir la mayor parte del esfuerzo al suelo y también porque se tiene un mayor confort al circular. Con el tiempo este puede llegar a presentar deformaciones permanentes, agrietamientos, fisuras y, en muchas ocasiones, el desprendimiento de áridos también conocidos como baches.

Los avances en la tecnología moderna como el uso de materiales reciclables o asfalto modificado han mostrado una mejora en el rendimiento y durabilidad de estos pavimentos tomando especial importancia a la calidad de los materiales y a las técnicas constructivas. Este tipo de pavimentos destaca por tener un mejor rendimiento de construcción, fácil instalación, menor interrupción del tráfico, además de un costo inicial más bajo.

Este proyecto integrador tiene como objetivo mejorar el estado del pavimento flexible y su servicio que se ve afectado en la urbanización “Caminos del Olimpo” generando malestar a sus habitantes tales como daños significativos a los vehículos que se dan por las imperfecciones en la superficie de rodadura y la acumulación de aguas lluvias en la calle, aumentando la calidad de vida de los residentes y contribuir al desarrollo sostenible.

1.1 Antecedentes

Los pavimentos flexibles están compuestos por capas de subbase, base y carpeta asfáltica, son importantes para soportar cargas de tráfico y adaptarse a las formas del terreno. A lo largo de los

años, han evolucionado con avances de mezclas asfálticas y tecnologías de construcción, mejorando su durabilidad y eficiencia. Sin embargo, problemas como la fatiga, fisuración térmica, deformaciones permanentes, calidad de materiales y filtraciones de agua siguen afectando su rendimiento.

El asentamiento del suelo, causado por la consolidación de la subrasante, puede provocar hundimientos y grietas en el pavimento, afectando su estabilidad, seguridad y confort. Este estudio se centra en rediseñar el pavimento existente, integrando nuevas tecnologías para enfrentar los desafíos actuales como las condiciones específicas del clima, aumento de tráfico y problemas de asentamientos, para mejorar su desempeño y reducir costos de mantenimiento.

1.2 Descripción del Problema

En la segunda etapa de la urbanización Caminos del Olimpo, situada al oeste de Guayaquil en la parroquia Chongón, se ha observado la presencia alarmante de asentamientos, agrietamientos y fisuraciones en las calles. Estos problemas son evidentes a simple vista, como la rotura de la carpeta asfáltica, fisuras que se extienden a lo largo de la superficie y grietas que comprometen la integridad estructural del pavimento. Esto tiene como resultado el hundimiento significativo en varias secciones de calle, mientras que en otras se han levantado aceras y los bordillos cunetas, provocados por la acumulación excesiva de aguas lluvias.

La acumulación de agua pluvial ha empeorado la situación, causando molestias e incomodidades para los residentes del sector. La falta de un drenaje efectivo agrava aún más el problema, ya que el agua estancada erosiona el suelo subyacente y contribuye a un mayor deterioro de las calles. Esta situación no solo afecta a la funcionalidad, sino que también representa un riesgo para la seguridad de los peatones y conductores, especialmente en épocas de lluvia intensa.

1.3 Justificación del Problema

Los asentamientos y agrietamiento de las calles de la urbanización generan daños a las estructuras aledañas, tales como las aceras, postes y cerramientos, además de la acumulación de aguas lluvias en algunas calles de la etapa, causando malestar y costos adicionales a los habitantes del sector por los tratamientos médicos, reparación de vehículos y daños en sus viviendas.

La magnitud de los daños sugiere que se requiere una evaluación exhaustiva de la infraestructura existente, junto con medidas correctivas adecuadas para abordar los problemas de manera integral y desarrollar un rediseño del pavimento eficiente, que asegure estabilidad, seguridad y confort.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la estructura del pavimento existente y sus daños, mediante ensayos de laboratorio de suelo y materiales según las normas de pavimentos flexibles, mejorando la durabilidad, seguridad y eficiencia. Además de un presupuesto, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar de manera integral el diseño del pavimento flexible existente, aplicando los lineamientos de la normativa vigente.
2. Desarrollar un diseño que sea sustentable y que cumpla con estándares nacionales e internacionales, a partir de las necesidades de los habitantes.
3. Elaborar los documentos técnicos de la solución y el presupuesto que mejore la calidad de vida de los habitantes.

Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Pavimentos Flexibles

El pavimento flexible se compone por subbase, base y la capa de rodadura; esta se encarga de producir una superficie uniforme que resista el tráfico y las condiciones climáticas, como también transmitir el esfuerzo de la carga vehicular por medio de la distribución de tensiones. Las características fundamentales que el pavimento flexible debe cumplir son resistencia estructural, capacidad de deformación, durabilidad y confort. (Oviedo, 2007)

La función de la subbase es brindar un apoyo uniforme y permanente al pavimento distribuyendo las cargas de tráfico, controlando los cambios de volumen y elasticidad que puedan dañar la superficie, se coloca entre la capa de base y la subrasante como material de transición, es esencial para garantizar la durabilidad y rendimiento del pavimento flexible. (Gomez, 2014)

La base es la capa que se encuentra por debajo de la carpeta asfáltica, esta capa distribuye la mayor parte de los esfuerzos verticales a la subbase y su resistencia a la deformación a las solicitaciones repetidas de tráfico vehicular, corresponde a la intensidad del tránsito pesado; para esfuerzos causados por tránsito ligero y medio generalmente se emplean bases granulares. (M. Zambrano & Tejeda, 2019)

La capa de rodadura que se coloca sobre la base contribuye resistencia a la abrasión y al deslizamiento, de igual manera genera comodidad y seguridad al tránsito vehicular, además tiene como función proteger la estructura del pavimento al impermeabilizarla de la filtración de agua y prevenir la desintegración de las capas inferiores debido al tráfico vehicular, es necesario seleccionar los materiales y las técnicas de construcción adecuadas para garantizar durabilidad y el rendimiento del pavimento. (Ipiates, 2019)

2.1.2 Daño y Mantenimiento en Pavimentos

La deteriorización de los pavimentos puede verse reflejado a corto o largo plazo y las principales causas son los errores en el cálculo estructural, la exposición a los cambios climáticos o las deficiencias en la dosificación del cemento asfáltico.

Las manifestaciones que ocurren con mayor frecuencia son las fisuras las cuales aparecen cuando las tensiones exceden su capacidad de resistencia generadas en el pavimento ya sea por retracciones térmicas o hidráulicas. (Miranda, 2010)

(Costa, 2019) El tráfico influye en el desgaste estructural de las capas inferiores debido a la acumulación de tensiones de tracción menores que la tensión última de rotura, estas se presentan visualmente en la superficie como fisuras interconectadas como una malla también conocida como piel de cocodrilo que muestra el estado del deterioro del asfalto.

Zumrawi (2015) sugiere que en el pavimento el agua desempeña un papel importante al reducir la vida útil y aumentar la necesidad de medidas de rehabilitación. Las grietas permiten que la humedad penetre en el pavimento, acelerando su degradación y convirtiéndose en el principal problema. Esto conduce al deterioro gradual de la estructura del pavimento en las áreas cercanas a las grietas. El origen de las grietas varía en forma, composición, capacidad de carga, movimiento y tasa de deformación.

El mantenimiento de los pavimentos flexibles es fundamental para garantizar el buen estado de las calles, su durabilidad y la seguridad de los usuarios. Existen diferentes metodologías de mantenimiento los cuales son clasificados en mantenimientos preventivos, correctivos y reconstructivos.

El mantenimiento preventivo realizado para demorar el deterioro del pavimento tiene diferentes técnicas como el sellado de fisuras que consiste en rellenarlas con materiales selladores y de esta

manera se evita la infiltración del agua y otros materiales que puedan dañar la estructura del pavimento. (Mohamed Y, 2005)

El slurry seal es una técnica preventiva donde se aplica una delgada capa de la mezcla asfáltica, la mezcla se compone por agregados finos, aditivos y emulsión asfáltica. Esta técnica ayuda a mejorar la textura superficial, sella pequeñas fisuras y porosidades además de aumentar la resistencia al deslizamiento. (Asphalt Institute, 2001)

El mantenimiento correctivo es usado para reparar daños localizados, entre sus técnicas se encuentra el bacheo que consiste en remover el material dañado y colocar una mezcla asfáltica nueva, es una solución rápida ante baches y desniveles.(Huang, 2004)

El recapado asfáltico es otra técnica correctiva que implica aplicar una capa de asfalto nueva sobre una existente lo que ayuda a mejorar la capacidad estructural y la superficie.

La rehabilitación del pavimento ya sea con la técnica de reciclaje in situ que utiliza los materiales reciclados del pavimento en sitio y se los mezcla con nuevos agregados y aglutinantes o con la técnica de reciclado en caliente que remueve, recicla y calienta el pavimento existente y se mezcla con nuevo material antes de volver a usarlo. Este tipo de mantenimiento ayuda a reducir los costos y minimiza el impacto ambiental. (Asphalt Recycling & Reclaiming Association (ARRA), 2010)

2.1.3 Análisis y Diseño

Sorum et al. (2007) realizaron un estudio sobre el diseño del pavimento, el proceso de desarrollar la combinación más económica de capas de pavimento se ocupa principalmente del diseño de mezclas de materiales y del espesor de las distintas capas de pavimentación. El diseño del pavimento consta principalmente de dos partes:

(I) Diseño de materiales de mezcla, a utilizarse en cada capa compuesta del pavimento; (II) Diseño de la estructura del pavimento, diseño del espesor y tipo de diferentes capas componentes. Los

principales factores que considerar durante el diseño del pavimento son: clima, geometría de la carretera, tráfico, suelo y drenaje.

El método empírico para diseño de pavimentos se basa en datos históricos y pruebas de pavimentos existentes, un claro ejemplo es el método AASHTO 1993 que usa una formula empírica y relaciona diferentes factores como las propiedades del suelo, el clima y el tráfico para determinar el espesor de la capa del pavimento. Huang (1993)

El método mecanístico-empírico (MEPDG) toma los datos empíricos y los principios de mecánica y los combina para predecir como se va a comportar el pavimento sujeto a las diversas condiciones de carga y cambios climáticos. (ARA, 2004)

El método del instituto del asfalto se basa en la acumulación de deformaciones y la teoría de elasticidad, este método se ayuda de gráficos y tablas para determinar el espesor de la capa.(Asphalt Institute, 1999)

Alaamri et al. (2017) establecen que, para determinar la mejor opción de mantenimiento, es necesario considerar una variedad de alternativas posibles que puedan surgir a partir de un examen inicial de las condiciones. Estas alternativas podrían estar sujetas a un examen más detallado de factores económicos, de diseño y de estrés.

2.1.4 Ensayos de Mecánica de Suelo

Pantoja, G, (2019) indica que el ensayo California Bearing Ratio también conocido como CBR que se define como la relación entre la carga unitaria requerida en el suelo ensayado y la carga unitaria requerida en un material estándar tiene como propósito estimar la resistencia del suelo bajo las ruedas, en otras palabras, la capacidad que tiene de soportar las cargas móviles que van a transitar sobre la estructura de la calle.

(Gutiérrez Rodríguez, 2023) el análisis granulométrico es un análisis físico capaz de determinar la textura del suelo o material granular, este análisis representa una gran importancia en el campo de

la ingeniería civil, esto se debe a que influye en las propiedades físicas y mecánicas de los agregados usados para la construcción, el ensayo granulométrico se realiza por medio de métodos como el tamizado y sedimentación y de esta manera proporciona información de relevancia para el diseño final y la evaluación de los materiales.

La relación entre la humedad y densidad seca en el suelo es determinada por el procedimiento del ensayo de compactación Proctor, este ensayo es fundamental para la construcción de pavimentos porque permite encontrar el contenido de humedad óptimo en la que el suelo va a alcanzar su densidad máxima, las variaciones del ensayo de Proctor son el estándar (AASHTO T99) el cual hace uso de una energía de compactación estándar y el ensayo de Proctor modificado (AASHTO T180) que usa una energía de compactación mayor para suelos que requieren más densidad.(AASHTO T180-01, 2010)

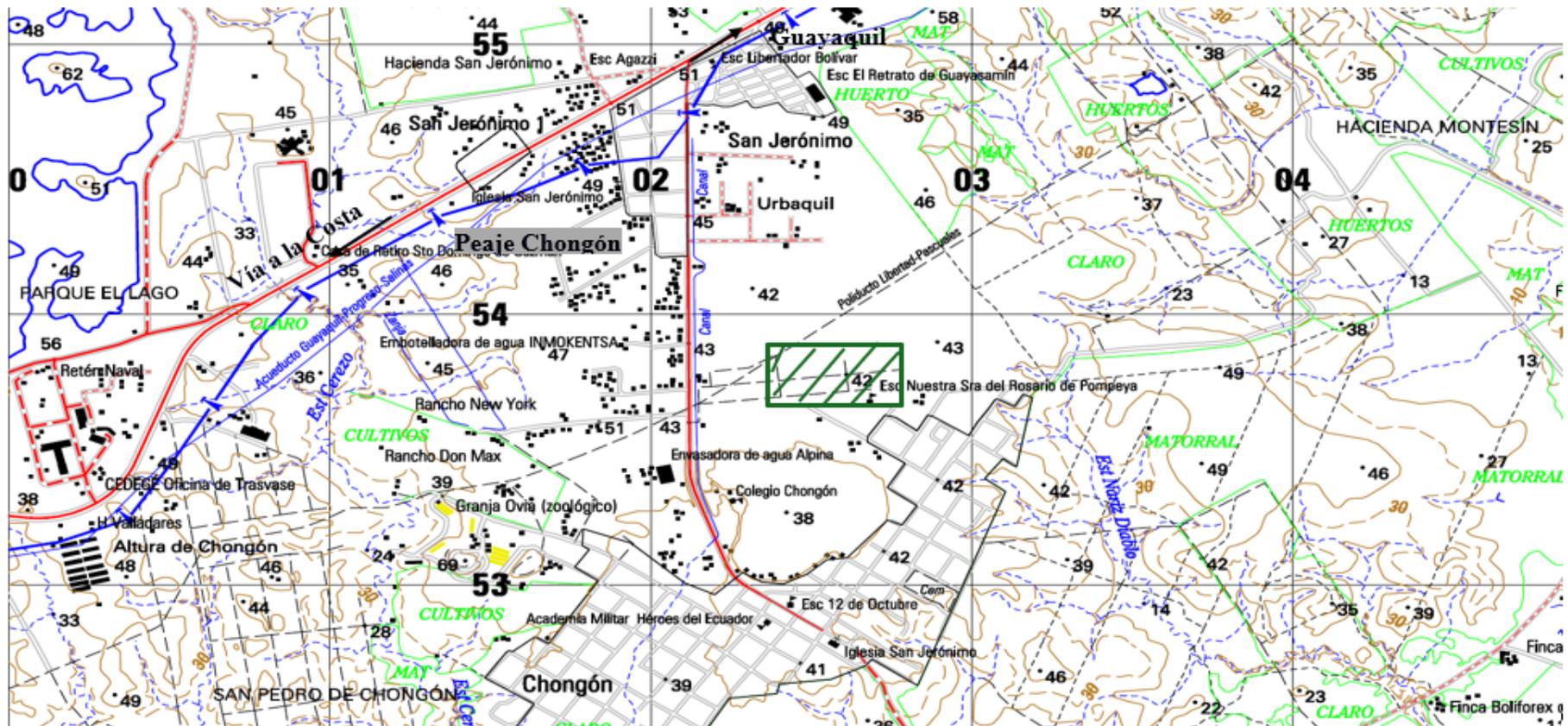
Los límites de Atterberg comprenden los parámetros de los límites líquido (LL) y límite plástico (LP) esenciales para caracterizar las propiedades físicas del suelo como son la plasticidad, la consistencia y la cohesión del suelo lo que afecta al comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad. (Proust et al., 2004)

2.2 Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la parroquia Chongón al oeste ciudad de Guayaquil, esta zona ha experimentado un rápido crecimiento en su casco urbano, debido a los distintos proyectos inmobiliarios existentes en el sector. El aumento de tráfico, población y la presencia de maquinaria pesada en el sector, junto al drenaje de aguas lluvias y por la falta de mantenimiento han sido los principales motivos de los asentamientos y daños en las estructuras del sector (Figura 2.1).

Figura 2.1

Carta topográfica 1:25,000 “Provincia del Guayas, Chongón, Ecuador”



Fuente. Instituto Geográfico Militar

En la urbanización Ciudad Olimpo, específicamente en la etapa 2, llamada “Caminos del Olimpo” con coordenadas (Figura 2.2):

Punto X, Y

P1 602792.476, 9753852.368

P2 603106.478, 9753891.026

P3 603131.907, 9753905.331

P4 603239.301, 9753747.319

P5 602763.964, 9753697.856

P6 602749.755, 9753810.087

P7 602789.204, 9753823.467

Se ha comprobado la existencia de daños en viviendas, aceras, bordillos y calles. El daño se puede observar con mayor claridad en la época lluviosa, y por la falta de bombeo en las calles se genera el estancamiento de agua, debido a la presencia de grietas, hundimientos y el levantamiento de una fracción de bordillo cuneta en ciertas calles.

Figura 2.2

Foto Satelital de Etapa 2 "Urbanización Caminos del Olimpo"



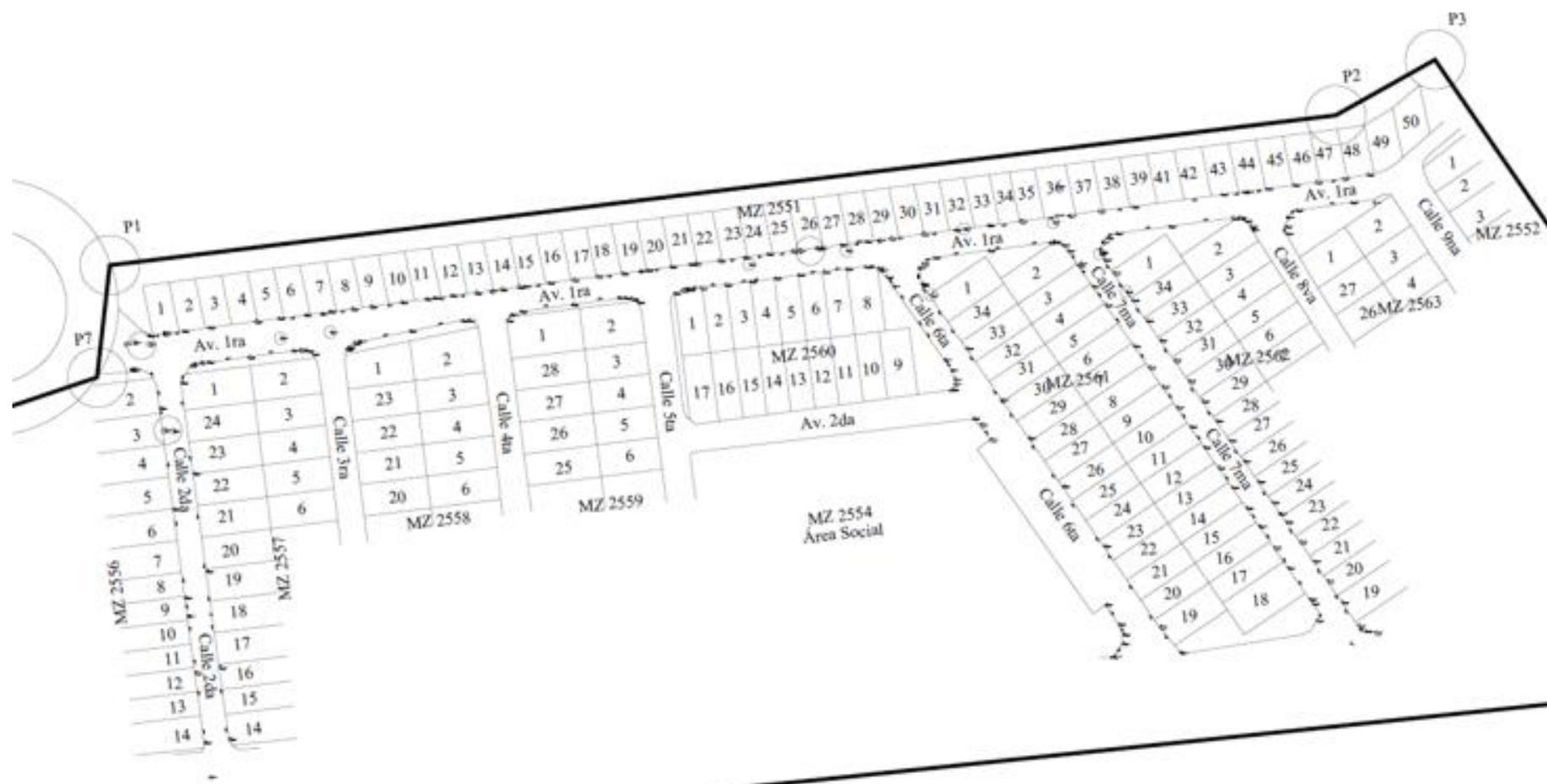
Una vez presentada la foto satelital de la urbanización afectada, se tiene que delimitar el área en el cual se presenten daños representativos del sector, por lo cual, se consideran las zonas con mayor tráfico a lo largo del día y las calles con presencia de asentamientos, debido a esto se considera el plano urbanístico del sector (Figura 2.3).

Con la ayuda de los habitantes del sector, se recopiló que históricamente la mayor parte de daños en calles y estructuras aledañas se encuentran en la calle principal de la urbanización, descrita como Av. 1era, que comprende la manzana 2551, en la cual se han generado daños con hundimientos, desgaste y rotura de la carpeta asfáltica, y daño a tuberías subterráneas. Mientras que la acumulación excesiva de aguas lluvias se encuentra en calle 7ma, donde se puede observar claramente el levantamiento del bordillo cuneta, ocasionando que el sumidero que se encuentra en la esquina no recolecta el agua lluvias (Figura 2.4).

Figura 2.3

Plano Urbanístico del Sector*Fuente. AMBIENSA*

Figura 2.4

Topografía del sector

Dentro de la topografía del sector se tomó en cuenta el detalle de las áreas afectadas, las cuales, fueron subdivididas en etapas de daño. La topografía se realizó enfocándose en las zonas con la mayor presencia de daños, permitiendo una visualización clara y precisa del grado de afectación en cada área, esto se desarrolló con el propósito de identificar las intervenciones necesarias en el sector.

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1 Topografía

El objetivo de esta práctica es determinar las coordenadas horizontales tales como latitud y longitud además de su posición vertical, es decir altitud. Al elegir una serie de puntos en nuestra área de estudio estos se medirán con relación a sus coordenadas en (x, y, z) y se producirán las líneas de contorno mostrando el terreno.

Las herramientas utilizadas fueron:

- Estación total SOUTH N40
- Trípode
- Navegador GPS
- Prisma
- Bastón
- Bípode

Tomando en cuenta que el cliente no poseía planos del proyecto de las calles de la urbanización se decidió realizar un estudio topográfico que refleje la situación actual del sector, donde se decidió colocar cinco estaciones para la toma de datos de las zonas afectadas. Debido a la falta de un hito georreferenciado en la zona se empleó el Navegador GPS Portátil Garmin Map 66s.

Una vez concluida la fase de selección de estaciones se procedió a realizar el trabajo de topografía con toma de puntos con la estación total SOUTH N40 con una precisión de 2 segundos

Figura 2.5

Calibración de Equipo



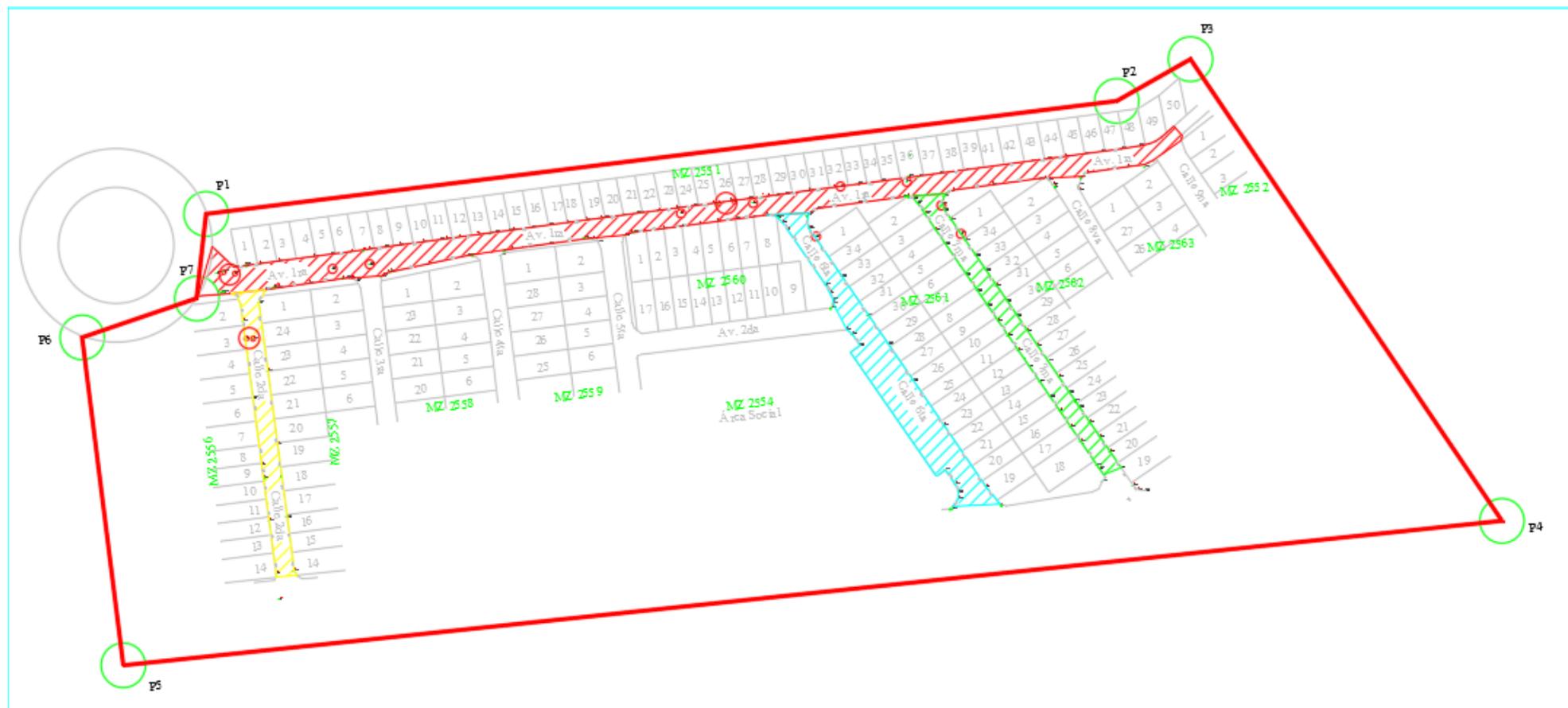
Debido a la cantidad de daños en el sector se decidió separar en 4 etapas a las calles y en cada etapa sus respectivas zonas de daño se consideraron las siguientes calles (Figura 2.6):

Etapas

1. Etapa 1 (Rojo): Avenida 1ra
2. Etapa 2 (Amarillo): Calle 2da
3. Etapa 3 (Celeste): Calle 6ta
4. Etapa 4 (Verde): Calle 7ma

Figura 2.6

Etapas



En las etapas se tomó la siguiente información:

1. Dentro de la “Etapa 1” se observa la presencia de ocho zonas de daño.
2. Dentro de la “Etapa 2” se observa la presencia de dos zonas de daño.
3. Dentro de la “Etapa 3” se observa la presencia de una zona de daño.
4. Dentro de la “Etapa 4” se observa la presencia de dos zonas de daño.

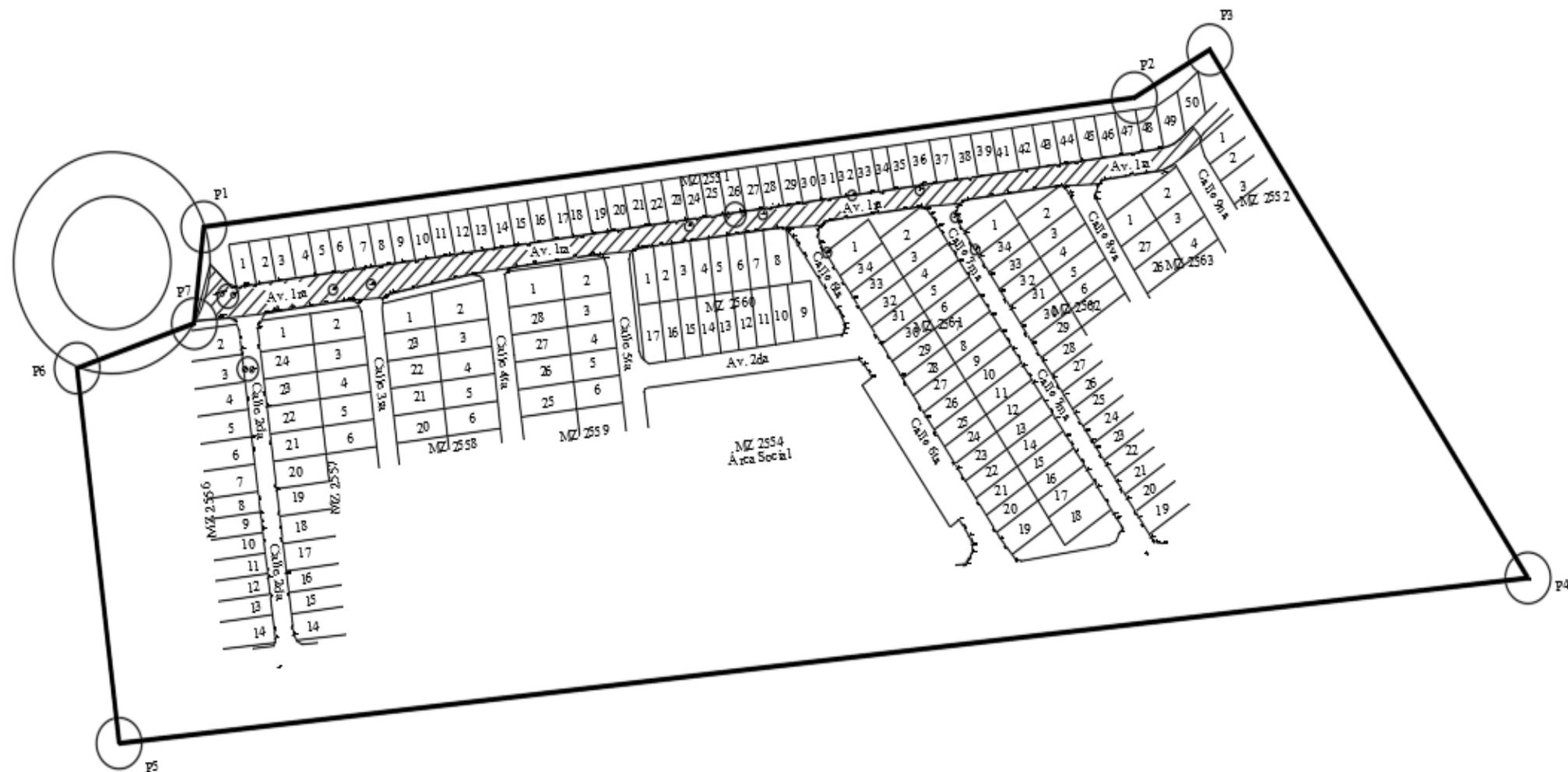
Daños

Los daños que se observan son los siguientes:

- A. Piel de cocodrilo
- B. Hundimiento
- C. Bache
- D. Erosión de bordillos
- E. Levantamiento de carpeta asfáltica
- F. Fisuras

Figura 2.7

Etapa 1



Se representa como la avenida principal de la urbanización por lo tanto es la calle más transitada entre las 4 etapas, en ella se encuentra la mayor cantidad de zonas dañadas entre las cuales son la presencia de baches, piel de cocodrilo, hundimientos, erosión de bordillos y fisuras.

Figura 2.8

Zona 1 de daño



En la zona 1 se encuentra ubicada en la avenida principal, en la entrada de la etapa, el problema a revisar es acerca que el pavimento flexible muestra signos evidentes de deterioro, se identifican daños de hundimiento y piel de cocodrilo en el centro de la calle sugiriendo la presencia de fatiga en la carpeta asfáltica y en las capas inferiores de la estructura del pavimento que se puede dar por las cargas de tráfico.

Figura 2.9*Zona 2 de daño*

La zona de daño 2 se encuentra ubicada en la avenida principal, en cerca del solar 5, el problema a revisar es acerca que el pavimento flexible muestra signos evidentes de deterioro, se identifican daños de hundimiento y piel de cocodrilo en el centro de la calle sugiriendo la presencia de fatiga en la carpeta asfáltica y en las capas inferiores de la estructura del pavimento.

Figura 2.10*Zona 3 de daño*

En la zona 3 se encuentra ubicada en la avenida principal, cerca al solar 7 de la manzana 2551, el problema a revisar es acerca que el pavimento flexible muestra signos evidentes de deterioro, se identifican daños de hundimiento y piel de cocodrilo en el centro de la calle sugiriendo la presencia de fatiga en la carpeta asfáltica y en las capas inferiores de la estructura del pavimento que se puede dar por las cargas de tráfico.

Figura 2.11

Zona 4 de daño



En la zona 4 se puede visualizar un deterioro significativo en el pavimento flexible en forma de baches que han sido reparados con una solución rápida y se compone de alrededor de 3 parches, 2 de ellos fueron parchados con asfalto y el tercero con hormigón, se puede notar por el color y textura del material que fue usado sin embargo esta solución ya comenzó a deteriorarse y presenta desprendimiento de fragmentos del hormigón.

Figura 2.12*Zona 5 de daño*

En la zona 5 se encuentra ubicada en la avenida principal, entre los solares 25 y 26 de la manzana 2551, el problema a revisar es acerca que el pavimento flexible muestra signos evidentes de deterioro, se identifican daños de hundimiento y piel de cocodrilo, en la inspección visual se pudo observar que este daño es el que tiene un hundimiento considerable en el centro de la calle

sugiriendo la presencia de fatiga en la carpeta asfáltica y en las capas inferiores de la estructura del pavimento que se puede dar por las cargas de tráfico.

Figura 2.13

Zona 6 de daño



En la zona 6 se encuentra ubicada en la avenida principal, en el exterior de los solares 27 y 28 de la manzana 2551, el problema a revisar es la erosión y hundimiento de los bordillos cunetas que genera el estancamiento de agua, además de la presencia de piel de cocodrilo que en época de lluvia filtra agua a las capas inferiores.

Figura 2.14*Zona 7 de daño*

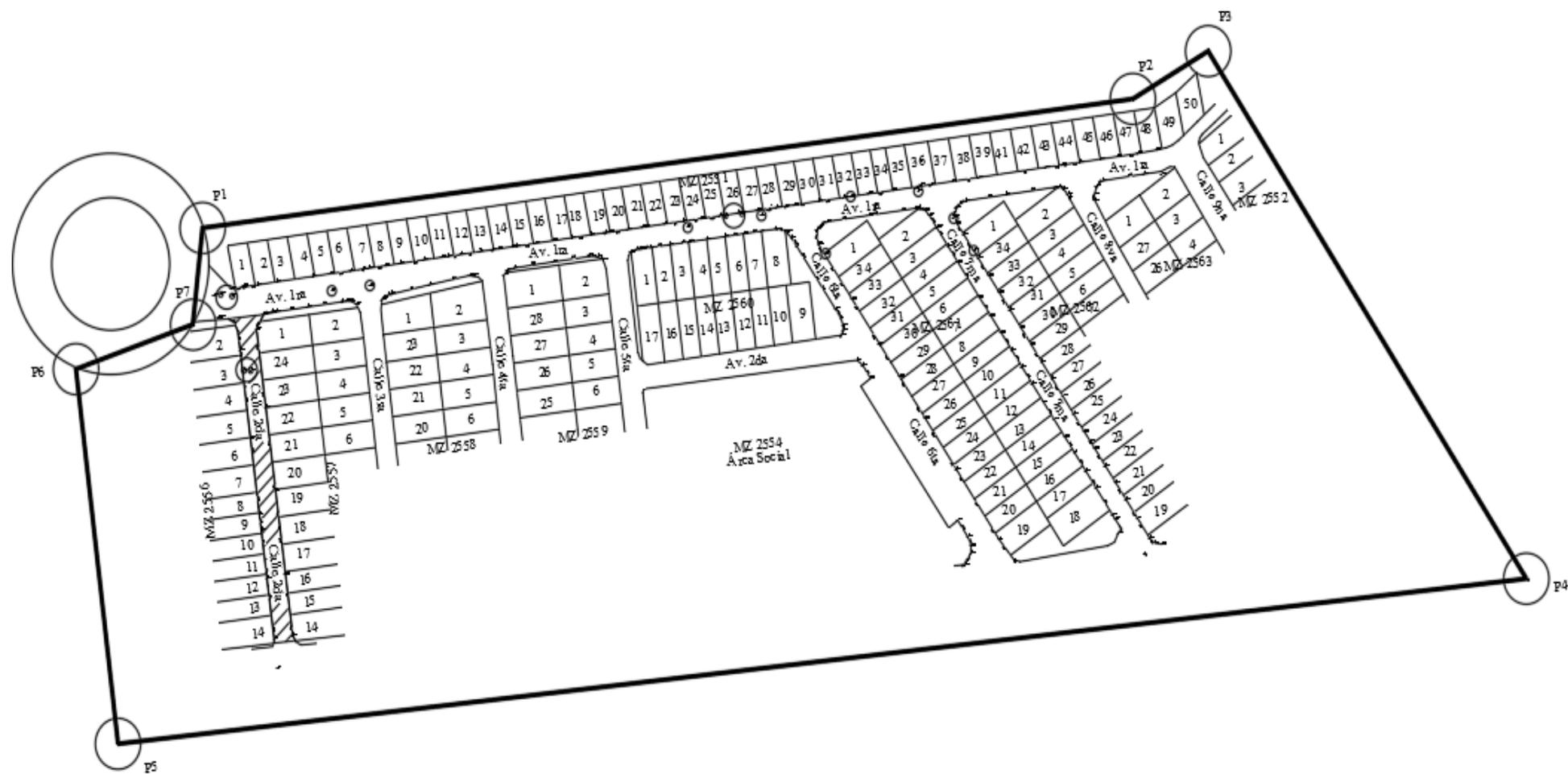
En la zona 7 se encuentra ubicada en la avenida principal, cerca del solar 32 de la manzana 2551, el problema a revisar es acerca que el pavimento flexible muestra signos evidentes de deterioro, se identifican daños de hundimiento y piel de cocodrilo, que ha aumentado la magnitud del daño dado a que este ha generado fisuras en los alrededores de la calle sugiriendo la presencia de fatiga en la carpeta asfáltica y en las capas inferiores de la estructura del pavimento que se puede dar por las cargas de tráfico.

Figura 2.15*Zona 8 de daño*

En la zona 8 se encuentra ubicada en la avenida principal, en el exterior del solar 36 de la manzana 2551, el problema a revisar es acerca que el pavimento flexible muestra una fisura longitudinal en la carpeta asfáltica cerca de la misma se encuentra una caja de CNEL para las acometidas eléctricas subterráneas.

Figura 2.16

Etapa 2



La etapa de daño 2 se representa como la calle 2da es la calle que se encuentra entre las manzanas 2556 y 2557, en esta etapa se encuentran 2 zonas de daño que se las llama zona 9 y zona 10, esta calle en época lluviosa el agua no llega a los sumideros, generando estancamiento de agua.

Figura 2.17

Zona 1 de daño



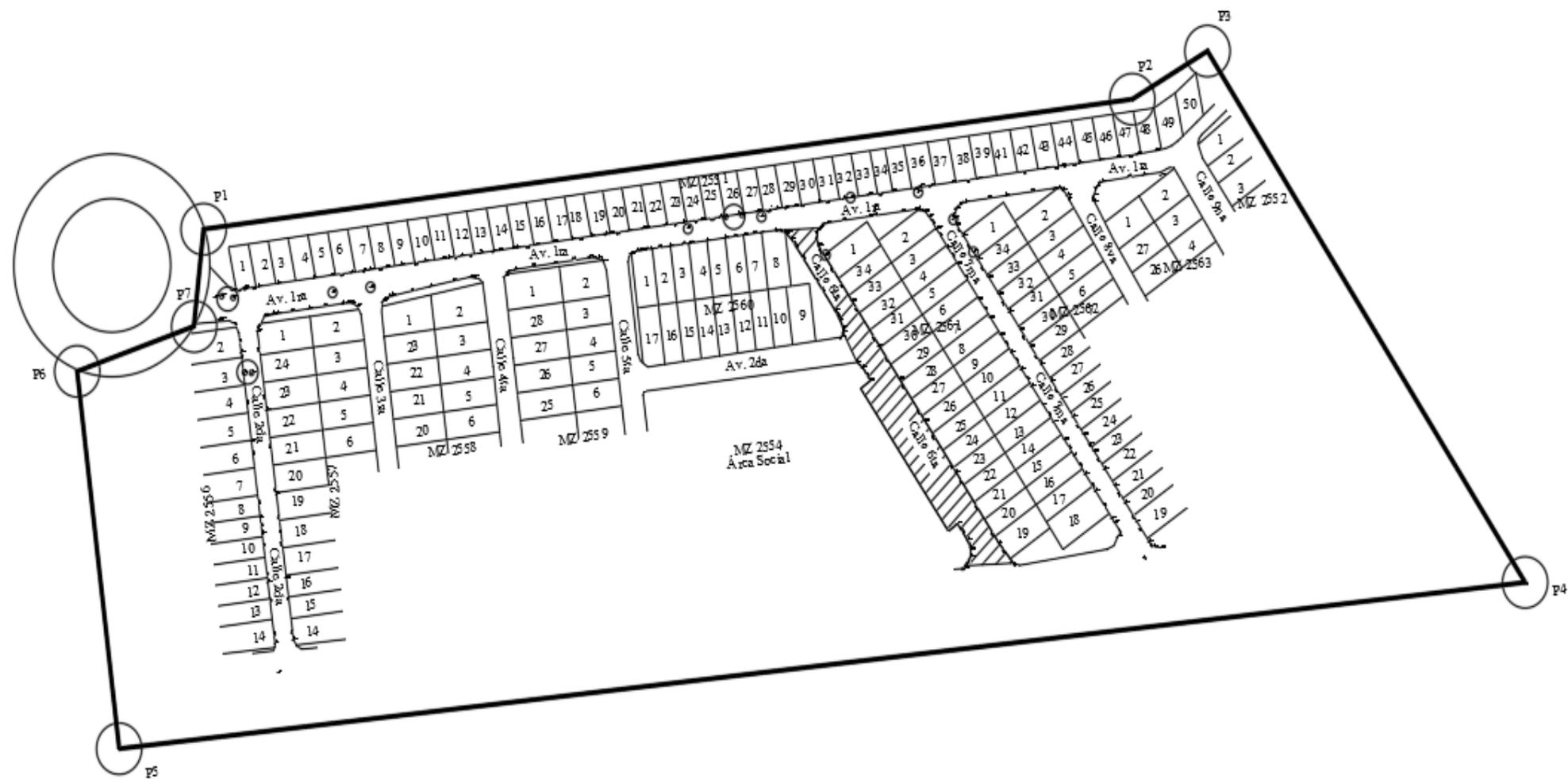
Esta zona se encuentra ubicada en la calle 2da, entre los solares 3 de la manzana 2556 y 24 de la manzana 2557, en esta calle se puede observar la piel de cocodrilo más extensa, con hundimiento sugiriendo la presencia de fatiga en la carpeta asfáltica y en las capas inferiores de la estructura del pavimento que se puede dar por las cargas de tráfico.

Figura 2.18*Zona 2 de daño*

La zona 2 se encuentra ubicada en la calle 2da, entre los solares 3 de la manzana 2556 y 24 de la manzana 2557, se puede observar el estancamiento de agua debido a problemas constructivos de los bordillos cunetas, en esta calle los bordillos cunetas son un problema común dado que en sectores sí posee la media caña para permitir el paso del agua hacia los sumideros y en otros se comportan como rampa, esto causa que el estancamiento de agua sea común.

Figura 2.19

Etapa 3



La etapa 3 se representa como la calle 6ta es la calle, en esta etapa se encuentran 1 zona de daño, el pavimento se conserva sin daños significativos pero las aceras y bordillos cunetas presentan problemas.

Figura 2.20

Zona 1 de daño



En esta zona de daño se puede observar hundimiento en la acera, generando que un poste de luz se incline, esto genera una sensación de peligro en los habitantes del sector.

Figura 2.21

Etapa 4

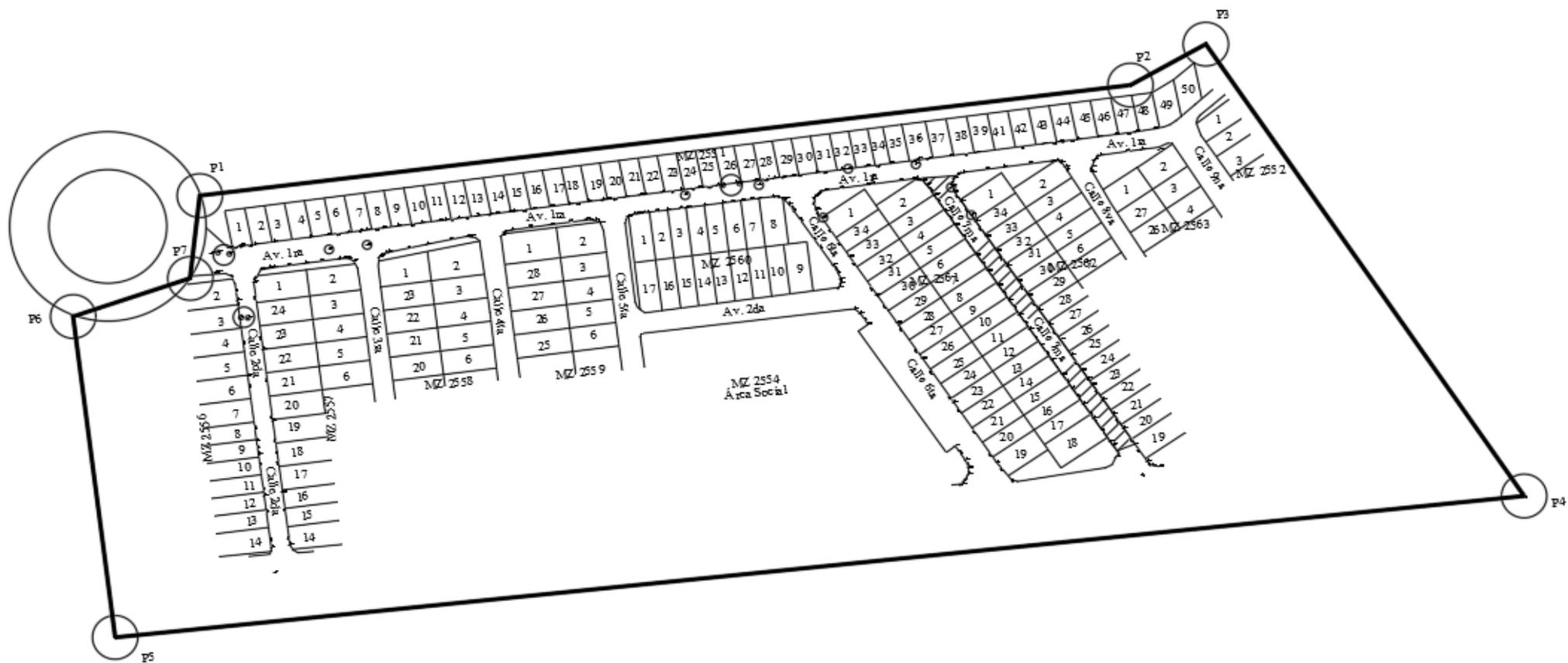


Figura 2.22*Zona 1 de daño*

En esta zona de daño se puede observar el levantamiento de la carpeta asfáltica, este punto se encuentra cerca de una acera que presenta fisuras alrededor de una alcantarilla de aguas servidas, además se puede observar como la base de la acera se encuentra sin relleno.

Figura 2.23*Zona 2 de daño*

Los bordillos cunetas tienen el problema que no transportan el agua lluvia generando estancamiento, esto ha llegado a levantar su nivel hasta la altura de las casas que se encuentran en esta parte de la calle.

2.3.2 Toma de muestras

La toma de muestras se realizó a partir del uso de calicatas donde se hizo una exploración del terreno a una profundidad de 1,50 m, este método nos permite inspeccionar de manera directa las capas del pavimento y del suelo lo que es fundamental para evaluar el estado y composición de las diferentes capas.

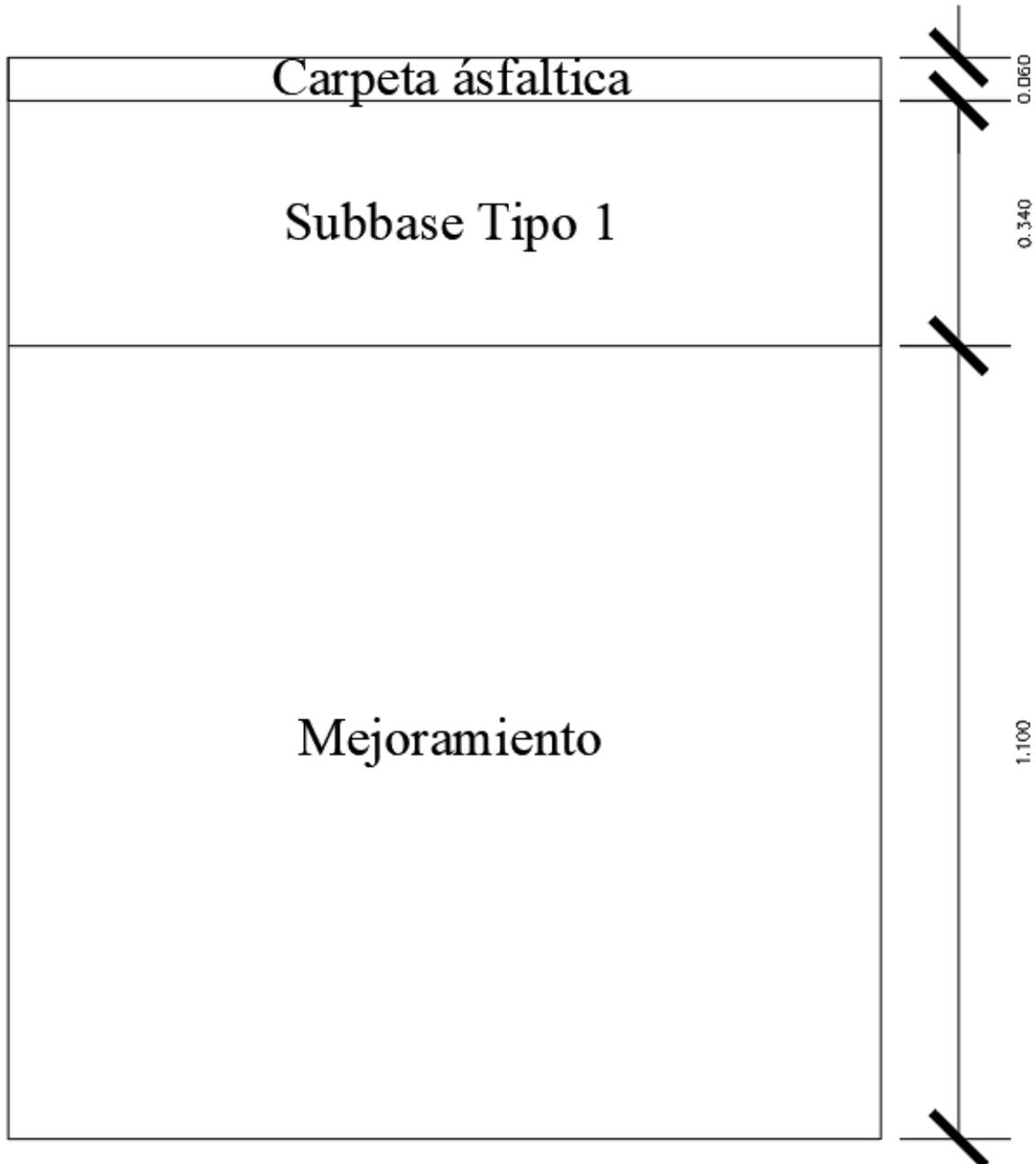
Las calicatas también facilitan tomar muestras sin alterar la capa del pavimento y del suelo esencial para los ensayos de mecánica de suelos que determinan sus propiedades tanto físicas como mecánicas, además de tener un costo más accesible debido a que no son necesarios equipos sofisticados.

El procedimiento consiste en seleccionar estratégicamente los puntos de muestreo considerando como áreas de mayor relevancia en los sitios donde el deterioro del pavimento sea mayor, después se excava de manera manual o con maquinaria una calicata con una profundidad de alrededor de 1.50 metros y se registran los detalles característicos de cada capa de suelo.

La calicata 1 se encuentra la etapa 4 zona 1 donde se encuentra un sumidero que no está funcionando de manera correcta y se encuentra a un nivel más alto del diseñado.

Figura 2.24
Ubicación de calicatas



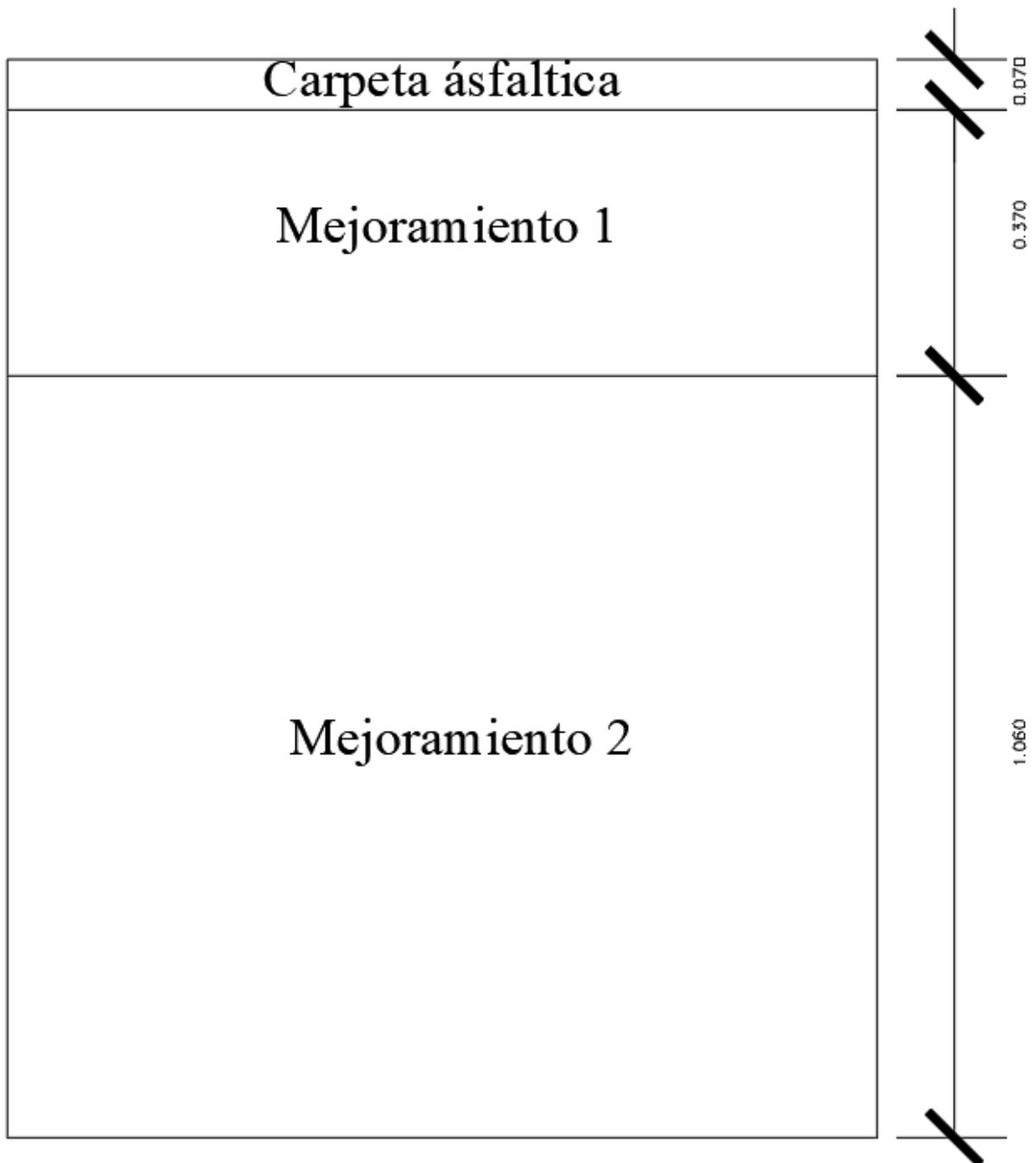
Figura 2.25*Estratos de suelos en calicata 1*

Cuando se realizó esta calicata se pudo observar que la tierra se encontraba bastante húmeda, cuando se llegó a una profundidad mayor se notó malos olores, cerca de esta calicata se encuentra un área verde además de una alcantarilla.

La calicata 2 se realizó en la Av. 1ra frente a la manzana 2560, en esta calicata se obtuvieron muestras de los estratos, además se obtuvieron núcleos de la mezcla asfáltica para los distintos ensayos que se necesitan realizar.

Figura 2.26

Estratos de suelo en calicata 2



2.3.3 Granulometría

La granulometría es un análisis físico usado para clasificar el suelo, determina su textura de acuerdo con la proporción de los diferentes grupos de partículas como son el limo, arcilla y arena que existen en el suelo según el diámetro de esta.

Los análisis granulométricos más conocidos son la separación de partículas por medio del tamizado, rotura de agregados por segregación mecánica, dispersión química y sedimentación en medio acuoso.

Para este ensayo se utilizó el análisis granulométrico por medio de tamizado y se consideraron las muestras tomadas en el área de estudio.

2.3.4 Límites de Atterberg

El ensayo de límites de Atterberg ayuda a determinar los márgenes de humedad en los que el suelo permanece en un estado plástico, para realizar este ensayo se necesitó primero tamizar la muestra de suelo y se utilizó solo el material que pasaba el tamiz # 40, posterior al tamizado se agrega agua a la muestra hasta obtener una pasta homogénea que no esté muy líquida.

2.3.5 Proctor modificado

El ensayo de Proctor modificado es utilizado para determinar la relación que existe entre la densidad seca y la humedad de compactación, este ensayo se rige por la norma UNE 103-501-94.

La prueba de Proctor modificada y la prueba estándar son semejantes con la diferencia de la capacidad que posee el molde y de la energía de compactación que tiene cada ensayo, en el caso de Proctor modificado se usa un molde con capacidad de 2320 cm³ y una maza de 4535 kg, la maza se deja caer desde una altura de 4.57 cm y se compacta 5 capas de material dando a cada capa 60 golpes que deben ser distribuidos de manera uniforme sobre la superficie.

2.3.6 CBR “California Bearing Ratio”

El ensayo CBR se encuentra regido por las normas ASTM 1883 o UNE 103502, consiste en evaluar la capacidad de soporte que poseen los terrenos o explanadas. Este ensayo consta de compactar la muestra en los moldes normalizados, sumergirlos en agua para posteriormente usar un pistón normalizado y aplicar punzonamiento.

Después de haberse realizado los ensayos de Límites de Atterberg, granulometría y Proctor modificado, se realizó el ensayo de CBR obteniendo los siguientes datos:

Calicata 1

- Ensayos granulométricos

Tabla 2.1:

Ensayo de granulometría de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad

Ensayo granulométrico C1-Muestra 1					
	Tamiz ASTM Abertura No	Peso Parcial gr.	Porcentajes en peso		Pasante Acumulado %
			retenido %	Acumulado %	
Serie Gruesa	3"	0	0	0	100
	2 1/2"	0	0	0	100
	2"	0	0	0	100
	1 1/2"	206.93	4.92	4.92	95.08
	1"	420.91	10	14.92	85.08
	3/4"	277.19	6.59	21.51	78.49
	1/2"	353.64	8.4	19.91	70.09
	3/8"	172.16	4.09	34	66
	no 4	448.49	10.66	44.66	55.34
Serie Fina	No 8	494.44	11.75	56.41	43.59
	No10	110.9	2.64	59.05	40.95
	No 16	244.61	5.81	64.86	35.14
	No 20	130.41	3.1	67.96	32.04
	No 30	103.64	2.46	70.42	29.58
	No 40	87.32	2.08	72.5	27.5
	No 50	80.46	1.91	74.41	25.59
	No 80	158	3.75	78.17	21.83
	No 100	153.82	3.66	81.82	18.18
	No 200	228.9	5.44	87.26	12.74
	FONDO	535.97	12.74	100	0
TOTAL	4207.79	100			

Figura 2.27

Curva de distribución granulométrica Calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad

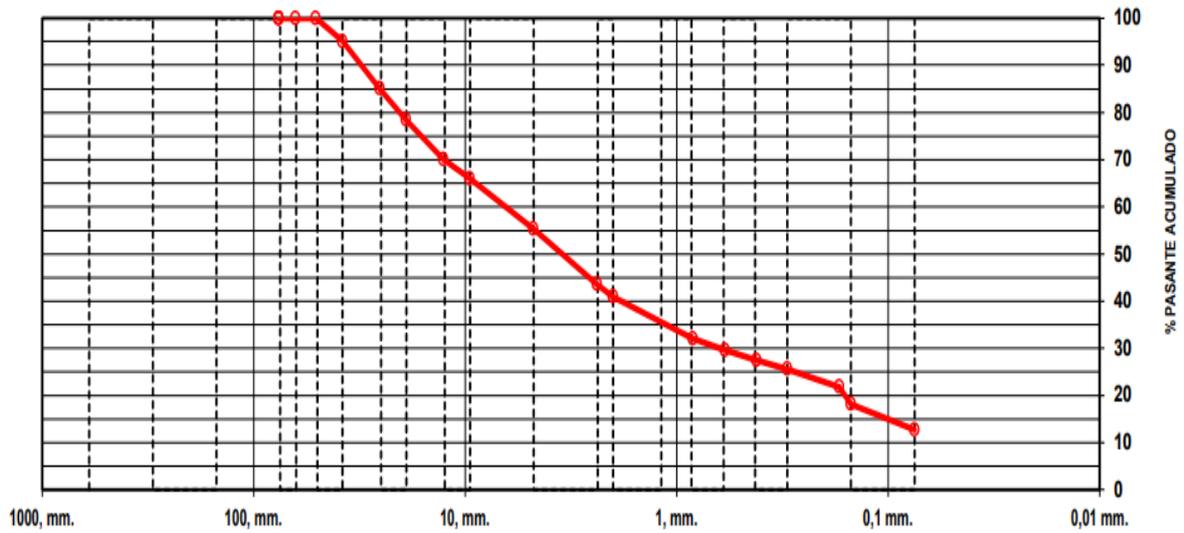


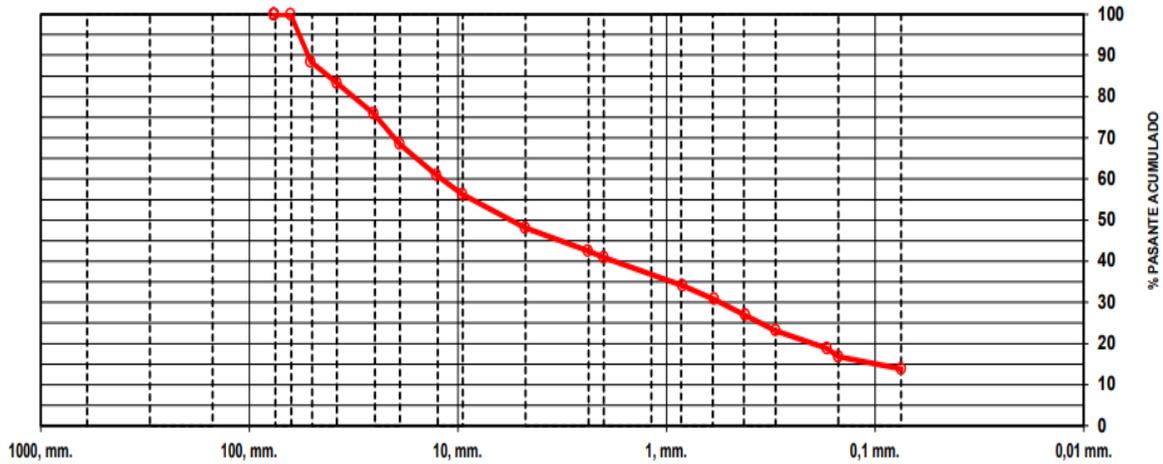
Tabla 2.2

Ensayo de granulometría de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad

Ensayo granulométrico C1-Muestra 2						
Tamiz ASTM Abertura No	Peso Parcial gr.	Porcentajes en peso		Pasante Acumulado %	Especificaciones	
		retenido %	Acumulado %			
Serie Gruesa	3"	0	0	0	100	T.M 10cm
	2 1/2"	0	0	0	100	
	2"	749.54	11.58	11.58	88.44	
	1 1/2"	331.83	5.12	16.68	83.32	
	1"	482.34	7.44	24.12	75.88	
	3/4"	477.36	7.36	31.48	68.52	
	1/2"	492.98	7.6	39.08	60.92	
	3/8"	302.32	4.66	43.74	56.26	
Serie Fina	no 4	527.05	8.13	51.87	48.13	30-70%
	No 8	364.66	5.62	57.49	42.51	
	No 10	104.99	1.62	59.11	40.89	
	No 16	254.64	3.93	63.04	36.96	
	No 20	185	2.85	65.89	34.11	
	No 30	215.27	3.32	69.21	30.79	
	No 40	251.45	3.88	73.09	26.91	
	No 50	244.41	3.77	76.86	23.14	
	No 80	277.86	4.29	81.14	18.86	
	No 100	131.57	2.03	83.17	16.83	
	No 200	193.2	2.98	86.15	13.85	<= 20%
	FONDO	897.87	13.85	100	0	
TOTAL	6484.34	100				

Figura 2.28

Curva de distribución granulométrica Calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad



- **Límites de Atterberg**

Tabla 2.3

Determinación del límite líquido de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad

Determinación del límite líquido capa 1 0,00-0,40m					
Punto	#	1	2	3	4
Recipiente	#	28	44	71	22
Suelo húmedo+recipiente	gr	24.14	23.38	22.61	21.96
Suelo seco+recipiente	gr	20.66	20.19	19.55	19.08
Peso del recipiente	gr	6.75	6.74	6.18	6.11
Peso del suelo seco	gr	13.91	13.45	13.37	12.97
Peso agua	gr	3.48	3.19	3.06	2.88
Humedad	%	25.02	23.72	22.89	22.21
# de Golpes	#	11	19	27	35

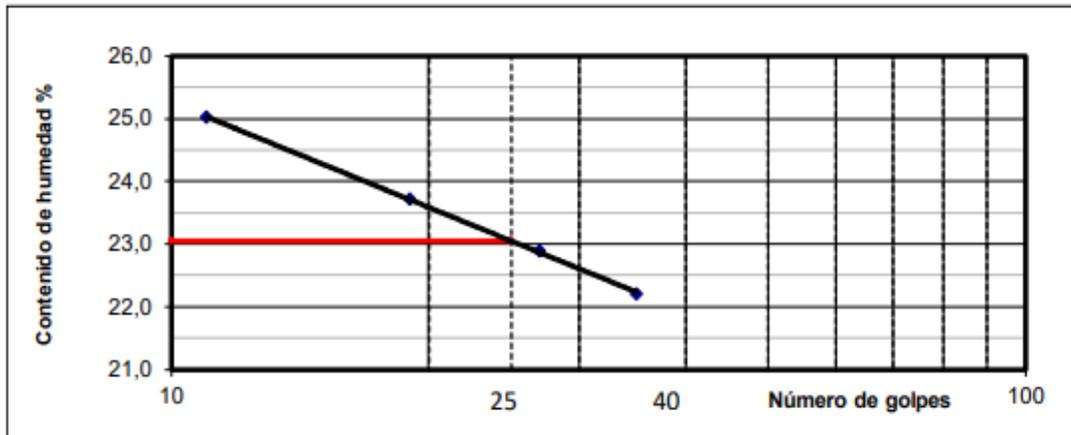
Tabla 2.4

Determinación del límite plástico de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad

Determinación Límite Plástico			
Muestra	1		
Recipiente	78	F	37B
Suelo húmedo+recipiente	13.93	13.82	13.26
Suelo seco+recipiente	12.84	12.61	12.15
Peso del recipiente	6.67	6.23	6.13
Peso del suelo seco	6.17	6.38	6.02
Peso agua	1.09	1.21	1.11
Humedad	17.67	18.97	18.44

Figura 2.29

Límite líquido Calicata 1 capa 1

**Tabla 2.5**

Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 1 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad

	Resultados %	Especificación % MTOP 403.-1
Límite Líquido	23.1	25
Límite Plástico	18.9	
Índice Plástico	4.1	6

Tabla 2.6

Determinación del límite líquido de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad

Determinación del límite líquido capa 2 0,45-1,50m					
Punto	#	1	2	3	4
Recipiente	#	53	KN	23	N
Suelo húmedo+recipiente	Gr	24.23	23.47	22.69	21.98
Suelo seco+recipiente	Gr	19.83	19.41	18.88	18.46
Peso del recipiente	Gr	6.14	6.23	6.07	6.32
Peso del suelo seco	Gr	13.69	13.18	12.81	12.14
Peso agua	Gr	4.4	4.06	3.81	3.52
Humedad	%	32.14	30.8	29.74	29
# de Golpes	#	12	20	28	37

Tabla 2.7

Determinación del límite plástico de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad

Determinación Límite Plástico			
Muestra	2		
Recipiente	X	II	D
Suelo húmedo+recipiente	13.87	13.27	13.58
Suelo seco+recipiente	12.45	11.91	12.21
Peso del recipiente	6.13	6.16	6.26
Peso del suelo seco	6.32	5.75	5.95
Peso agua	1.42	1.36	1.37
Humedad	22.47	23.65	23.03

Figura 2.30

Límite líquido Calicata 1 capa 2

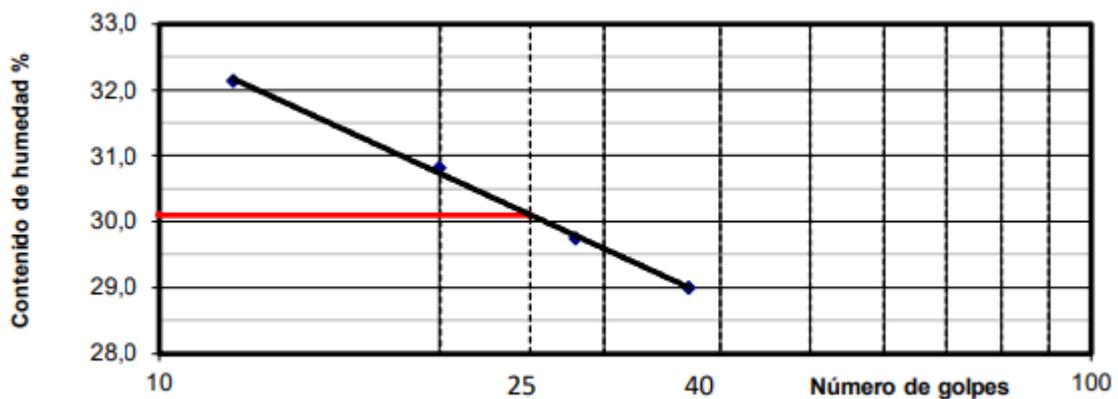


Tabla 2.8

Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 1 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad

	Resultados %	Especificación % MTO 403.-1
Límite Líquido	30.1	25
Límite Plástico	22.7	
Índice Plástico	7.4	6

- **Proctor modificado**

Tabla 2.9

Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 1 muestra 1

Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs contenido de humedad					
Molde	6"	Diámetro del molde	15.24 cm	Área	182.42 cm ²
#Capas	5	Altura del molde	11.60 cm	Volumen	2116 cm ³
#Golpes/Capa	56	Peso del martillo	10 lb	Altura de caída	45.7 cm

Tabla 2.10

Determinación del contenido de humedad de la calicata 1 muestra 1

Determinación del contenido de humedad						
Punto No		1	2	3	4	5
Suelo húmedo+recipiente		218.21	207.27	196.66	181.73	208.29
Suelo seco+recipiente		212.85	199.76	186.56	168.64	187.7
Recipiente		30.49	30.4	30.81	30.88	31.5
Agua	W _w	5.36	7.51	10.1	13.09	20.59
Suelo seco	W _s	182.36	169.36	155.75	137.76	156.2
Contenido de humedad	W	2.94	4.43	6.48	9.5	13.18

Tabla 2.11

Compactación de la muestra de la calicata 1 muestra 1

COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA						
Cantidad de agua añadida		50	100	200	400	600
Molde		6595	6595	6595	6595	6595
Suelo húmedo+molde		10812	11012	11252	11422	11294
Suelo húmedo	Wt	4217	4417	4657	4827	4699
Suelo seco: $Wt/(1+W/100)$	Ws	4096.6	4229.5	4373.4	4408.1	4151.7
Densidad húmeda: Wt/V	γ_h	1.993	2.087	2.201	2.281	2.221
Densidad seca: Ws/V	γ_d	1.936	1.999	2.067	2.083	1.962

Figura 2.31

Curva de compactación de la calicata 1 muestra 1

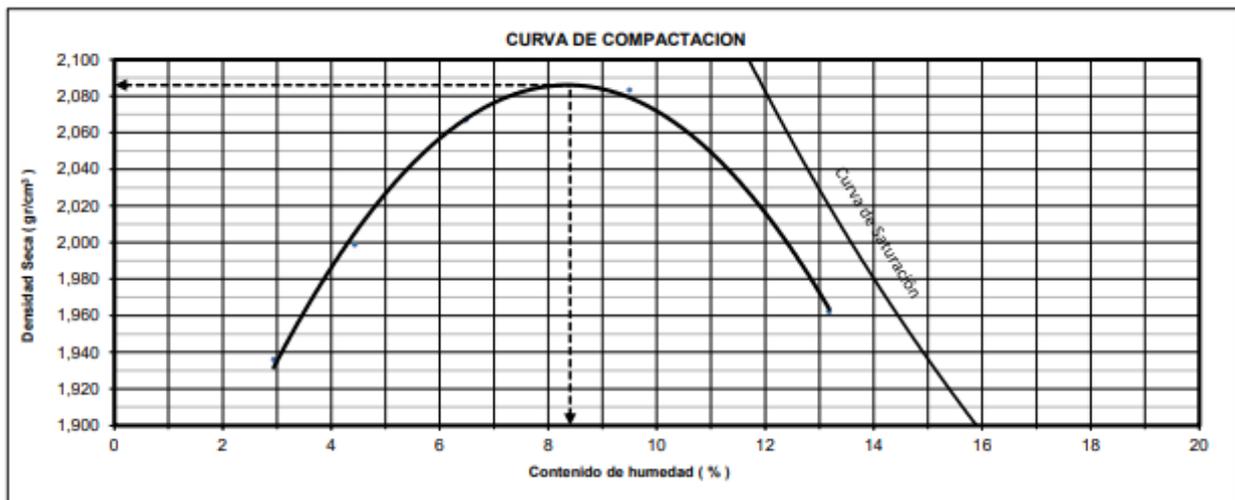


Tabla 2.12

Compactación de calicata 1 muestra 1

Densidad seca máxima	2.086 gr/cm ³
Humedad óptima	8.40%

Tabla 2.13

Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 1 muestra 2

Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs contenido de humedad					
Molde	6"	Diámetro del molde	15.24 cm	Área	182.42 cm ²
#Capas	5	Altura del molde	11.60 cm	Volumen	2116 cm ³
#Golpes/Capa	56	Peso del martillo	10 lb	Altura de caída	45.7 cm

Tabla 2.14

Determinación del contenido de humedad de la calicata 1 muestra 2

Determinación del contenido de humedad						
Punto No		1	2	3	4	5
Suelo húmedo+recipiente		208.59	204.04	182.65	191.54	204.17
Suelo seco+recipiente		196.5	189.23	167.7	172.96	179.25
Recipiente		30.86	30.78	30.6	30.77	30.54
Agua	W _w	12.09	14.81	14.95	18.58	24.92
Suelo seco	W _s	165.64	158.45	137.1	142.19	148.71
Contenido de humedad	W	7.3	9.35	10.9	13.07	16.76

Tabla 2.15

Compactación de la muestra de la calicata 1 muestra 2

Compactación de la muestra						
Cantidad de agua añadida		50	100	200	400	600
Molde		6595	6595	6595	6595	6595
Suelo húmedo+molde		10661	10926	11099	11216	11114
Suelo húmedo	W _t	4066	4331	4504	4621	4519
Suelo seco: Wt/(1+W/100)	W _s	3789.4	3960.8	4061.2	4087	3870.4
Densidad húmeda: Wt/V	γ _h	1.922	2.047	2.129	2.184	2.136
Densidad seca: Ws/V	γ _d	1.791	1.872	1.919	1.931	1.829

Figura 2.32

Curva de compactación de la calicata 1 muestra 2

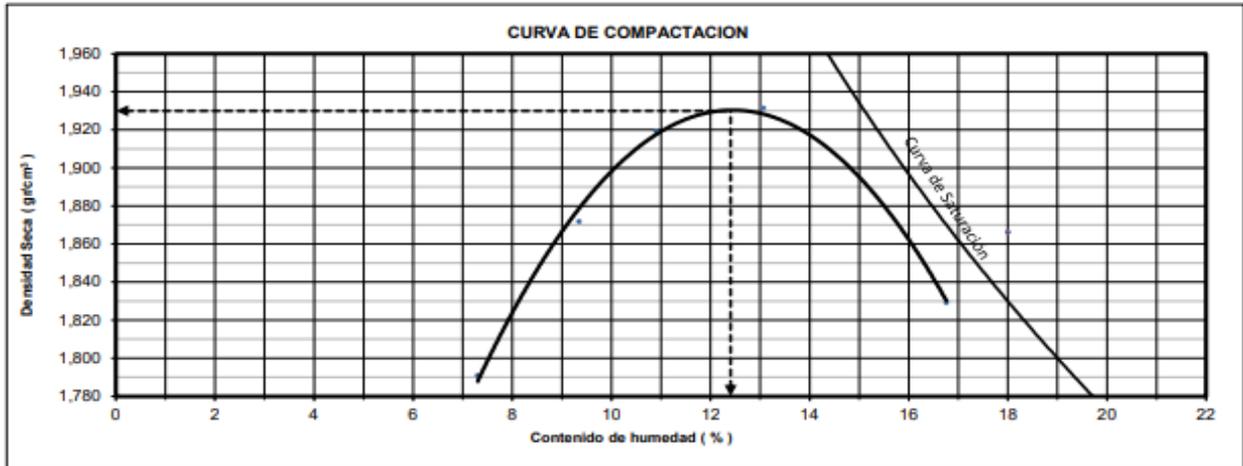


Tabla 2.16

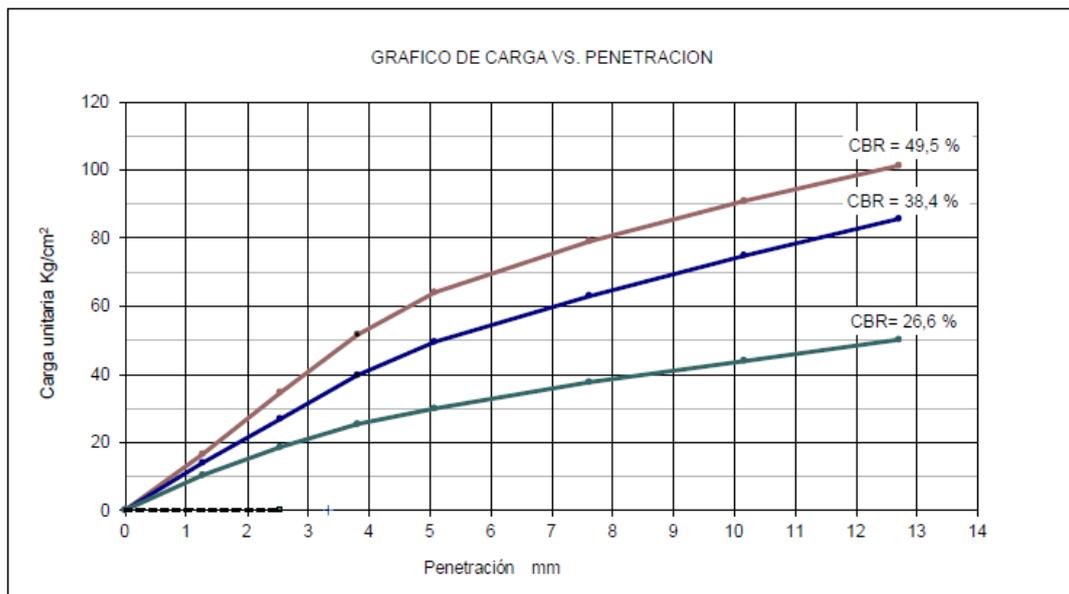
Compactación de la calicata 1 muestra 2

Densidad seca máxima	1.930 gr/cm ³
Humedad óptima	12.40%

- CBR

Figura 2.33

Grafica de carga vs penetración de la calicata 1 capa 2



Calicata 2

- Ensayos granulométricos

Tabla 2.17

Ensayo de granulometría de la calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad

Ensayo granulométrico C2-Muestra 1					
Tamiz ASTM	Peso	Porcentajes en peso		Pasante	
		Abertura No	Parcial		retenido	Acumulado	Acumulado
	gr.		%	%	%
Serie Gruesa	3"	0	0	0	100
	2 1/2"	0	0	0	100
	2"	283.55	3.6	3.6	96.4
	1 1/2"	0	0	3.6	96.4
	1"	228.59	2.9	6.5	93.5
	3/4"	1228.17	15.59	22.09	77.91
	1/2"	1608.48	20.41	42.5	57.5
	3/8"	500.1	6.35	48.84	51.16
	no 4	444.06	5.64	54.48	45.52
Serie Fina	No 8	739.88	9.39	63.87	36.13
	No10	191.97	2.44	66.3	33.7
	No 16	424.34	5.39	71.69	28.31
	No 20	235.27	2.99	74.67	25.33
	No 30	206.44	2.62	77.29	22.71
	No 40	192.88	2.45	79.74	20.26
	No 50	181.56	2.3	82.05	17.95
	No 80	203.39	2.58	84.63	15.37
	No 100	71.73	0.91	85.54	14.46
	No 200	131.49	1.67	87.21	12.79
	FONDO	1008.21	12.79	100	0
TOTAL	7880	100			

Figura 2.34

Curva de distribución granulométrica Calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad

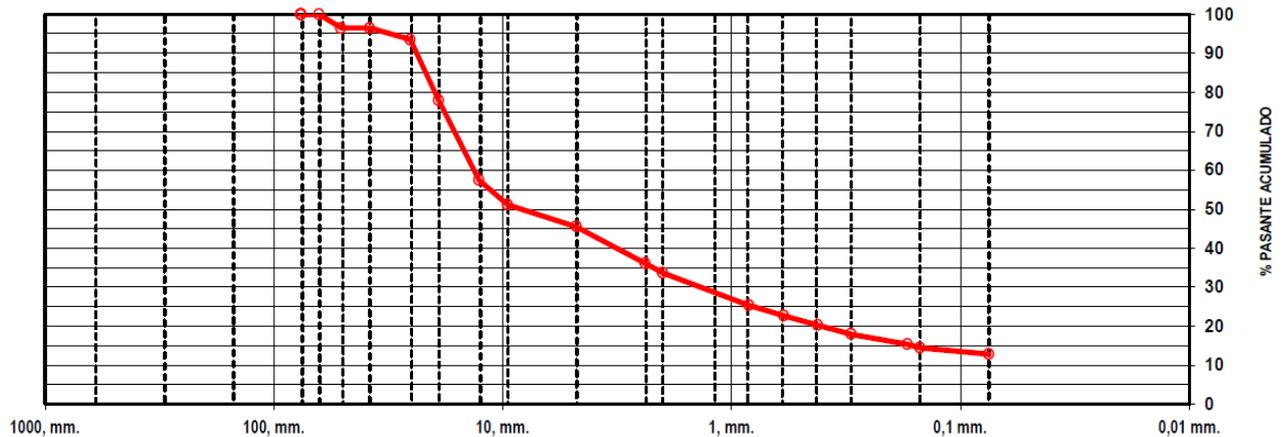
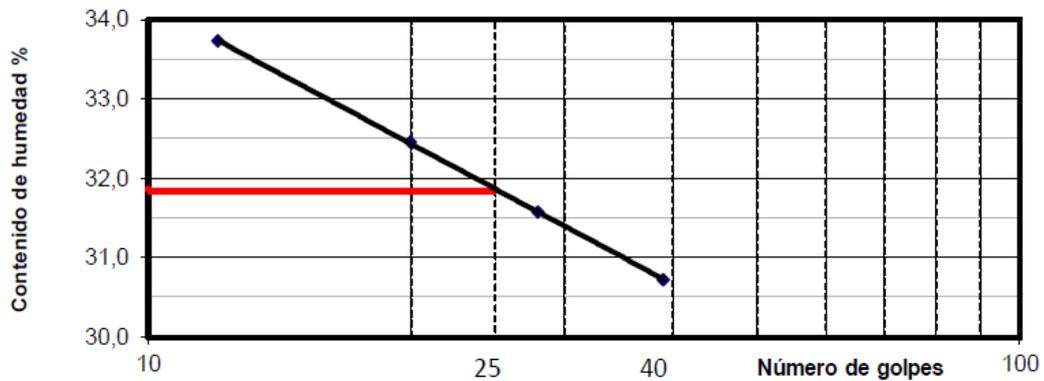


Tabla 2.18

Ensayo de granulometría de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad

Ensayo granulométrico C2-Muestra 2					
Tamiz ASTM Abertura No	Peso Parcial gr.	Porcentajes en peso		Pasante Acumulado %	
		retenido %	Acumulado %		
Serie Gruesa	3"	979.5	12.88	12.88	87.12
	2 1/2"	0	0	12.88	87.12
	2"	287.11	3.77	16.65	83.35
	1 1/2"	179.63	2.36	19.01	80.99
	1"	256.96	3.38	22.39	77.61
	3/4"	323.05	4.25	26.64	73.36
	1/2"	677.37	8.91	35.55	64.45
	3/8"	387.1	5.09	40.64	59.36
	no 4	712.69	9.37	50.01	49.99
Serie Fina	No 8	473.28	6.22	56.23	43.77
	No10	112.09	1.47	57.7	42.3
	No 16	267.35	3.51	61.21	38.79
	No 20	200.22	2.63	63.84	36.16
	No 30	229.41	3.02	66.86	33.14
	No 40	236.82	3.11	69.97	30.03
	No 50	224.94	2.96	72.93	27.07
	No 80	377.72	4.97	77.9	22.1
	No 100	154.8	2.04	79.94	20.06
	No 200	21662	2.85	82.79	17.21
	FONDO	1309.34	17.21	100	0
TOTAL	7606	100			

Figura 2.36*Límite líquido calicata 2 capa 1***Tabla 2.21***Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 2 muestra 1 de 0.00m-0.40m de profundidad*

	Resultados %	Especificación % MTOPI 403-1
L. Líquido	31.9	25
L. Plástico	18.7	
I. Plástico	13.1	6

Tabla 2.22*Determinación del límite líquido de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad*

Determinación del límite líquido capa 2 0,45-1,50m					
Punto	#	1	2	3	4
Suelo húmedo+recipiente	gr	24.15	23.41	22.82	21.98
Suelo seco+recipiente	gr	18.59	18.23	18.09	17.48
Peso del recipiente	gr	6.22	6.19	6.67	6.32
Peso del suelo seco	gr	12.37	12.04	11.42	11.16
Peso agua	gr	5.56	5.18	4.73	4.5
Humedad	%	44.95	43.02	41.42	40.32
# de Golpes	#	11	19	29	40

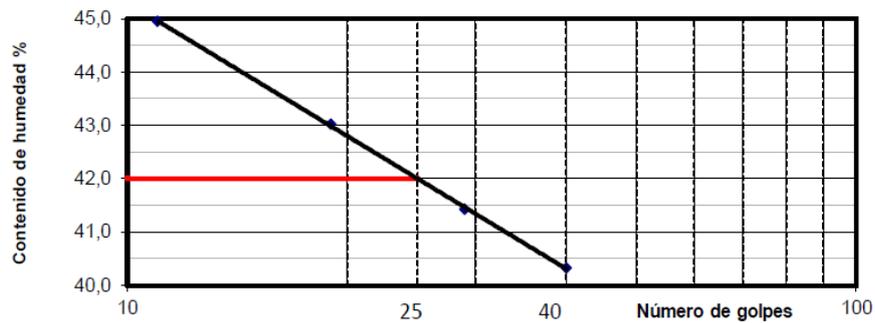
Tabla 2.23

Determinación del límite plástico de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad

Determinación Límite Plástico			
Muestra	2		
Suelo húmedo+recipiente	13.66	13.15	13.79
Suelo seco+recipiente	11.86	11.45	11.98
Peso del recipiente	6.23	6.25	6.23
Peso del suelo seco	5.63	5.2	5.75
Peso agua	1.8	1.7	1.81
Humedad	31.97	32.69	31.48

Figura 2.37

Límite líquido Calicata 2 capa 2

**Tabla 2.24**

Resultados del ensayo de límites de Atterberg de la calicata 2 muestra 2 de 0.40m-1.40m de profundidad

	RESULTADOS %	Especificación % MTO 403-1
L. Líquido	42	25
L. Plástico	32.1	
I. Plástico	9.9	6

- Proctor modificado

Tabla 2.25

Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 2 muestra 1

Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs contenido de humedad					
Molde	6"	Diámetro del molde	15.24 cm	Área	182.42 cm ²
#Capas	5	Altura del molde	11.60 cm	Volumen	2116 cm ³
#Golpes/Capa	56	Peso del martillo	10 lb	Altura de caída	45.7 cm

Tabla 2.26

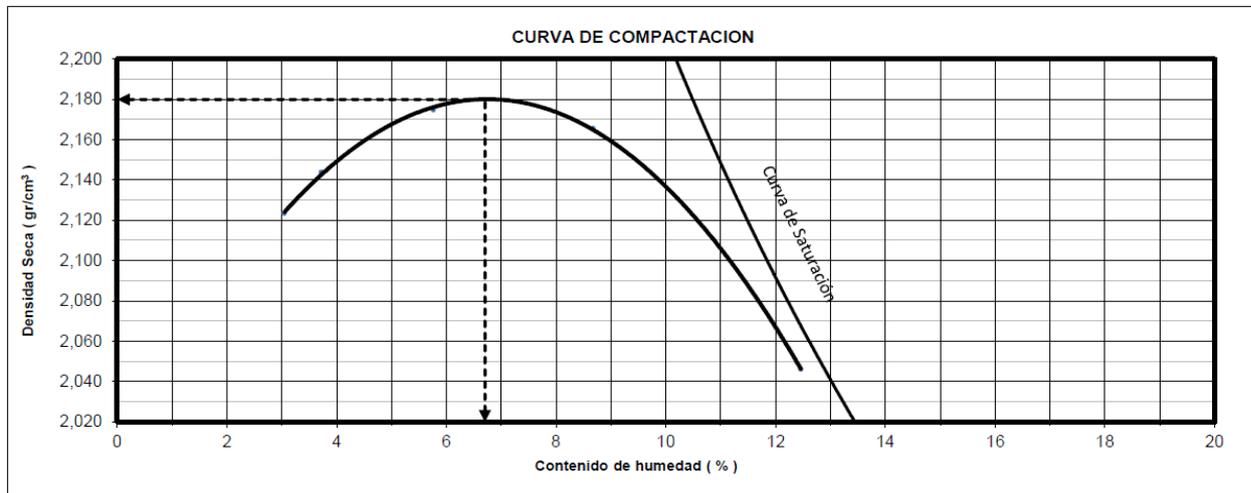
Determinación del contenido de humedad de la calicata 2 muestra 1

Determinación del contenido de humedad						
Punto No		1	2	3	4	5
Suelo húmedo+recipiente		212.47	213.58	193.29	194.46	236.18
Suelo seco+recipiente		207.1	207.03	184.48	181.37	213.18
Recipiente		30.79	30.89	31.58	30.5	30.41
Agua	W _w	5.37	6.55	8.81	13.09	22.8
Suelo seco	W _s	176.31	176.14	152.9	150.87	182.97
Contenido de humedad	W	3.05	3.72	5.76	8.68	12.46

Tabla 2.27

Compactación de la muestra de la calicata 2 muestra 1

Compactación de la muestra						
Cantidad de agua añadida		50	100	200	400	600
Molde		6595	6595	6595	6595	6595
Suelo húmedo+molde		11225	11300	11462	11575	11464
Suelo húmedo	W _t	4630	4705	4867	4980	4869
Suelo seco: W_t/(1+W/100)	W _s	4493.1	4536.3	4601.8	4582.4	4329.5
Densidad húmeda: W_t/V	γ _h	2.188	2.224	2.3	2.353	2.301
Densidad seca: W_s/V	γ _d	2.123	2.144	2.175	2.166	2.046

Figura 2.38*Curva de compactación de la calicata 2 muestra 1***Tabla 2.28***Compactación de la calicata 2 muestra 1*

Densidad seca máxima:	2.18 gr/cm³
Humedad óptima:	6.7 %

Tabla 2.29*Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs el contenido de humedad de la calicata 2 muestra 2*

Determinación de la relación del peso unitario de los suelos vs contenido de humedad					
Molde	6"	Diámetro del molde	15.24 cm	Área	182.42 cm ²
#Capas	5	Altura del molde	11.60 cm	Volumen	2116 cm ³
#Golpes/Capa	56	Peso del martillo	10 lb	Altura de caída	45.7 cm

Tabla 2.30*Determinación del contenido de humedad de la calicata 2 muestra 2*

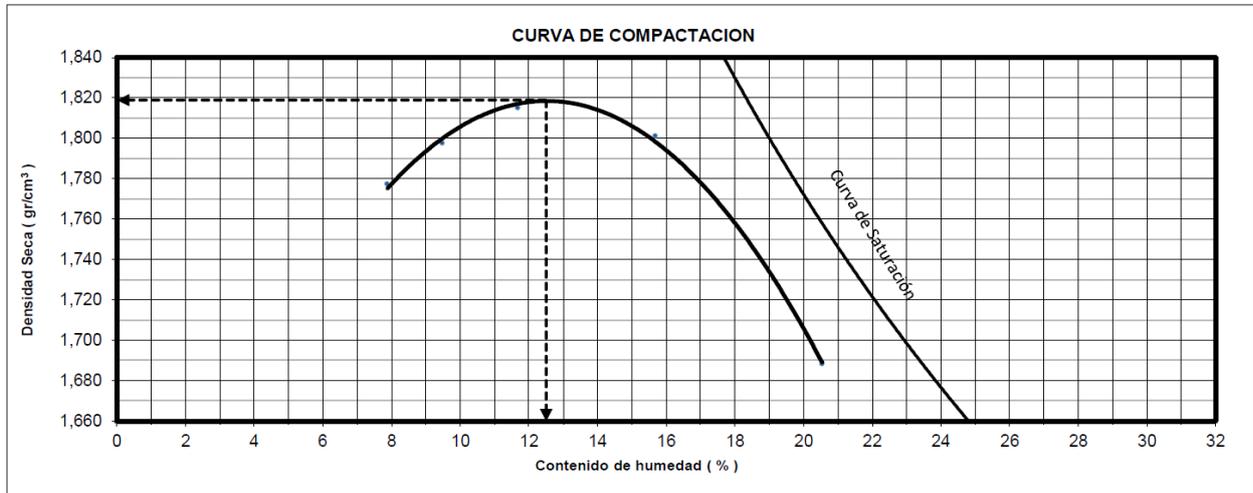
Determinación del contenido de humedad						
Punto No		1	2	3	4	5
Suelo húmedo+recipiente		197.55	185.1	162.54	177.82	193.69
Suelo seco+recipiente		185.35	171.74	148.73	157.88	165.9
Recipiente		30.37	30.8	30.45	30.71	30.56
Agua	W _w	12.2	13.36	13.81	19.94	27.79
Suelo seco	W _s	154.98	140.94	118.28	127.17	135.34
Contenido de humedad	W	7.87	9.48	11.68	15.68	20.53

Tabla 2.31*Compactación de la muestra de la calicata 2 muestra 2*

Compactación de la muestra						
Cantidad de agua añadida		50	100	200	400	600
Molde		6595	6595	6595	6595	6595
Suelo húmedo+molde		10652	10759	10884	11004	10901
Suelo húmedo	W _t	4057	4164	4289	4409	4306
Suelo seco: $W_t/(1+W/100)$	W _s	3760.9	3803.5	3840.6	3811.4	3572.5
Densidad húmeda: W_t/V	gh	1.917	1.968	2.027	2.084	2.035
Densidad seca: W_s/V	gd	1.777	1.797	1.815	1.801	1.688

Figura 2.39

Curva de compactación de la calicata 2 muestra 2

**Tabla 2.32**

Compactación de la calicata 2 muestra 2

Densidad seca máxima:	1.819 gr/cm ³
Humedad óptima:	12.5 %

- CBR

Tabla 2.33

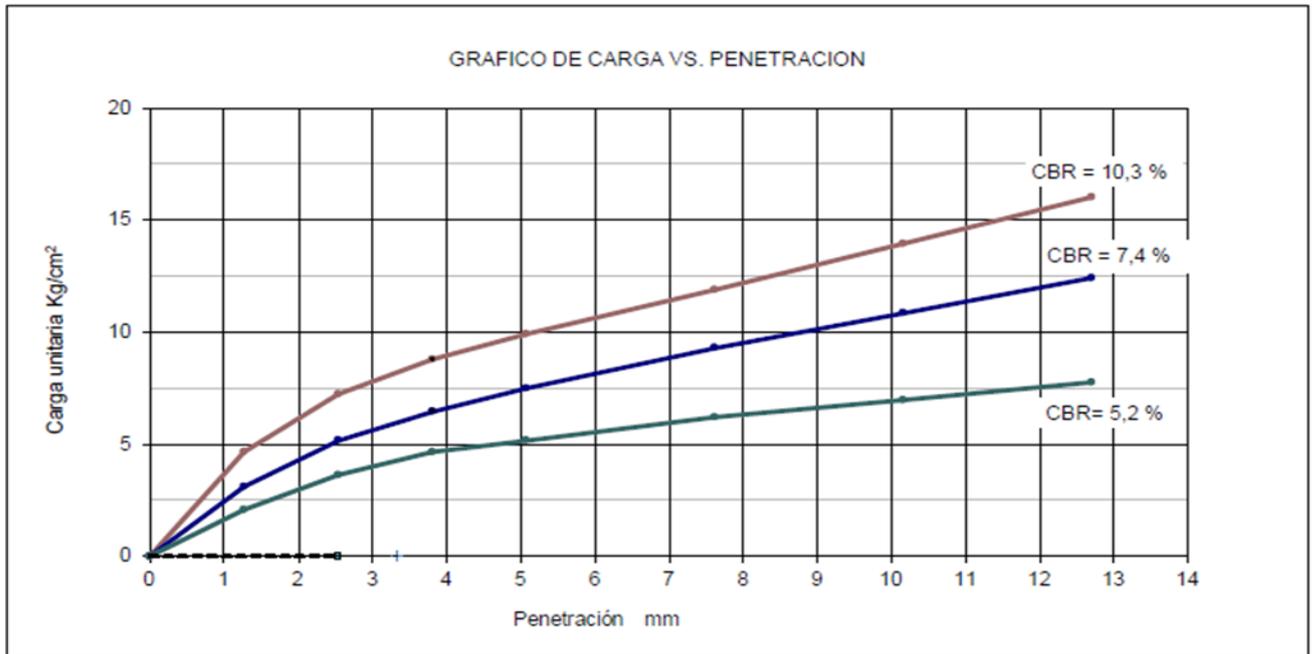
CBR de la Calicata 2 Capa 2

CALICATA 2 CAPA 2			
Datos de la muestra		Datos de ensayo de compactación	
LL%	42	Densidad máxima	1,819 T/m ³
IP%	10	Humedad óptima	12.50%
No 4%	50		
#200%	17		
SUCS	GM		
AASHTO	A-2-5		

Número de Golpes por Capa		56	25	12		
Antes de Inmersión						
Recipiente		u				
HUMEDAD	Peso húmedo + recipiente	g	168.85	184.12	178.3	
	Peso seco + recipiente	g	155.07	167.79	162.69	
	Peso Recipiente	g	30.69	30.92	30.83	
	Peso de agua	g	13.78	16.33	15.61	
	Peso seco	g	124.4	136.9	131.9	
	Contenido de humedad	%	11.08	11.93	11.84	
DENSIDAD	Molde + suelo húmedo	g	13181	12934	12638	
	Peso del molde	g	8668	8734	8784	
	Peso del suelo húmedo	g	4493	4200	3854	
	Peso del suelo seco	g	4044.9	3752.3	3446	
	Contenido de humedad	%	11.08	11.93	11.84	
	Densidad húmeda	T/m ³	2.046	1.913	1.755	
	Densidad seca	T/m ³	1.842	1.709	1.57	
HINCHAMIENTO						
Lectura inicial	mm	0.001	0.001	0.001		
Lectura final	mm	0.17	0.105	0.103		
Hinchamiento	%	3.38	2.08	2.04		
Después de Inmersión						
Molde						
Peso húmedo inicial + molde	g	13181	12934	12638		
Peso húmedo final + molde	g	13458	13274	13041		
Peso del molde	g	8668	8734	8784		
Peso húmedo inicial	g	4493	4200	3854		
Peso del agua absorbida	g	277	340	403		
% de agua absorbida	%	6.85	9.06	11.69		
Numero de golpes por capa	56	25	12	56	25	12
CARGA DE PENETRACIÓN EN kg			CARGA DE PENETRACIÓN EN kg/cm²			
1,27 mm	90	60	40	4.7	3.1	2.1
2,54mm	140	100	70	7.2	5.2	3.6
3,81mm	170	125	90	8.8	6.5	4.7
5,08mm	192	145	100	9.9	7.5	5.2
7,62mm	230	180	120	11.9	9.3	6.2
10,16mm	270	210	135	14	10.9	7
12,70mm	310	240	150	16	12.4	7.8

Figura 2.40

Grafica de carga vs penetración calicata 2 capa 2



2.4 Análisis de datos

Análisis de daños

Tabla 2.34

Daños localizados en las etapas 1, 2, 3 y 4

Daños	
A	Piel de cocodrilo
B	Bache
C	Fisura
D	Hundimiento
E	Erosión de bordillo cuneta
F	Levantamiento de carpeta asfáltica

Tabla 2.35*Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 1*

Zona de daño	Daño	Definición de daño	Posible solución
1,2,3	A	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas	Reemplazar las capas deterioradas y aplicar nuevas capas de asfalto
	D	Áreas hundidas causadas por compactación deficiente del suelo, erosión o fallas en la base	Agregar capas de material base compactado para nivelar.
4	B	Huecos en el pavimento causados por desgaste, fatiga o acción del agua	Remover el material dañado hasta la base y colocar una nueva capa de asfalto
5	A	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas	Reemplazar las capas deterioradas y aplicar nuevas capas de asfalto
	D	Áreas hundidas causadas por compactación deficiente del suelo, erosión o fallas en la base	Agregar capas de material base compactado para nivelar.
6	A	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas	Reemplazar las capas deterioradas y aplicar nuevas capas de asfalto
	D	Áreas hundidas causadas por compactación deficiente del suelo, erosión o fallas en la base	Agregar capas de material base compactado para nivelar.
	E	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones	Reconstruir el bordillo cuneta, aplicar materiales estabilizantes para mejorar la resistencia al desgaste y la erosión, además asegurar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje.
7	A	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas	Reemplazar las capas deterioradas y aplicar nuevas capas de asfalto
	C	Grietas delgadas y alargadas formadas debido a las tensiones térmicas, fatiga o movimiento del suelo	Aplicar sellador elástico en las fisuras para prevenir la entrada de agua.
	D	Áreas hundidas causadas por compactación deficiente del suelo, erosión o fallas en la base	Agregar capas de material base compactado para nivelar.
8	C	Grietas delgadas y alargadas formadas debido a las tensiones térmicas, fatiga o movimiento del suelo	Aplicar sellador elástico en las fisuras para prevenir la entrada de agua.

Tabla 2.36*Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 2*

Zona de daño	Daño	Definición de daño	Posible solución
1	A	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas	Reemplazar las capas deterioradas y aplicar nuevas capas de asfalto
	D	Áreas hundidas causadas por compactación deficiente del suelo, erosión o fallas en la base	Agregar capas de material base compactado para nivelar.
2	E	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones	Reconstruir el bordillo cuneta, aplicar materiales estabilizantes para mejorar la resistencia al desgaste y la erosión, además asegurar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje.

Tabla 2.37*Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 3*

Zona de daño	Daño	Definición de daño	Posible solución
1	E	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones	Reconstruir el bordillo cuneta, aplicar materiales estabilizantes para mejorar la resistencia al desgaste y la erosión, además asegurar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje.

Tabla 2.38*Descripción de los daños y posibles soluciones de la etapa 4*

Zona de daño	Daño	Definición de daño	Posible solución
1	C	Grietas delgadas y alargadas formadas debido a las tensiones térmicas, fatiga o movimiento del suelo	Aplicar sellador elástico en las fisuras para prevenir la entrada de agua.
	F	levantamiento del pavimento o separación de la capa base debido a expansión del suelo, presencia de agua o problemas de adherencia entre las capas del pavimento.	Corregir los problemas subyacentes como la deficiente compactación del suelo o presencia de agua y reemplazar el material base afectado
2	E	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones	reconstruir el bordillo cuneta, aplicar materiales estabilizantes para mejorar la resistencia al desgaste y la erosión, además asegurar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje.

Análisis de toma de muestras

Para tomar las muestras se seleccionaron 2 lugares separados por 200 metros, en estos lugares se encuentran daños considerables en la carpeta asfáltica, la calicata 1 (C-1) se realizó en la calle 7ma donde se encuentra localizado el levantamiento de la carpeta asfáltica, daño en acera y bordillo cuneta

Calicata 1**Figura 2.41***Calicata 1 ubicada en calle 7ma*

Al realizar la excavación se logró constatar que la estructura del pavimento tenía altos niveles de humedad, esto puede estar asociado a la presencia de una alcantarilla y un área verde cercano al lugar de la toma de las muestras.

Figura 2.42

Calicata 1 culminada por presencia de tubería



Calicata 2

Para la calicata 2 (C-2) la segunda toma de muestra se realizó en Av. 1ra a la altura de la manzana 2560 debido a la gran cantidad de daños en el pavimento como piel de cocodrilo, hundimientos y fisuras.

Figura 2.43

Calicata 2 ubicada en Av. 1ra



Análisis de ensayos de laboratorio

Tabla 2.39

Resultados de los ensayos de la calicata 1 muestra 1

CALICATA 1 (C-1)			
MUESTRA 1 [0,00 - 0,40]m			
TIPO DE SUELO			
SUBBASE TIPO 1			
SUCS	CG-CM	AASHTO	A-1-a
Límites de Atterberg			
Límite Líquido		23.1	
Límite Plástico		18.9	
Índice de Plasticidad		4.10%	
Proctor Modificado			
Densidad Máxima seca		2086 kg/m ³	
Humedad Óptima		8.40%	

Tabla 2.40

Resultados de los ensayos de la calicata 1 muestra 2

CALICATA 1 (C-1)			
MUESTRA 2 [0,40 - 1,50]m			
TIPO DE SUELO			
MEJORAMIENTO			
SUCS	GM	AASHTO	A-2-4
Límites de Atterberg			
Límite Líquido		30.1	
Límite Plástico		22.7	
Índice de Plasticidad		7.40%	
Proctor Modificado			
Densidad Máxima seca		1930 kg/m ³	
Humedad Óptima		12.40%	

Tabla 2.41*Resultados de los ensayos de la calicata 2 muestra 1*

CALICATA 2 (C-2)			
MUESTRA 1 [0,00 - 0,44]m			
TIPO DE SUELO			
MEJORAMIENTO			
SUCS	GC	AASHTO	A-2-6
Límites de Atterberg			
Límite Líquido	31.9		
Límite Plástico	18.7		
Índice de Plasticidad	13.10%		
Proctor Modificado			
Densidad Máxima seca	2180 kg/m ³		
Humedad Óptima	6.70%		

Tabla 2.42*Resultados de los ensayos de la calicata 2 muestra 2*

CALICATA 2 (C-2)			
MUESTRA 2 [0,44 - 1,50]m			
TIPO DE SUELO			
MEJORAMIENTO			
SUCS	GM	AASHTO	A-2-4
Límites de Atterberg			
Límite Líquido	42.0		
Límite Plástico	32.1		
Índice de Plasticidad	9.90%		
Proctor Modificado			
Densidad Máxima seca	1819 kg/m ³		
Humedad Óptima	12.50%		
CBR			
CBR a 56 golpes	10.30%		

2.5 Análisis de alternativas

2.5.1 Alternativa A

Reemplazar el diseño de la calle de la urbanización “Ciudad Olimpo” por hormigón hidráulico también conocido como pavimento rígido

Reemplazar la carpeta asfáltica de las calles de la urbanización “Ciudad Olimpo” por hormigón hidráulico, esto ayudaría a soportar cargas de tránsito mayores y la vida útil del pavimento se extendería con una reducción de costos en mantenimiento a largo plazo. Sin embargo, toleran menos las deformaciones incrementando las vibraciones y el ruido, el costo inicial es elevado con una huella de carbono alta.

2.5.2 Alternativa B

Solucionar de manera temporal la carpeta asfáltica parchando los baches que se encuentran en la calle de la urbanización “Ciudad Olimpo”.

Bachear cuando se presencian daños o deterioro en la carpeta asfáltica es una opción rápida y económica a corto plazo, los costos de mantenimiento se incrementan a largo plazo y pueden convertirse en puntos débiles por juntas irregulares causando superficies discontinuas lo que provocan un aumento de vibraciones además de ser parte de la contribución de desperdicios de materiales.

2.5.3 Alternativa C

Rediseñar el pavimento flexible de la urbanización “Ciudad Olimpo”

Realizar un rediseño del pavimento flexible considerando el estudio de mecánica de suelo de la urbanización “Caminos del Olimpo”, este tipo de pavimentos poseen un mejor rendimiento con un menor costo de construcción y una mayor capacidad de deformación, la capa de rodadura

conserva la continuidad lo que provoca una menor producción de ruido y una conducción suave además de tener una buena capacidad de reciclaje y una producción baja en energía.

Tabla 2.43

Descripción de propiedades de las alternativas

Propiedades	Colocación de hormigón hidráulico (Pavimento rígido)	Solución temporal (Parches en la carpeta asfáltica)	Rediseño de pavimento flexible
costo de construcción	Mayor costo de construcción	Menor costo de construcción	Menor costo de construcción
deformación	Menor deformación	Mayor deformación	Mayor deformación
tiempo de servicio	Mayor vida útil	Menor vida útil	Menor vida útil
absorción de esfuerzo	El hormigón absorbe el esfuerzo	Capacidad limitada para absorber y distribuir el esfuerzo	La mayor parte del esfuerzo es transmitido al suelo
mantenimiento	Menor costo de mantenimiento	Mayor costo de mantenimiento	Mayor costo de mantenimiento
drenaje	Menor drenaje	Menor drenaje	Mayor drenaje
Juntas	discontinuidad en la capa de rodadura	Juntas irregulares con posibilidad de convertirse en puntos débiles	Continuidad en la capa de rodadura
rendimiento	Menor rendimiento	Mayor rendimiento (rápida instalación y menor interrupción del tráfico)	Mayor rendimiento (Mayor area trabajada)
Adherencia	Menor adherencia en la superficie (resbaladizo cuando está mojado)	Variable (superficies irregulares)	Mayor adherencia (cuando está mojado la textura mantiene la adherencia)
confort	Moderada (buena estabilidad sin embargo tiene mayor vibración)	Baja (Mayor cantidad de vibraciones y sacudidas)	Alta (menos ruido y conducción suave)
sostenibilidad ambiental	Absorben menos calor, se reducen las emisiones de dióxido de carbono	Contribuyen al desperdicio de materiales	Buena capacidad de reciclaje y producción baja en energía

2.6 Selección de la mejor alternativa

Para la selección de la mejor alternativa se analiza cada una considerando los factores técnicos, económicos y sociales, entre los cuales se encuentran incluidos la durabilidad y resistencia a las cargas de tráfico, costos de construcción, mantenimiento e impacto ambiental. Considerando estos factores se designa una escala con valores del 1 al 5 donde 1 es muy malo y 5 muy bueno.

Tabla 2.44

Valoración de propiedades en escala de 1 a 5

Propiedades	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Inversión	1	5	3
tiempo de servicio	5	2	4
mantenimiento	5	2	3
drenaje	3	3	5
Ejecución	2	5	4
Adherencia	4	3	5
Comfort	4	3	5
Impacto ambiental	1	5	4

Tabla 2.45

Calificación de alternativas

Propiedades	%	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Inversión	16%	3%	16%	10%
tiempo de servicio	13%	13%	5%	10%
mantenimiento	14%	14%	6%	8%
drenaje	11%	7%	7%	11%
Ejecución	14%	6%	14%	11%
Adherencia	12%	10%	7%	12%
Comfort	13%	10%	8%	13%
Impacto ambiental	7%	1%	7%	6%
TOTAL	100%	64%	69%	81%

De acuerdo con los puntajes obtenidos para cada una de las alternativas considerando las propiedades de mayor importancia a destacar se establece que la alternativa C es la mejor opción con un 81% como mayor puntaje obtenido.

A pesar de que la alternativa A tiene varios factores que pueden considerarse buenos no resulta viable debido a los elevados costos de construcción estimando la demanda de vehículos que circulan por el sector.

La alternativa C muestra un mejor puntaje en el drenaje a comparación de las otras alternativas, algo indispensable en este proyecto debido a que se evita la acumulación del agua en la superficie mejorando la seguridad vial en condiciones lluviosas, además de poseer una textura superficial adecuada que mejora la adherencia dando como resultado un mejor control del vehículo.

Capítulo 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseños

Para el diseño del pavimento flexible se seguirá las directrices de la normativa local correspondiente. Se tomó la normativa local Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes NEVI-12-MTOP (MTOP, 2013) y para consultas adicionales, en caso de no encontrar referencias, se dispondrá de la información brindada por la Guía de AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento (AASHTO, 1993).

Para el diseño de soluciones efectivas en el desarrollo de este proyecto se recopiló la información de los daños presentados dentro de las etapas como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.1

Conteo de zonas daños para diseño

	Etapas			
	1	2	3	4
Zonas de Daño (Ubicaciones)	8	2	1	2

Tabla 3.2

Conteo de daños en etapas

	Etapas			
	1	2	3	4
	Daños			
Piel de cocodrilo	6	1		
Bache	1			
Fisura	1			1
Hundimiento	4	1	1	
Erosión de bordillo cuneta	1	1	1	1
Levantamiento de carpeta asfáltica				1

Tabla 3.3*Descripción de los daños de la etapa 1*

Zona de daño	Daño	Definición de daño
1,2,3	Piel de Cocodrilo	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas
	Hundimiento	Causado por falta de drenaje, material inadecuado, mala compactación, erosión por fallas no arregladas en capa de rodadura
4	Bache	Huecos en el pavimento causados por desgaste, fatiga o acción del agua
5	Piel de Cocodrilo	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas
	Hundimiento	Causado por falta de drenaje, material inadecuado, mala compactación, erosión por fallas no arregladas en capa de rodadura
6	Piel de Cocodrilo	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas
	Hundimiento	Causado por falta de drenaje, material inadecuado, mala compactación, erosión por fallas no arregladas en capa de rodadura
	Erosión de bordillo cuneta	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones
7	Piel de Cocodrilo	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas
	Fisuras	Grietas delgadas y alargadas formadas debido a las tensiones térmicas, fatiga o movimiento del suelo
	Hundimiento	Causado por falta de drenaje, material inadecuado, mala compactación, erosión por fallas no arregladas en capa de rodadura
8	Fisuras	Grietas delgadas y alargadas formadas debido a las tensiones térmicas, fatiga o movimiento del suelo

Tabla 3.4*Descripción de los daños de la etapa 2*

Zona de daño	Daño	Definición de daño
1	Piel de Cocodrilo	Patrón de fisuras o grietas interconectadas que indican la fatiga del pavimento debido a cargas repetitivas
	Hundimiento	Causado por falta de drenaje, material inadecuado, mala compactación, erosión por fallas no arregladas en capa de rodadura
2	Erosión de bordillo cuneta	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones

Tabla 3.5*Descripción de los daños de la etapa 3*

Zona de daño	Daño	Definición de daño
1	Erosión de bordillo cuneta	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones

Tabla 3.6*Descripción de los daños de la etapa 4*

Zona de daño	Daño	Definición de daño
1	Fisuras	Grietas delgadas y alargadas formadas debido a las tensiones térmicas, fatiga o movimiento del suelo
	Levantamiento de carpeta asfáltica	levantamiento del pavimento o separación de la capa base debido a expansión del suelo, presencia de agua o problemas de adherencia entre las capas del pavimento.
2	Erosión de bordillo cuneta	Desgaste gradual de la estructura del bordillo cuneta causado por el flujo del agua o el constante contacto con vehículos y peatones

Donde el daño más frecuente es la piel de cocodrilo, que dependiendo de su nivel de severidad y tiempo de exposición conllevan hundimientos. El daño de bordillos cunetas están presentes en todas las etapas, debido a esto se realizó un análisis individual a los problemas y a cada una de sus posibles soluciones.

MANUAL DE REPARACIÓN DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

A continuación, se realizará un manual de reparación para los distintos tipos de daños, con información recopilada de Manual del Ministerio de Transporte de Obras Públicas del Ecuador (MTOPE, 2013) y del Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP, 2023).

A. Piel de cocodrilo.

Método constructivo para reparación de piel de cocodrilo:

1. Evaluación y preparación del área

- Realizar una inspección de cada una de las áreas afectadas para determinar cada una de las extensiones de daño.
- Marcar el área incluyendo todas las áreas afectadas por este daño
- Realizar el corte de la carpeta asfáltica previamente delimitada con cortadora de asfalto, este corte debe ser perpendicular al pavimento para facilitar su extracción.

2. Excavación y retiro de material dañado

- Retirar todo el material afectado, carpeta asfáltica, base y subbase en el caso de ser necesario. La profundidad de excavación dependerá de la extensión de daño.
- Limpiar el área excavada de cualquier residuo suelto o polvo utilizando una sopladora de aire.

3. Reparación de la estructura del pavimento

- Si se identifica que las distintas capas de la estructura están dañadas o son inadecuadas, se debe realizar el material defectuoso con una base y subbase de buena calidad con una compactación adecuada, esta compactación se debe realizar en capas de máximo 30 cm.

4. Aplicación de la nueva carpeta asfáltica

- Aplicar una capa de imprimación asfáltica sobre la superficie preparada para asegurar una buena adherencia entre la base y la nueva carpeta asfáltica.
- Colocar una nueva mezcla asfáltica caliente en el área previamente excavada.
- Compactar la nueva capa de asfalto utilizando rodillos vibratorios y neumáticos hasta alcanzar la densidad y nivelación adecuada. Repetir este proceso hasta que se asegure una compactación uniforme y acorde a los requerimientos.

5. Acabado

- Asegurar que la superficie arreglada este nivelada y lisa. Corregir imperfecciones antes que se enfríe completamente el asfalto

6. Entrega de los trabajos

- Para realizar la entrega del trabajo se debe permitir que el asfalto enfríe y endurezca adecuadamente.
- Señalar el área trabajada utilizando barricadas y señales de advertencia para protegerla hasta su apertura al tráfico.

B. Baches

Método constructivo para reparación de baches:

1. Evaluación y preparación del área

- Realizar una inspección del bache para determinar la extensión de daño y de ser necesario la reparación de las capas subyacentes.
- Marcar el área del bache con pintura, cal o tiza, extendiéndola unos centímetros adicionales del borde para asegurar una reparación adecuada.

2. Excavación y retiro de material dañado

- Retirar todo el material afectado, carpeta asfáltica, base y subbase en el caso de ser necesario. La profundidad de excavación dependerá de la extensión de daño.
- Limpiar el área excavada de cualquier residuo suelto o polvo utilizando una sopladora de aire.

3. Aplicación de la nueva carpeta asfáltica

- Aplicar una capa de imprimación asfáltica sobre la superficie preparada para asegurar una buena adherencia entre la base y la nueva carpeta asfáltica.
- Colocar una nueva mezcla asfáltica caliente en el área previamente excavada.
- Compactar la nueva capa de asfalto utilizando rodillos vibratorios y neumáticos hasta alcanzar la densidad y nivelación adecuada. Repetir este proceso hasta que se asegure una compactación uniforme y acorde a los requerimientos.

4. Acabado

- Asegurar que la superficie arreglada este nivelada y lisa. Corregir imperfecciones antes que se enfríe completamente el asfalto

5. Entrega de los trabajos

- Para realizar la entrega del trabajo se debe permitir que el asfalto enfríe y endurezca adecuadamente.
- Señalar el área trabajada utilizando barricadas y señales de advertencia para protegerla hasta su apertura al tráfico.

C. Fisuras

Método constructivo para reparación de fisuras:

1. Evaluación y preparación del área

- Realizar una inspección de las fisuras para determinar su tipo, extensión y profundidad.

2. Preparación de la fisura

- Utilizar una fresadora o cortadora de fisuras para ensanchar la fisura a un ancho uniforme de 10 mm y una profundidad entre 10mm y 20mm. Asegurando una buena adhesión del sellador.
- Después del corte se debe limpiar con aire comprimido para eliminar posibles residuos.

3. Aplicación del Sellador

- Rellenar la fisura con un sellador de alta calidad, adecuado, para pavimentos asfálticos. El sellador puede ser de emulsiones bituminosas o sellador de polímeros.

4. Acabado

- Usar una espátula o una herramienta de acabado para nivelar el sellador y asegurar que esté al ras con la superficie de la carpeta asfáltica. En algunos casos, se puede usar un rodillo para compactar ligeramente el sellador.
- Permitir que el sellado cure adecuadamente, previo a la apertura al tráfico.

5. Entrega de los trabajos

- Señalar el área trabajada utilizando barricadas y señales de advertencia para asegurar que el sellador esté totalmente curado y listo para su apertura al tráfico.
- Realizar una inspección final para asegurar que todas las fisuras estén adecuadamente selladas y que el área esté segura para el tráfico.

D. Hundimientos

Método constructivo para reparación de hundimientos:

1. Evaluación y preparación del área

- Realizar una inspección de cada una de las áreas afectadas para determinar cada una de las extensiones de daño.
- Marcar el área incluyendo todas las áreas afectadas por este daño
- Realizar el corte de la carpeta asfáltica previamente delimitada con cortadora de asfalto, este corte debe ser perpendicular al pavimento para facilitar su extracción.

2. Excavación y retiro de material dañado

- Retirar todo el material afectado, carpeta asfáltica, base y subbase en el caso de ser necesario. La profundidad de excavación dependerá de la extensión de daño.
- Limpiar el área excavada de cualquier residuo suelto o polvo utilizando una sopladora de aire.

3. Reparación de lavado de material

- Identificar los puntos de filtraciones de agua y repararlos.
- Realizar pruebas para asegurar que las filtraciones hayan sido rellenadas y selladas para evitar el lavado de finos en las capas de la estructura del pavimento.

4. Reparación de la estructura del pavimento

- Si la base o subbase fueron afectadas por las fugas o filtraciones, deben ser reemplazadas con materiales adecuados y compactarlos para asegurar una base sólida.
- Compactar cada capa de la estructura en capas de máximo 25cm hasta alcanzar la densidad requerida.

5. Aplicación de la nueva carpeta asfáltica

- Aplicar una capa de imprimación asfáltica sobre la superficie preparada para asegurar una buena adherencia entre la base y la nueva capa de rodadura.
- Colocar una nueva mezcla asfáltica caliente en el área previamente excavada.
- Compactar la nueva capa de asfalto utilizando rodillos vibratorios y neumáticos hasta alcanzar la densidad y nivelación adecuada. Repetir este proceso hasta que se asegure una compactación uniforme y acorde a los requerimientos.

6. Reparación y protección de alcantarilla

- Aplicar sellador impermeable alrededor de la tapa de la alcantarilla para prevenir futuras filtraciones de agua.

7. Acabado

- Asegurar que la superficie arreglada este nivelada y lisa. Corregir imperfecciones antes que se enfríe completamente el asfalto

8. Entrega de los trabajos

- Para realizar la entrega del trabajo se debe permitir que el asfalto enfríe y endurezca adecuadamente.

- Señalar el área trabajada utilizando barricadas y señales de advertencia para protegerla hasta su apertura al tráfico.

E. Erosión de bordillos cunetas

Método constructivo para reparación de bordillos cunetas:

1. Evaluación y preparación del área

- Realizar una inspección del área erosionada para determinar la extensión y la profundidad de los daños. Identificar las causas de la erosión, como flujo de agua inadecuado, problemas de diseño o malos procesos constructivos.
- Marcar el área incluyendo todas las áreas afectadas por este daño para tener una referencia clara de la zona a reparar.
- Remover materiales sueltos, erosionado o inestable en la zona afectada.

2. Preparación de superficie

- Retirar todo el material afectado, residuo suelto, tierra, polvo o vegetación presente.
- Excavar la zona erosionada hasta llegar a suelo estable. Ensanchar y profundizar la excavación para asegurar una base sólida, realizar esto en caso de ser necesario.

3. Reparación del bordillo cuneta

- Si se identifica que la base y subbase están erosionadas, se debe reemplazar con materiales adecuados y compactarlos bien para asegurar una base sólida.
- Si el bordillo cuneta está dañado, se debe remover las secciones deterioradas y reemplazarlas con nuevos bordillos de hormigón. Se debe asegurar que los bordillos estén alineados y nivelados.

4. Control de la erosión

- Aplicar técnicas de control de erosión, como la instalación de geotextiles, para proteger la superficie reparada y prevenir futuras afectaciones.
- Constatar que el sistema de drenaje sea el adecuado para manejar el flujo de agua.

5. Acabado

- Nivelar la superficie reparada para asegurar una transición uniforme entre las áreas reparadas y la existentes.

6. Entrega de los trabajos

- Permitir que el hormigón fragüe y cure debidamente antes de abrir el área reparada al tráfico.
- Señalar el área trabajada utilizando barricadas y señales de advertencia para protegerla hasta su apertura al tráfico.

F. Levantamiento de carpeta asfáltica

Método constructivo para reparación levantamiento de carpeta asfáltica por fugas de agua:

1. Evaluación y preparación del área

- Realizar una inspección de cada una de las áreas afectadas para determinar cada una de las extensiones de daño.
- Marcar el área incluyendo todas las áreas afectadas por este daño
- Realizar el corte de la carpeta asfáltica previamente delimitada con cortadora de asfalto, este corte debe ser perpendicular al pavimento para facilitar su extracción.

2. Excavación y retiro de material dañado

- Retirar todo el material afectado, carpeta asfáltica, base y subbase en el caso de ser necesario. La profundidad de excavación dependerá de la extensión de daño.
- Limpiar el área excavada de cualquier residuo suelto o polvo utilizando una sopladora de aire.

3. Reparación de fugas de agua

- Identificar la fuente de las fugas y repararla. Esto puede incluir la reparación o reemplazo de tuberías, uniones o accesorios.
- Realizar pruebas para asegurar que la fuga ha sido reparada en su totalidad antes de proceder con la reparación del pavimento.

4. Reparación de la estructura del pavimento

- Si la base o subbase fueron afectadas por las fugas o filtraciones, deben ser reemplazadas con materiales adecuados y compactarlos para asegurar una base sólida.
- Compactar cada capa de la estructura en capas de máximo 25cm hasta alcanzar la densidad requerida.

5. Aplicación de la nueva carpeta asfáltica

- Aplicar una capa de imprimación asfáltica sobre la superficie preparada para asegurar una buena adherencia entre la base y la nueva capa de rodadura.
- Colocar una nueva mezcla asfáltica caliente en el área previamente excavada.
- Compactar la nueva capa de asfalto utilizando rodillos vibratorios y neumáticos hasta alcanzar la densidad y nivelación adecuada. Repetir este proceso hasta que se asegure una compactación uniforme y acorde a los requerimientos.

6. Reparación y protección de alcantarilla

- Aplicar sellador impermeable alrededor de la tapa de la alcantarilla para prevenir futuras filtraciones de agua.

7. Acabado

- Asegurar que la superficie arreglada este nivelada y lisa. Corregir imperfecciones antes que se enfríe completamente el asfalto

8. Entrega de los trabajos

- Para realizar la entrega del trabajo se debe permitir que el asfalto enfríe y endurezca adecuadamente.
- Señalar el área trabajada utilizando barricadas y señales de advertencia para protegerla hasta su apertura al tráfico.

DISEÑO DE PAVIMENTO

Consideraciones:

Durante la etapa de toma de muestras se logró observar que la estructura existente de pavimento flexible que se encuentra en el lugar no es una estructura apta, debido a que por la normativa nacional vigente la estructura de un pavimento flexible debe estar compuesta por

1. Carpeta asfáltica
2. Capa de base
3. Capa de subbase
4. Subrasante

Por lo tanto, la estructura no es apta para reparaciones, sino que se debe rediseñar, para el diseño del pavimento se utilizó el archivo de Microsoft Excel de pavimentos flexibles realizado por AASHTO donde se solicita el cálculo de los siguientes valores mediante el uso del método AASHTO93.

Para obtener el Número Estructural de la subrasante de deben determinar el módulo de resiliencia, confiabilidad y desviación estándar, Serviciabilidad inicial y final, finalmente los ejes equivalentes.

MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (M_R)

Para CBR entre 2% y 12% se utiliza la siguiente expresión:

$$M_R(\text{psi}) = 2555 * CBR^{0.64} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

$$CBR_{\text{subrasante}} = 10.3\%$$

Reemplazando en Ecuación 3.1 se obtiene:

$$M_R = 11366 \text{ psi}$$

CONFIABILIDAD (R) Y DESVIACIÓN ESTANDAR

Se toman valores de tabla AASHTO 93

Figura 3.1

Valores de Desviación Estándar (Z_R) correspondientes a los niveles de confiabilidad seleccionados.

Reliability, R (percent)	Standard Normal Deviate, Z_R
50	-0 000
60	-0 253
70	-0 524
75	-0 674
80	-0 841
85	-1 037
90	-1 282
91	-1 340
92	-1 405
93	-1 476
94	-1 555
95	-1 645
96	-1 751
97	-1 881
98	-2 054
99	-2 327
99 9	-3 090
99 99	-3 750

Fuente: AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES (AASHTO, 1993)

Los valores de Desviación estándar para pavimentos flexibles se toman de la siguiente tabla:

Tabla 3.7

Desviación Estándar (So)

Desviación estándar	
0.30 – 0.40	Pavimentos Rígidos
0.40 – 0.50	Pavimentos Flexibles

Donde el diseño a realizarse es un pavimento flexible por lo tanto se selecciona el valor de

$$So = 0.45$$

SERVICIALIDAD INICIAL Y FINAL (Δ PSI)

Para obtener estos valores se recurre a la tabla de Serviciabilidad, donde se escoge el nivel de servicio inicial del pavimento y el nivel de servicio que tendrá al final de su vida útil.

Tabla 3.8

Niveles de Serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 - 4	Muy Buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy Mala

Fuente: AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES (AASHTO, 1993)

Debido a que se desea entregar un proyecto en el cual el asfalto brinde un confort elevado a los usuarios se selecciona lo siguiente para la serviciabilidad inicial y final.

Serviciabilidad Inicial = 4.5

Serviciabilidad Final = 2

EJES EQUIVALENTES (ESALs)

Teniendo en cuenta que en el sector se tiene limitado el acceso de vehículos a exclusivamente vehículos livianos, se procede con el cálculo de ejes equivalentes mediante la siguiente expresión:

$$ESALs = (TPD) * 365 * F_{ca} * F_d * F_c * F_{vp} * F_p \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde:

TPD: Tráfico promedio diario

F_{ca} : Factor de crecimiento anual

F_d : Factor direccional

F_c : Factor de distribución por carril

F_{vp} : Factor camión

F_p : Factor neumático

Por lo tanto, se realizan los cálculos para hallar los valores:

Tráfico Promedio Diario

Este valor es del aforo realizado en el lugar donde se obtuvo que:

$$TPD = 356 \text{ vehículos/día}$$

Factor de Crecimiento Anual

Este valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Donde:

- n = Número de años del período de diseño = 20 años
- r = tasa de crecimiento anual (en decimales) = 3% = 0.03

Reemplazando en Ecuación 3.3, se obtiene que

$$Fca = 26.87$$

Factor direccional, Factor carril y Factor neumático

$$F_d = 0.5, \text{ calle de dos carriles bidireccional}$$

$$F_c = 1$$

$$F_p = 1$$

Factor de camión

Tomando en cuenta que los ejes simples el valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$EE_{S1} = \left(\frac{P_1}{6.6} \right)^{4.0} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Tomando en cuenta que los ejes simples el valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$EE_{S2} = \left(\frac{P_2}{6.6} \right)^{4.0} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

Donde para obtener el valor se tiene que realizar la suma de ambos ejes simples donde:

$$F_{vp} = EE_{S1} + EE_{S2} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

Tomando en cuenta los pesos por ejes de los vehículos livianos, no representan un impacto a los pavimentos se considera el vehículo 2D para el diseño tenemos que:

Figura 3.2

Ejes vehículo 2D



Fuente: *Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones*

Teniendo que:

- $P_1 = 3 \text{ Ton}$
- $P_2 = 4 \text{ Ton}$

Se reemplaza en ecuación 3.6 y se obtiene que:

$$F_{vp} = 0.18$$

Reemplazando en Ecuación 3.2, obtenemos que:

$$ESALs = 314,234$$

Cabe recalcar que el valor de ejes equivalentes es realmente bajo debido al impacto mínimo que tienen los vehículos livianos en la estructura del pavimento, además del tráfico limitado que existe en el sector.

NÚMERO ESTRUCTURAL DE SUBRASANTE (SN)

Una vez obtenida toda la información correspondiente de los valores necesarios para el cálculo del número estructural de la subrasante, se procede a colocar los datos previamente calculados en el programa.

Figura 3.3:

Número estructural subrasante

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and a calculation button. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiability (R) and Standard Deviation (So)' section has '90 % Zr=-1.282' selected and 'So' set to 0.45. The 'Serviciabilidad inicial y final' section has 'PSI inicial' set to 4.5 and 'PSI final' set to 2. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section has 'Mr' set to 11366 psi. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 314234' displayed. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 2.38'. At the bottom, there are 'Calcular' and 'Salir' buttons.

Fuente: *Cálculo del Número estructural AASHTO 1993 (Vásquez, 2000)*

NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO PARA DISEÑO DE PAVIMENTO

Para el diseño de los espesores se tiene en cuenta los espesores necesarios para cada una de las capas, los cuales deben superar al requerido por la estructura del pavimento:

$$SN_{Requerido} = SN_{Subrasante} \text{ (Ecuación 3.6)}$$

Donde se obtiene que el número estructural requerido por las demandas que tiene el pavimento es:

$$SN_{Requerido} = 3.20$$

VERIFICACIÓN DE ESPESORES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Finalmente se coloca los datos en el programa de Verificación de AASHTO 93 MODIFICADO donde se obtendrá un diseño en el cual cumpla con las demandas del diseño, donde se consideraron los espesores mínimos de las capas brindados por AASHTO.

Tabla 3.9:

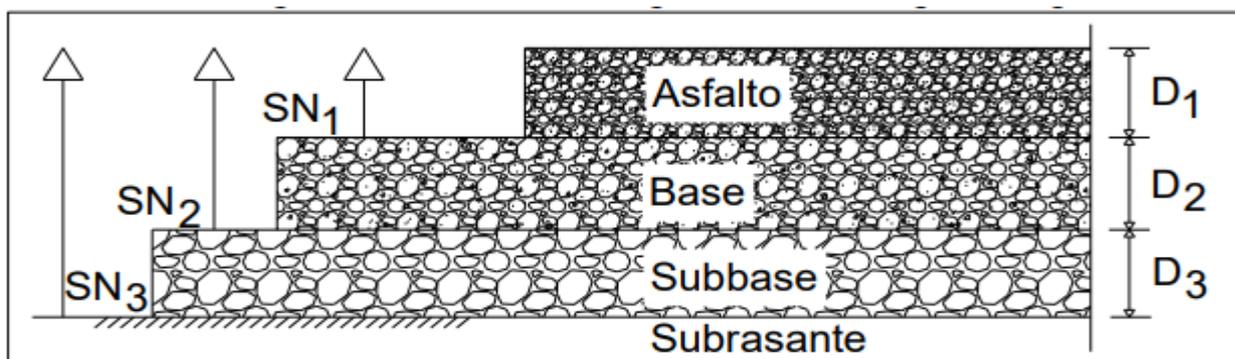
Espesores mínimos recomendados para diseño de espesores de capas

Espesores mínimos (pulgadas)		
Tránsito de diseño (Ejes equivalentes de 18 kips)	Carpeta asfáltica	Base Granular
Menor a 50000	1 o Tratamiento superficial	4.0
50001 – 150000	2.0	4.0
150001 – 500000	2.5	4.0
500001 - 2000000	3.0	6.0
2000001 - 7000000	3.5	6.0
Mayor a 7000000	4.0	6.0

Fuente: AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES (AASHTO, 1993)

Figura 3.4:

Determinación de espesores de las capas de pavimento



Fuente: AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES (AASHTO, 1993)

Mezcla Asfáltica

Se eligió usar una mezcla asfáltica Marshall de 6000N debido a que llega a una resistencia que puede soportar hasta 6000N ideal para ser empleado en calles de tráfico ligero, tales como calles residenciales o urbanizaciones que requieren una menor demanda estructural.

Tabla 3.10

Resultados de la verificación AAHTO 93 diseño modificado

VERIFICACION AASHTO 93 DISEÑO MODIFICADO (valores ai)							R	zr
CBR suelo	10.30		R	90.0%			90	1.285
Zr	1.282		Zr*So	0.576900			85	1.035
So	0.450		SN+1	4.752932			80	0.841
Pi	4.5		ΔPSI	-0.014151	Mr (Mpa)		75	0.674
Pf	2.0		log(Mr)	1.3	78.29		70	0.525
EE (diseño)	314.234		W18	314.872			65	0.385
SN(Sugerido)	6,05			314.234			60	0.253
							55	0.125
							50	0.000
SN Requerido	6,05	OK	CAPAS	ESPESOR	ai	mi	SN	
Est			ASF.1	0.0	0.43		0.00	
			ASF.2	0.0	0.41		0.00	
			ASF.3	10.5	0.33		3.47	
			CAPA.4	10.0	0.13	1.00	1.30	
			CAPA.5	14.0	0.12	1.00	1.68	
				35		TOTAL	6,45	
							OK	
CBR base	90,00		R	90%				
Zr	1.282		Zr*So	0.576900			3,30	
So	0.45		SN+1	3,531115				
Pi	4.50		ΔPSI	-0.003433	Mr (Mpa)			
Pf	2.00		log(Mr)	2.6	262.56			
EE (diseño)	314.234		W18	320.766				
SN(Sugerido)	3,81			314.234		1.28		
				187.375				
SN req asfalto	3,82	OK	CAPAS	ESPESOR	ai	mi	SN	
SN iterado	3,438		ASF.1	0,0	0.43		0.00	
			ASF.2	0,0	0.41		0.0	
			ASF.3	10,5	0.33		3,47	
						TOTAL	3,47	
							OK	

Memoria de Calculo: Diseño pavimento asfaltico método AASHTO-93

Periodo de diseño de 20 años

Datos de diseño:

Transito EE acumulados a 20 años: 314.234

Suelo de fundación CB: 10.3%

Datos de proyecto:

Nivel de confiabilidad (R): 90%

Desviación normal (So): 0.45

Índice de Serviciabilidad inicial (pi): 4.50

Índice de Serviciabilidad final (pf): 2.00

Calculo parámetros formula AASHTO-93:

Variación índice de Serviciabilidad (Δ PSI): 2.5

Modulo resiliente subrasante (Mr):78.3 MPa

Coefficiente de confidencialidad: 1.282

Cálculo del número estructural requerido:

NE Requerido para estructura: 6,05 cm

NE Requerido para carpeta asfáltica: 3,44cm

Diseño estructural del pavimento

Coefficiente estructural:

	ai	mi
Capa 1: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 9.000 N	0.43	
Capa 2: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0.41	
Capa 3: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 6.000 N	0.33	
Capa 4: Base Granular Estabilizada, CBR min. 80%	0.13	1.00
Capa 5: Subbase Granular, CBR min. 40%	0.12	1.00

Diseño de espesores:

	Espesor (cm)	ai	mi	NEi (cm)	
Capa 1	0.0	0.43		0.00	
Capa 2	0.0	0.41		0.00	
Capa 3	10.5	0.33		3.47	
Capa 4	10.0	0.13	1.00	1.30	
Capa 5	14.0	0.12	1.00	1.68	
	34.5				
			N.E. Estruct.	6.45	OK
			N.E. Asf.	3.47	OK

VERIFICACIÓN DE ESPESORES CON NÚMERO ESTRUCTURAL

Una vez calculados los espesores con el programa de verificación, se debe revisar si estos cumplen con el valor de $SN_{requerido}$ para comprobar si el diseño satisface las demandas requeridas para el pavimento:

$$SN_{Estructura} \geq SN_{requerido}$$

Donde:

- $SN_{Estructura} = 6.45$
- $SN_{requerido} = 3.54$

$$9.93 \geq 3.54 \quad OK$$

Una vez comprobado el diseño que cumple con los requerimientos de espesores por el número estructural, se determinó que los espesores de diseño son los siguientes:

Tabla 3.11

Espesores de diseño calculados

Espesores de diseño	
Carpeta Asfáltica	10.5 cm
Base	10 cm
Subbase	14 cm

3.2 Especificaciones Técnicas

Se llevó a cabo una lista de actividades que detallan los puntos que se van a realizar durante el proceso constructivo con sus respectivas especificaciones técnicas que detallan los equipos y trabajadores necesarios para ejecutar el rubro además de considerar la calidad, procedimiento y medida de pago de cada uno. (León Toledo, 2018)

Tabla 3.12

Listado de actividades del proceso constructivo

N. Rubro	rubro	descripción	unidad
1. MOVIMIENTOS DE TIERRA			
1	1.1	Corte y remoción de carpeta asfáltica e:0.07cm	m2
2	1.2	Desalojo de material asfáltico	m3/km
3	1.3	Excavación y desalojo a maquina	m3
4	1.4	Replanteo y nivelación	m2
5	1.5	Relleno con material de préstamo importado	m3/km
2 BORDILLOS, PAVIMENTOS, ACERAS EXTERIORES			
6	2.1	Subbase clase 1	m3
7	2.2	Base clase 1	m 3
8	2.3	Riego de imprimación	m2
9	2.4	Capa de rodadura /Asfáltico E=18cm	m 2
10	2.5	Construcción de bordillo cuneta	ml
11	2.6	Construcción de sumideros	u
3. ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL			
12	3.1	Cinta plástica de seguridad	u
13	3.2	Agua para control de polvo	m3
14	3.3	Contenedor metálico de basura (3x6) m	u

Rubro: Corte y remoción de carpeta asfáltica

Código: 1.1

Unidad: m²

- **Descripción**

La actividad se refiere a la remoción de la carpeta asfáltica superficial mediante fresado o recuperadora de pavimento bituminoso existente en una capa con la finalidad de restaurar tanto el perfil transversal como el longitudinal en zonas que se encuentren afectadas. La remoción será efectuada en los lugares que sean señalados en el plano o sean indicados por el fiscalizador.

- **Equipo mínimo**

Fresadora, recuperadora o perfiladora.

- **Mano de obra calificada mínima**

Operador de carro de imprimación.

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Procedimiento**

La remoción debe ser ejecutada a temperatura ambiente, por la acción del fresado con equipos adecuados, deben ser reducidas el número de pasadas de este tanto como sea posible, esto con la finalidad de minimizar las perturbaciones para el desarrollo normal del tránsito vehicular y peatonal. Este trabajo se debe ejecutar considerando el “Reglamento de seguridad para la construcción y obras públicas” y la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2266 referente al transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.

Los trabajos de remoción se realizarán de manera manual, mecánica, con fresadora, recuperadora o perfiladora para sacar la capa de pavimento de forma que elimine baches, surcos, agujeros y otras imperfecciones de la superficie.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será en metros cuadrados (m²) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Estos precios considerarán el material a emplearse, mano de obra, equipo, transporte, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos.

Rubro: Desalojo de material de material asfáltico

Código: 1.2

Unidad: m³/km

- **Descripción**

Se refiere al material proveniente de la excavación del pavimento flexible producido por el corte y remoción de la carpeta para removerlos.

- **Procedimiento**

El uso de maquinaria pesada será responsabilidad del constructor, en caso de ocasionar daños a ductos, tuberías o similares. No se permitirá la obstaculización vehicular o peatonal con escombros o productos de excavaciones, en caso de hacerlo se deberá anotar en el libro de obra el plazo de limpieza, el contratista estará sujeto a multas de acuerdo con lo estipulado en el contrato, se prohíbe interrumpir las vías de circulación sin el permiso correspondiente y el contratista se encuentra obligado a solicitar el catastro de las obras existentes.

La capa vegetal removida en forma separada se acumulará y desalojará del area de trabajos. Durante la construcción y hasta que se haga la repavimentación definitiva, se mantendrá la superficie de la calle libre de polvo, lodo, desechos o escombros.

- **Ensayos y Tolerancias**

Los materiales están sujetos a inspección y aprobación por la fiscalización. Los materiales excavados que no se vayan a usar se deben desalojar fuera del area de trabajo.

- **Medición y forma de pago**

La cantidad para el pago del rubro será en metros cúbicos (m³) aprobado por fiscalización de acuerdo con las bases de la medición ejecutada en sitio

Rubro: Replanteo y nivelación

Código: 1.3

Unidad: m²

- **Descripción**

La actividad se refiere al replanteo y nivelación del terreno, confirmar las longitudes y los niveles llevados de los planos arquitectónicos y o las órdenes del fiscalizador al sitio donde el proyecto se construirá, este paso es previo a la construcción.

- **Material**

Tiras de encofrado de 1" x 4 m, clavos de 2" a 3 ½" y caña.

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será en metros cuadrados (m²) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Estos precios considerarán el material a emplearse, mano de obra, equipo, transporte, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos.

Rubro: Excavación y desalojo a máquina

Código: 1.4

Unidad: m³

- **Descripción**

La excavación se realiza a máquina de todos los materiales de cualquier clase que se encuentren durante el trabajo, necesarios para la construcción de la nueva estructura del pavimento, aceras exteriores y de la plataforma del mercado.

En este rubro no se podrá liquidar los trabajos de excavación para ninguna canalización debido a que la instalación de las tuberías eléctricas contemplará en su respectivo rubro la generación de esos costos.

El material que resulte de la excavación y sea adecuado y pueda aprovecharse, a criterio del fiscalizador, será usado en la construcción de terraplenes o rellenos, o será desalojado a los respectivos botaderos aprobados.

- **Material**

Herramientas menores, volqueta, excavadora.

- **Mano de obra calificada**

Operador, Chofer, Ayudante

- **Procedimiento de trabajo**

En la excavación se considerará alineación, profundidad y ancho requerida según los detalles respectivos y aprobados por fiscalización, no se van a considerar las excavaciones no se encuentren debidamente justificadas por fiscalización y registrada fotográficamente.

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos de excavación realizados, y deberá reacondicionar los daños producidos en las áreas circundantes que tuvieran por falta de previsión en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La cantidad para el pago del rubro de excavación será en metros cúbicos (m³) de acuerdo con la posición original, efectivamente ejecutados de acuerdo con los planos y aceptados por parte de fiscalización.

La excavación será medida de acuerdo con la naturaleza del material que se va a remover y a los rubros del contrato. No se incluirá la sobre excavación en la medición, Para el computo será necesario el uso de las secciones transversales originales del terreno existente o natural y finales que serán tomados después del corte y el desalojo terminado.

Estos precios y pagos considerarán la excavación sin clasificar y de ser el caso incluir el bombeo y disposición del material a emplearse, incluyendo transporte, colocación, esparcido, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación o su desecho, la mano de obra, equipo, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos cumpliendo con las especificaciones ambientales.

Rubro: Relleno con material de préstamo importado

Código: 1.5

Unidad: m³

- **Descripción**

Esta actividad consiste en rellenar con material de préstamo importado en todos los sitios de la obra donde se requiera el material de mejoramiento, ya sea en cajeras, relleno de zanjas de canalizaciones etc. El material de préstamo importado debe ser aprobado antes por fiscalización y no deberá contener material vegetal como troncos ni escombros.

- **Material**

Préstamo importado.

- **Especificaciones técnicas materiales**

No se debe presentar expansividades mayores a 4%, un índice plástico < 15% y la densidad máxima no debe ser menor a 1400kg/m³.

El material que se utilizará como relleno debe cumplir como mínimo las siguientes características:

Pasante Tamiz No. 4	30 – 70%
Pasante Tamiz No. 200	0 – 15%
Limite Líquido	40% Máximo
Índice Plástico	12% Máximo

Deberá cumplir con las normativas del MTOP.

- **Equipo mínimo**

Herramientas menores, mini cargadora, rodillo liso doble tambor 2 ton, tanquero de agua.

- **Mano de obra mínima calificada**

Operador, Chofer, Peón.

- **Procedimiento de trabajo**

Previo la colocación del relleno se va a verificar que el área se encuentre emparejada y limpia sin sectores defectuosos, inestables o existencias de aguas superficiales, en el caso de presencia de agua se debe bombear y preparar la superficie, antes de colocar el relleno debe proceder con equipo liviano y personal, para las áreas de las aceras y soportales son capas de 10 cm que deben ser compactadas con rodillo liso y vibrador hasta alcanzar la densidad especificada.

Cada capa se debe humedecer u orear para obtener el contenido de humedad optimo, luego emparejada conformada y compactada antes de colocar la siguiente capa, se debe comprobar la densidad obtenida la cual no debe ser menor al 95% del ensayo Proctor modificado.

Para el caso de las aceras y soportales se debe considerar un relleno de 20cm para mejoramiento del terreno o como lo indique la fiscalización con la debida justificación técnica y fotográfica para correspondiente pago de planillas.

Para el caso de relleno de zanjas para canalizaciones de tuberías se deberá rellenar según se indique en planos contractuales de la canalización, procediendo igualmente a la hidratación y compactación hasta adquirir la densidad respectiva

- **Medición y forma de pago**

La cantidad para el pago del rubro de relleno será en metros cúbicos (m^3) de acuerdo con el material efectivamente colocado medido a través de las secciones transversales iniciales y finales, no se va a reconocer la perdida por compactación ni consolidación.

Los precios y pagos construirán la compensación total por preparar la superficie, rellenar, provisión, transporte, tendido, hidratación pruebas y compactación de material para conseguir la densidad especifica.

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los rellenos construidos, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

Rubro: Subbase clase 1

Código: 2.1

Unidad: m³

- **Descripción**

Esta actividad consiste en rellenar con subbase clase 1 que será efectuado sobre el relleno compactado, la subbase no se colocará sin la verificación por parte de supervisión de que el relleno se encuentra compactado. La supervisión debe verificar la calidad del material antes de ser colocado y ordenar la extracción del material no apto o usado en rellenos no autorizados por el contratista el cual no tendrá derecho a retribución económica por este trabajo.

El trabajo consiste en construir la capa de base de clase 1, compuesta de una mezcla de base clase 1 y agua que pueden ser preparadas en sitio. Este trabajo tiene como fin mejorar las características mecánicas del suelo.

- **Procedimiento de ejecución**

La compactación del material granular se realizará por capas de 5 cm de espesor, controlando el nivel de humedad y de compactación, con la ayuda de apisonadores mecánicos (vibro-apisonadores). Para obtener una densidad de acuerdo con lo especificado, el contenido de humedad del material a ser usado en el relleno debe ser óptimo. Si el material se encuentra demasiado seco, se añadirá la cantidad necesaria de agua; y si existe exceso de humedad, será necesario secar el material extendiéndolo en capas delgadas para permitir la evaporación del exceso de agua.

Para la mezcla se fijarán los procesos constructivos, la energía de compactación a aplicarse y la resistencia mínima que se debe obtener, en base al ensayo de compresión simple, en probetas de 100 mm. de diámetro y 7 días de edad.

El material de Base Clase 1 Tipo A MTOP, debe cumplir con las siguientes características físicas y geomecánicas: agregados gruesos y finos triturados en un 100%, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz No. 40 deberá ser menos al 25%, el índice de plasticidad será menor del 6%, el CBR será mayor o igual al 80%, deberá quedar debidamente compactado al 100% del Proctor Modificado y la granulometría del material deberá cumplir con la Tabla 404-1.1 de las Especificaciones MOP, que se indica a seguir:

Tabla 3.13*Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices*

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm)	100	---
1 ½" (38.1 mm)	70 – 100	100
1" (25.4 mm)	55 – 85	70 – 100
¾" (19.0 mm)	50 – 80	60 – 90
3/8" (9.5 mm)	35 – 60	45 – 75
No. 4 (4.76 mm)	25 – 50	30 – 60
No. 10 (2.0 mm)	20 - 40	20 – 50
No. 40 (0.425 mm)	10 – 25	10 – 25
No. 200 (0.075 mm)	2 – 12	2 – 12

No se van a emplear para bases en suelo-cemento materiales orgánicos ni suelos con humedades en banco mayores que la óptima de compactación, tampoco se emplearán en suelos que presenten sales disueltas.

- **Ensayos y Tolerancias**

El nivel de compactación será del 95% o superior, comprobados mediante el ensayo Próctor modificado. Para el control de calidad de los rellenos y compactación de estos, la Supervisión determinará la ubicación de la prueba para ensayar la compactación de acuerdo con las recomendaciones del AASHTO o del ASTM, para verificar su cumplimiento. La determinación del número de pruebas y la asignación del laboratorio será de exclusiva decisión de la fiscalización, por medio de la Supervisión del administrador del contrato. La determinación del Límite líquido y límite plástico estará en conformidad con la Norma AASTHO – T 89. El ensayo de Densidad Máxima se regirá por las normas AASHTO T-99 y T-180 para el “Próctor Standard” y modificado, respectivamente. Para el material de sub-base granular Clase 1, el Índice de Plasticidad será menor o igual al 9%. Los ensayos de granulometrías se realizarán en conformidad con la norma AASTHO T-88. Los ensayos de densidades de campo serán realizados conforme al Método del Densímetro Nuclear.

- **Materiales mínimos**

Subbase clase 1, agua.

- **Equipo mínimo**

Rodillo liso, Vibro-aponador a gasolina, Herramienta menor, Camión cisterna.

- **Medición y forma de pago**

La cantidad para el pago del rubro de relleno será en metros cúbicos (m^3) de acuerdo con el cálculo basado en las dimensiones de la excavación establecida en planos, en la sección entre el nivel del relleno con arena y el nivel para la colocación del acabado con hormigón armado.

Rubro: Base clase 1

Código: 2.2

Unidad: m³

- **Descripción**

La actividad se refiere al suministro y colocación además de la compactación de una base granular que ha sido aprobada sobre una subbase conforme esté estipulado en los lineamientos y en los planos del proyecto.

- **Material**

Base granular proveniente de canteras, agregados resistentes y duraderos que no tengan exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica.

- **Equipo mínimo**

Rodillero vibratorio, motoniveladora

- **Mano de obra calificada mínima**

Operador rodillo, Operador motoniveladora

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será en metros cúbicos (m³) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Estos precios considerarán el material a emplearse, mano de obra, equipo, transporte, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos.

Rubro: Riego de imprimación

Código: 2.3

Unidad: m³

- **Descripción**

La actividad se refiere al riego de imprimación asfáltica que se necesita para asegurar la adherencia entre la capa de base granular y la carpeta asfáltica.

- **Material**

Asfalto líquido SS1 para imprimación de secado rápido.

- **Equipo mínimo**

Carro de imprimación.

- **Mano de obra calificada mínima**

Operador de carro de imprimación.

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será en metros cúbicos (m³) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Estos precios considerarán el material a emplearse, mano de obra, equipo, transporte, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos.

Rubro: Capa de rodadura/Asfáltico E=10cm

Código: 2.4

Unidad: m³

- **Descripción**

La actividad se refiere al tendido de la carpeta asfáltica con el uso de la maquina extendedora de concreto asfáltico (finisher) de manera que el espesor de la carpeta sea definido y que se va a mantener constante durante el tendido.

- **Material**

Mezcla asfáltica prefabricada.

- **Equipo mínimo**

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

- **Mano de obra calificada mínima**

Operador de extendedora de concreto asfáltico, operador de rodillo liso, operador de compactador de neumáticos, peones.

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será en metros cúbicos (m³) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Estos precios considerarán el material a emplearse, mano de obra, equipo, transporte, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos.

Rubro: Construcción de bordillos cunetas

Código: 2.5

Unidad: ml

- **Descripción**

Comprende el hormigón simple $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y su encofrado, que se utiliza para la fabricación de bordillo cuneta en los lugares donde indiquen los planos del proyecto.

- **Equipo mínimo**

Herramienta menor. Concretera, Amoladora

- **Mano de obra calificada mínima**

Albañil (Est. Oc. D2), Peón (Est. Oc. E2).

- **Procedimiento**

El proceso de hormigonado se lo realizará luego de la verificación y aprobación de mamposterías laterales y encofrados.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a las pruebas de campo y de ser necesario a resultados de laboratorio; así como las tolerancias y condiciones en las que se hace dicha entrega. En las esquinas de enlace se tendrá especial cuidado en lograr el correcto aparejamiento o enlace de las paredes, para lograr un elemento homogéneo y evitar los peligros de agrietamiento.

- **Medición y forma de pago**

La medición se la efectuara por metro lineal aprobado por Fiscalización. En base de una medición ejecutada en el sitio del proyecto.

Rubro: Construcción de sumideros

Código: 2.6

Unidad: u

- **Descripción**

Estructura construida de hormigón simple $f'c=210$ kg/cm² para evacuar aguas lluvias al sistema de alcantarillado, los sumideros se construirán en los cruces de vías hacia el costado o de acuerdo a lo que especifiquen los planos de diseño.

- **Equipo mínimo**

Herramienta menor, Concreteira, encofrado metálico.

- **Mano de obra calificada mínima**

EO E2, EO D2, EO C1.

- **Procedimiento**

Se excava y luego se rellena el fondo con el material granular, se ubica la poceta inclinada ligeramente para formar una pendiente para después rellenar de hormigón, se repone el bordillo y se hacen unas pequeñas paredes siguiendo la línea de la poceta para alcanzar la altura de apoyo de la rejilla y por último se instala el marco de la rejilla

- **Medición y forma de pago**

se la efectuara por unidad aprobado por Fiscalización.

Rubro: Cinta plástica de seguridad

Código: 3.1

Unidad: u

- **Descripción**

La actividad se refiere a colocar la cinta plástica de seguridad alrededor de las áreas de trabajo de manera de que tanto vehículos como peatones puedan visualizar que se está realizando un trabajo en la vía.

- **Materiales**

Cinta plástica de seguridad, postes.

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será en unidades (u) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Rubro: Agua para control de polvo

Código: 3.2

Unidad: m³

- **Descripción**

La actividad se refiere al riego de agua para suprimir el polvo que se esparce durante la construcción haciendo que este caiga al piso cuando entra en contacto con el agua.

- **Equipo mínimo**

Compresor de agua.

- **Mano de obra calificada mínima**

Peones.

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será en metros cúbicos (m³) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Estos precios considerarán el material a emplearse, mano de obra, equipo, transporte, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos.

Rubro: contenedor metálico de basura

Código: 3.3

Unidad: u

- **Descripción**

La actividad se refiere al suministro de contenedores metálicos usados para depositar la basura generada por el proceso constructivo.

- **Materiales**

Contenedor metálico.

- **Control de calidad**

El contratista se responsabilizará por la estabilidad y conservación de los trabajos realizados, hasta el recibimiento definitivo de la obra, y deberá reacondicionar las partes defectuosas correspondiente a deficiencias o negligencia en la construcción.

- **Medición y forma de pago**

La medición para el pago del rubro será unidades (u) de acuerdo con la ubicación y aceptación por parte de fiscalización.

Estos precios considerarán el material a emplearse, mano de obra, equipo, transporte, herramientas, dispositivos auxiliares, todas las operaciones conexas necesarias para culminar los trabajos.

Capítulo 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el rediseño del pavimento existente en la urbanización “Caminos del Olimpo” que se encuentra ubicado en la parroquia Chongón al oeste de Guayaquil (**Figura 2.2**), de esta manera se busca desarrollar un proyecto que mejore la calidad de vida de los residentes.

Se inició este proyecto con una inspección visual de los daños para verificar el estado de las calles, donde se pudo observar problemas que no solo afectan a la calidad de la superficie de rodadura, sino que también representan un riesgo para los habitantes del sector; mediante ensayos de laboratorio se determinó las capacidades estructurales del pavimento.

Posteriormente de determinar las fallas presentes en el sector, se propuso el rediseño del pavimento flexible que busca mitigar estos impactos negativos a través de una serie de intervenciones técnicas.

Este proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 17. El ODS 9 promueve la construcción de infraestructuras, la industrialización sostenible y la innovación, es directamente relevante, ya que este proyecto busca mejorar la infraestructura vial, haciéndola más segura y duradera.

El ODS 17 enfatiza la importancia de las alianzas para lograr los objetivos, también es pertinente, debido a que para darse la implementación exitosa del proyecto se requiere la colaboración entre el gobierno local, la academia, la comunidad afectada y otras partes interesadas. Esta colaboración asegura que los temas ambientales y sociales se aborden de manera efectiva.

El rediseño del pavimento puede presentar un impacto ambiental negativo, como la emisión de contaminantes durante la producción y colocación del asfalto contribuyentes en la contaminación del aire. Extracción de material natural que provoca la degradación del hábitat.

Además, la construcción y mantenimiento de este pavimento pueden generar residuos que contaminan el suelo y aguas superficiales.

4.2 Línea base ambiental

El proyecto se llevará a cabo en la parroquia Chongón en la ciudad de Guayaquil, esta se caracteriza por su clima cálido y húmedo. El área específica del proyecto es la urbanización “Caminos del Olimpo”, es decir, una urbanización privada, predominantemente residencial, sin presencia significativa de flora y fauna, con ausencia de paisajes naturales.

Componentes ambientales

1. Clima

- Temperatura: La temperatura en la ciudad de Guayaquil oscila entre 21°C y 32°C durante todo el año (Weather Spark, 2024)
- Precipitación: La costa del Ecuador posee 2 estaciones naturales, la estación lluviosa que se extiende de diciembre a mayo con alta presencia de lluvias (Varela & Ron, 2022), y la estación seca que se extiende desde junio a noviembre se caracteriza por una reducción significativa de lluvias, lo que puede afectar el contenido de humedad del suelo y la vegetación (Gálvez & Regalado, 2008).

2. Calidad del Aire

- El área urbana de Chongón presenta niveles moderados de contaminación del aire debido a las actividades comerciales, constructivas y vehiculares. Los contaminantes más comunes incluyen partículas suspendidas, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (Varela & Ron, 2022).

3. Suelos

- El suelo en la zona son rellenos arcillosos, debido a que el sector anteriormente era agrícola. Esto ha causado problemas de hundimientos en las capas inferiores del pavimento y asentamientos diferenciales en las viviendas

4. Flora y Fauna

- El área del proyecto carece de vegetación significativa. No se ha identificado especies endémicas que puedan ser afectadas por el proyecto.

5. Ruido

- Los niveles de ruido en el sector son bajos, debido al bajo tráfico vehicular y el aislamiento debido a ser una urbanización privada. Los niveles de ruido aumentarán temporalmente durante las fases de demolición y construcción.

6. Paisaje y Estética

- No hay elementos paisajísticos naturales, el impacto visual del proyecto se limita a las viviendas y estructuras urbanas existentes.

7. Medio Socioeconómico

- El proyecto se encuentra localizado en un sector con acceso a servicios básicos como agua potable, electricidad, alcantarillado, etc. (El Universo, 2010). El rediseño mejorará la calidad de vida y seguridad vial de los residentes.

8. Drenaje de Agua

- El sistema de drenaje es crucial. El rediseño del pavimento debe incluir mejoras y mantenimiento del sistema de drenaje para prevenir inundaciones y hundimientos, garantizar el manejo eficiente del agua lluvia y evitar daños en la estructura del pavimento por la presencia de fugas y mal proceso constructivo.

4.3 Actividades del proyecto

Para el rediseño e implementación del nuevo pavimento se deben realizar actividades para la ejecución de obra, tomando en cuenta que existe un pavimento, con afectaciones considerables en ciertos sectores se determinó que se deben realizar los siguientes trabajos.

1. Demolición del pavimento existente
2. Fresado de la capa superficial
3. Transporte de materiales
4. Reparación de las filtraciones de aguas lluvias y fugas de aguas servidas
5. Aplicación de la nueva carpeta asfáltica
6. Compactación de la capa asfáltica
7. Reparación de bordillos cunetas
8. Operación del nuevo pavimento

Tabla 4.1*Actividades del proyecto*

Actividad	Acción ambiental
Demolición del pavimento existente	Generación de escombros y/o residuos Generación de polvo/ Contaminación del aire
Fresado de la capa superficial	Generación de polvo/ Contaminación del aire Emisión de ruido
Reparación de filtraciones de aguas lluvias y fugas de aguas servidas	Reducción de la contaminación del suelo Prevención de daños estructurales en el pavimento
Transporte de materiales	Emisión de gases de efecto invernadero Emisión de ruido Posibles derrames de materiales
Aplicación de nueva capa asfáltica	Emisión de compuestos orgánicos volátiles Generación de calor Generación de residuos asfálticos
Compactación de capa asfáltica	Generación de ruido Vibraciones
Reparación de bordillos	Generación de escombros y/o residuos Generación de polvo/ Contaminación del aire
Operación del nuevo pavimento	Mejora de la calidad del aire (reducción del polvo) Reducción de ruido (superficie más lisa) Mejora en la seguridad vial

4.4 Identificación de impactos ambientales

Tabla 4.2

Actividades del proyecto

Identificación de impactos ambientales del proyecto	Demolición del pavimento existente	Fresado de la capa superficial	Transporte de materiales	Reparación de filtraciones de aguas lluvias y fugas de aguas servidas	Aplicación de nueva capa asfáltica	Compactación de capa asfáltica	Reparación de bordillos	Operación del nuevo pavimento	Juicio
Calidad del suelo	x					x			Muy leve
Calidad del aire	x	x		x			x		Moderado
Contaminación auditiva		x	x	x		x	x	x	Severo
Contaminación del aire		x	x		x	x	x		Severo
Tráfico	x	x	x	x	x	x		x	Crítico
Reducción de Finos Suspendidos								x	Muy leve

4.5 Valoración de impactos ambientales

Se utiliza una escala dual para evaluar el impacto ambiental de las actividades que se realizarán en el proyecto. Esta escala está compuesta por dos valores:

1. Magnitud:

- 1: Impacto muy bajo
- 2: Impacto bajo
- 3: Impacto moderado
- 4: Impacto alto
- 5: Impacto muy alto

2. Importancia:

- 1: Importancia muy baja
- 2: Importancia baja
- 3: Importancia moderada
- 4: Importancia alta
- 5: Importancia muy alta

La matriz contiene dos valores donde el primer número representa la magnitud y el segundo la importancia que es representado por su separación de la siguiente manera “Impacto/Importancia”.

Tabla 4.3*Matriz de Leopold*

Actividades/ Factores Ambientales	Calidad del Aire	Calidad del Agua	Suelo	Ruido	Socioeconómico	Salud y Seguridad	Drenaje del agua
Demolición del pavimento	4/5	2/3	5/5	4/4	2/3	4/4	3/3
Fresado de la capa superficial	3/4	2/2	4/4	4/4	2/2	4/4	3/3
Transporte de materiales	4/4	3/3	3/3	5/5	3/3	4/4	2/2
Aplicación de nueva capa asfáltica	4/5	2/3	4/4	4/4	3/3	4/4	3/4
Compactación de la capa asfáltica	3/4	2/2	4/4	4/4	2/2	4/4	3/3
Reparación de bordillos	2/3	2/2	3/3	3/3	2/2	3/3	3/3
Operación del nuevo pavimento	1/2	1/1	2/2	2/2	4/4	2/2	4/4

Tabla 4.4*Resultados Impacto/Importancia*

Factores Ambientales	Suma Impacto	Suma Importancia
Calidad del Aire	21	27
Calidad del Agua	14	16
Suelo	25	25
Ruido	26	26
Socioeconómico	18	19
Salud y Seguridad	25	25
Drenaje del agua	21	22

Los factores ambientales que se consideraron de mayor importancia son la calidad del aire, el ruido, el suelo y finalmente la salud y seguridad, porque estos son los que más nos interesa precautelar en esta obra. También se puede observar como el ruido, el suelo y finalmente la salud y seguridad son los factores que más impacto reciben en este proyecto, por lo tanto, las medidas de prevención o mitigación se deben enfocar en estos puntos.

4.6 Medidas de prevención/mitigación

Debido a los resultados presentados se tiene que el factor ambiental más afectado por las actividades es el ruido seguido por el suelo y finalmente la salud y seguridad; por lo cual, se debe realizar un plan de mitigación para asegurar el bienestar de los trabajadores y la comodidad de los habitantes.

Como medidas de mitigación o prevención se puede limitar las actividades ruidosas a horarios diurnos para mitigar el impacto a los residentes, además de proveer a los trabajadores el equipo de protección personal con protección acústica necesario. Para el suelo se puede manejar adecuadamente los materiales, aplicando técnicas de mejoramiento de suelo para mejorar su estructura y estabilidad. Para evitar incidentes y disminuir el riesgo en el proyecto se deben colocar señales claras y visibles para informar y advertir a todos los involucrados sobre las zonas de peligro en la etapa de construcción, además se debe implementar un programa para monitorear la salud de los trabajadores que están expuestos al ruido y vibraciones.

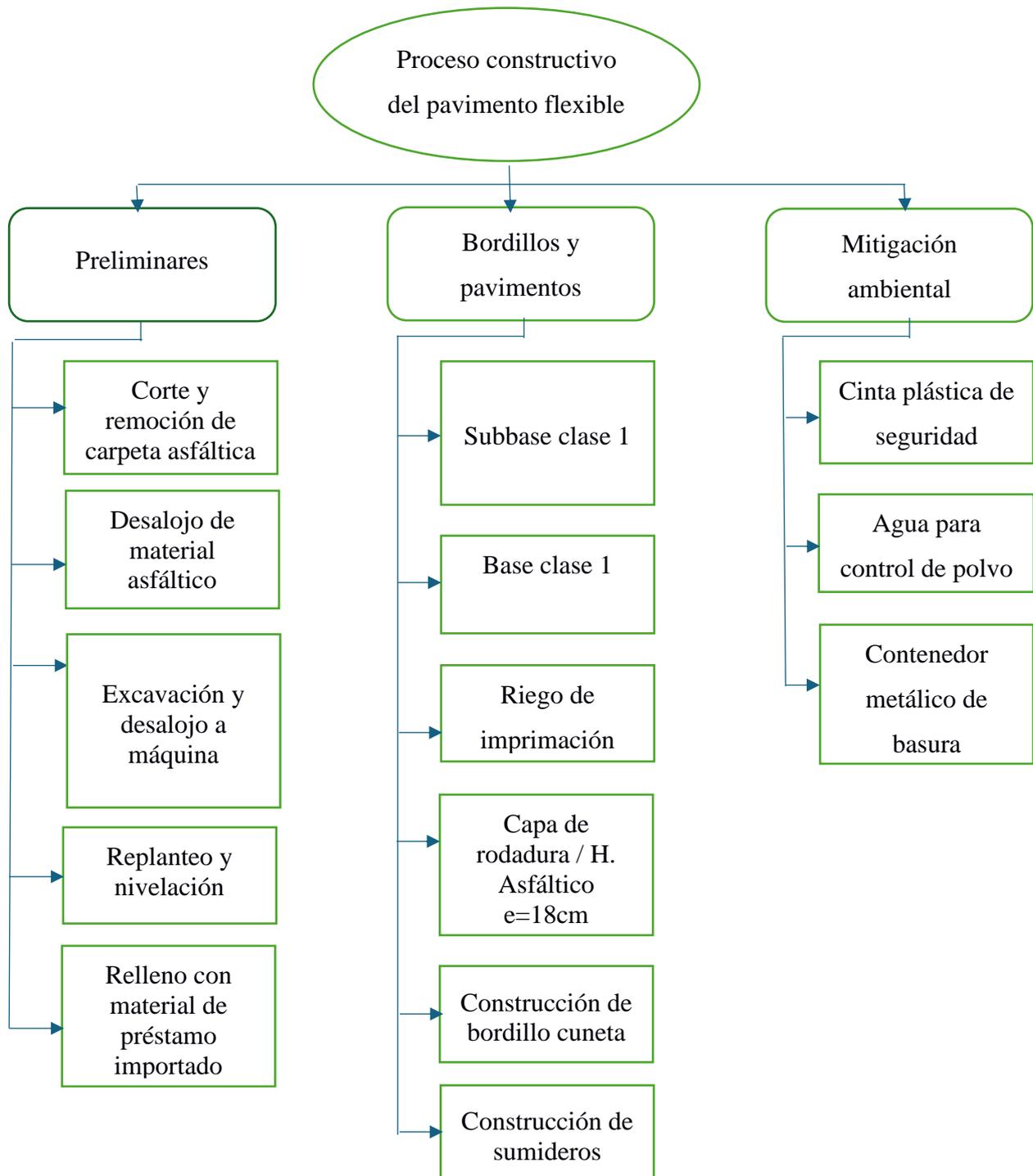
Otro problema observado es la baja densidad de áreas verdes en el sector, como recomendación se puede incluir la implementación de áreas verdes para una mejora en el bienestar de los habitantes del sector.

Capítulo 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

El proyecto corresponde a un cambio total de la estructura existente del pavimento flexible dentro de la urbanización, además de la reparación de los bordillos cunetas y sumideros que han sido afectados por la erosión, fisuras, malos procesos constructivos y mal diseño.



5.2 Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)

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

Tabla 5.1

Rubros de proyecto con su respectivo precio unitario

N. Rubro	Rubro	Descripción	Unidad	P. Unitario
1. PRELIMINARES				
1	1.1	Corte y remoción de carpeta asfáltica e=7cm	m2	\$1.20
2	1.2	Desalojo de material asfáltico	m3/km	\$0.30
3	1.3	Excavación y desalojo a máquina	m3	\$5.31
4	1.4	Replanteo y nivelación	m2	\$1.00
5	1.5	Relleno con material de préstamo importado	m3	\$8.62
2 BORDILLOS Y PAVIMENTOS				
6	2.1	Subbase clase 1	m3	\$20.06
7	2.2	Base clase 1	m3	\$24.23
8	2.3	Riego de imprimación	m2	\$1.15
9	2.4	Capa de rodadura /H. Asfáltico e=10cm	m2	\$12.68
10	2.5	Construcción de bordillo cuneta	ml	\$29.09
11	2.6	Construcción de sumideros	u	\$300.59
3. MITIGACIÓN AMBIENTAL				
12	3.1	Cinta plástica de seguridad	u	\$1.13
13	3.2	Agua para control de polvo	m3	\$4.29
14	3.3	Contenedor metálico de basura (1.2m x 0.75m)	u	\$390.00

Para confirmar los valores presentados, se incluyen los Análisis de precio unitario (APU), elaborados con los datos obtenidos de la cámara de la construcción y del mercado local actualizado.

Cada APU incorpora un 20% a los costos indirectos asegurando de esta manera que todos los gastos requeridos sean cubiertos (Javier Cordova Rizo et al., n.d.)

5.3 Descripción de cantidades de obra (Revisar)

Longitudes y Áreas de Trabajo

El trabajo abarca un total de 4550 m² en un total de 4 etapas representativas que corresponden a la avenida 1ra, calle 2da, calle 6ta y calle 7ma.

- La etapa 1 corresponde a la avenida principal de la urbanización con una longitud de 350 m con 2 carriles en 2 sentidos, con un ancho promedio de 6.5 m, obteniendo una superficie aproximada a los 2275 m².
- La etapa 2 corresponde a calle 2da tiene una longitud aproximada de 100 m cada una con un ancho promedio de 6.5 m, obteniendo un área aproximada a 650 m².
- La etapa 3 corresponde a calle 6ta tiene una longitud de 125 m con un ancho de 6.5 m, obteniendo una superficie de 812.5 m².
- La etapa 4 corresponde a calle 7ma tiene una longitud de 125 m con un ancho de 6.5 m, obteniendo una superficie de 812.5 m².

Desalojo

Para el volumen de desalojo del “pavimento” existente se debe tomar el área de 4550 m² multiplicada por cada uno de los espesores de las capas de la estructura.

- El volumen de desalojo de la carpeta asfáltica se toma por el área total de 4550 m² multiplicado por su espesor de 7 cm, además se considera un factor de esponjamiento del 7% dando un total de 341 m³
- El volumen de desalojo de la primera capa de la estructura existente se toma por el área total de 4550 m² multiplicado por su espesor de 24 cm, por un factor de esponjamiento del 20% teniendo un total de 1311 m³

Relleno

Para el volumen de relleno con material de préstamo importado se consideran los espesores del diseño del pavimento flexible, por lo cual:

- El volumen de relleno se toma por el área total multiplicado por un espesor de 2 cm, además considerando un factor de esponjamiento de 20% se obtiene un volumen total de 110 m³

Material Granular

Para el volumen de material granular necesario para la construcción del pavimento flexible, consta de las siguientes capas:

- El volumen de subbase viene dado por el área total de 4550 m² multiplicado por su espesor de 14 cm, considerando un factor de esponjamiento de 1.1, obteniendo un volumen de 701 m³
- El volumen de base viene dado por el área total de 4550 m² multiplicado por su espesor de 10 cm, considerando un factor de esponjamiento del 1.1, obteniendo un volumen de 501 m³

Capa de Rodadura

Para las cantidades de material a utilizar en esta capa se consideran la imprimación y el volumen de hormigón asfáltico necesario para que cumpla el diseño:

- Para el riego de imprimación se considera únicamente el área total de trabajo es decir 4550 m²
- Para la carpeta asfáltica viene dada por el área del proyecto es decir 4550 m²

Sumideros

Para la construcción de sumideros se debe contemplar el estado de cada uno debido a que no todos poseen daños o son daños que no se pueden ver en la superficie, por ese motivo se contemplan 3 unidades que se observan dañados, por lo tanto, se les asigna un valor por unidad que puede aumentar a lo largo del proyecto.

Bordillos Cunetas

Para la construcción de bordillos cunetas se tomaron las longitudes de manera manual, por lo tanto, se determinó que la longitud total de bordillos cunetas a construirse es de 13 m, los cuales se dividen de la siguiente manera por cada una de las etapas.

- En la etapa 1 se tiene una longitud de 7.45 m de bordillos dañados
- En la etapa 2 se tiene una longitud de 2.35 m de bordillos dañados
- En la etapa 3 se tiene una longitud de 1.00 m de bordillos dañados
- En la Etapa 4 se tiene una longitud de 2.20 m de bordillos dañados

Tabla 5.2

Presupuesto del proyecto

N. Rubro	Rubro	Descripción	Unidad	P. Unitario	Cantidad	Precio Total
1. ACTIVIDADES PRELIMINARES					Subtotal	\$18021.91
1	1.1	Corte y remoción de carpeta asfáltica e=7cm	m2	\$1.20	4550	\$5460
2	1.2	Desalojo de material asfáltico	m3/km	\$0.30	341	\$102.30
3	1.3	Excavación y desalojo a maquina	m3	\$5.31	1311	\$6961.41
4	1.4	Replanteo y nivelación	m2	\$1.00	4550	\$4550
5	1.5	Relleno con material de préstamo importado	m3	\$8.62	110	\$948.20
2 BORDILLOS Y PAVIMENTOS					Subtotal	\$90407.73
6	2.1	Subbase clase 1	m3	\$20.06	701	\$14062.06
7	2.2	Base clase 1	m3	\$24.23	501	\$12139.23
8	2.3	Riego de imprimación	m2	\$1.15	4550	\$5232.50
9	2.4	Capa de rodadura /H. Asfáltico e=10cm	m2	\$12.68	4550	\$57694.00
10	2.5	Construcción de bordillo cuneta	ml	\$29.09	13	\$378.17
11	2.6	Construcción de sumideros	u	\$300.59	3	\$901.77
3. ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN AMBIENTAL					Subtotal	\$418.46
12	3.1	Cinta plástica de seguridad	u	\$1.13	10	\$11.30
13	3.2	Agua para control de polvo	m3	\$4.29	4	\$17.16
14	3.3	Contenedor metálico de basura (1.2m x 0.75m)	u	\$390.00	1	\$390.00
TOTAL						\$108 848.10

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

El proceso constructivo del pavimento flexible para la urbanización “Caminos del Olimpo” cuenta con aproximadamente 700 metros lineales de calle y 4550 m² de área donde se llevará a cabo el rediseño del pavimento flexible.

El presupuesto calculado para el área de construcción de 4550 m² es de \$108 848.10, dividiendo el valor total del presupuesto para el área de construcción nos da un valor de \$23.92/m² de construcción

En marzo del 2022 la muy ilustre municipalidad de Guayaquil preparó la memoria técnica de diseño de pavimento flexible destinado a las áreas del norte de la ciudad, más específicamente en “Flor de bastión” con el nombre de Proyecto: “PROYECTO 6- PAVIMENTACIÓN DE CALLES INCLUYE OBRAS DE URBANISMO, ALCANTARILLADO PLUVIAL EN SECTOR PERIMETRAL OESTE – COOP.VALLE DE LA FLOR; COOP. FLOR DE BASTIÓN BLOQUE 6 (ETAPA 5 Y 6), COOP. FLOR DE BASTIÓN BLOQUE 21 (SEGÚN GRÁFICO) – PROGRAMA CAF XV”

El presupuesto referencial del proyecto 6 fue de \$3 031 241,94 y su costo referencial por metro cuadrado es de \$24.83/m² elaborado en base a un estudio técnico que cuenta con los precios actualizados del año 2022 de la mano de obra, el material y los equipos establecidos en la norma de control interno de la contraloría general del Estado sección “408-11 Presupuesto de la obra”, considerando que son valores de hace dos años los sueldos eran inferiores respecto a la mano de obra y los materiales tenían un menor costo además de que el presupuesto referencial del proyecto 6 se conforma netamente de los rubros de pavimentación sin mencionar el movimiento de tierras ni el pago por los sumideros.(Jorge, 2022) (R. Zambrano, 2022)

Por esta razón el precio por metro cuadrado propuesto para el rediseño de pavimento flexible en la urbanización “Caminos de Olimpo” puede considerarse razonable y competitivo en comparación con proyectos anteriores.

5.5 Cronograma de obra

El cronograma de obra considera los aspectos antes mencionados en el presupuesto de la obra, se respetó las especificaciones mencionadas en los análisis de precios unitarios también conocido como APUs donde la jornada laboral consta de 5 días a la semana y 8 horas diarias de trabajo, razón por la cual el horario es de lunes a viernes

Se determinó una fecha de inicio estimada el 1 de octubre del 2024 con una proyección de 16 días de trabajo en donde se abarcará la reconstrucción de 700 m lineales de calle.

El proyecto se ha dividido en 3 fases, la primera son las actividades preliminares en donde se harán los movimientos de tierra, desalojos, replanteo y nivelación del área a trabajar. Se comenzará la remoción de la carpeta asfáltica desde la calle principal y va a seguir con las calles que se encuentran conectadas a la principal, conforme se vaya removiendo la carpeta asfáltica se irá desalojando el material removido y una vez concluidos esos rubros se comenzará con la excavación y desalojo a máquina para pasar al replanteo y nivelación y por último a rellenar con material de préstamo importado.

La segunda fase consta de la construcción del pavimento y de los bordillos cuneta donde se consideró el material de base clase 1, subbase clase 1, el riego de imprimación, el tendido de la carpeta asfáltica y la construcción de los bordillos cunetas, conforme se vayan completando los rubros se empezará el siguiente de forma inmediata.

La tercera fase consta de los rubros de mitigación ambiental como la cinta plástica de peligro, el agua para controlar el polvo que se levanta durante la construcción y el contenedor metálico de desechos.

El cumplimiento del cronograma es fundamental para un proyecto exitoso que garantiza que cada fase sea completada a tiempo, se optimicen los recursos y se minimicen los riesgos. Con un correcto control y un adecuado seguimiento el proyecto tiene altas probabilidades de terminar a tiempo y con el presupuesto previsto.

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El análisis del pavimento flexible existente reveló varias deficiencias claves que se relacionan principalmente con la capacidad de drenaje y la resistencia a la carga vehicular. Al aplicar los lineamientos de la normativa vigente se pudo identificar que la estructura del pavimento no cumplía con los estándares necesarios para garantizar la vida útil del pavimento de manera prolongada sin la presencia de fallas prematuras como lo son la piel de cocodrilo, las fisuras, grietas, hundimiento y erosión del bordillo cuneta además de afectar indirectamente la función de los sumideros. Este análisis integral permitió enfocar la problemática existente en una solución segura que es el cambio de toda la estructura del pavimento y control de un mejor drenaje de cunetas y sumideros.
- A partir del análisis de las necesidades de los residentes de la urbanización “Caminos del Olimpo” y considerando los estándares nacionales e internacionales, se llevó a cabo el diseño de un pavimento flexible más sustentable, esto se debe a que además de mejorar la capacidad de carga y la durabilidad del pavimento también incorpora técnicas como el uso del agua para el control de polvo que reduzcan el impacto ambiental. La alternativa presentada optimiza el uso de recursos y disminuye la huella de carbono lo que favorece a un desarrollo urbano más sostenible.
- Durante la construcción del pavimento flexible, el uso de maquinaria pesada y las actividades de construcción pueden llegar a generar altos niveles de ruido y de esta manera afectar la calidad de vida de los residentes cercanos, el ruido constante puede interrumpir la tranquilidad de los moradores además de causar estrés, la programación de las actividades en horarios menos disruptivos, preferiblemente en horario laboral debido a que

los residentes se encuentran cumpliendo con su jornada de labores puede mitigar los efectos de molestia en la urbanización.

- Las calles pueden ser parcialmente cerradas o tener restricciones generando de esta manera congestión vehicular lo que resulta en viajes más largos para los conductores, por lo tanto, un aumento en el consumo de combustible provocando una mayor emisión de contaminantes atmosféricos tales como el dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.
- Se elaboraron documentos técnicos detallados y un exhaustivo presupuesto para ser implementado en el nuevo diseño del pavimento flexible. Este plan se enfoca en mejorar de manera significativa la calidad de vida de los residentes, garantizando así un pavimento más seguro, duradero y eficiente con respecto al mantenimiento de este.
- Se desarrolló un cronograma detallado de 4 semanas diseñado para asegurar una implementación eficiente y minimizar las interrupciones en la vida cotidiana de los habitantes de la urbanización

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar hitos georreferenciados con una Estación RTK para la correcta implementación del proyecto.
- Durante toma de muestras para la realización de los ensayos de suelo, se recomienda no mezclar las muestras de las distintas capas, para obtener resultados fiables para el diseño adecuado para el proyecto.

- Se recomienda realizar una inspección de cada uno de los sumideros y alcantarillas del sector, debido a que uno de los problemas principales es el daño por deficiencia en drenaje.
- Se recomienda demoler todos los bordillos cunetas fisurados y mal sellados para posteriormente construirlos nuevamente.
- Se recomienda el cambio de todo el “pavimento flexible” existente en el sector debido al mal diseño de este.
- Se recomienda comunicar los horarios de trabajo para informar las actividades que se van a realizar y minimizar las molestias a los residentes de la urbanización.
- Se recomienda el uso de agua en las distintas actividades para evitar la propagación excesiva de polvo en el lugar.
- Se recomienda el uso de maquinaria y equipos que cuenten con tecnologías de reducción de ruido como motores insonorizados y silenciadores.

Referencia

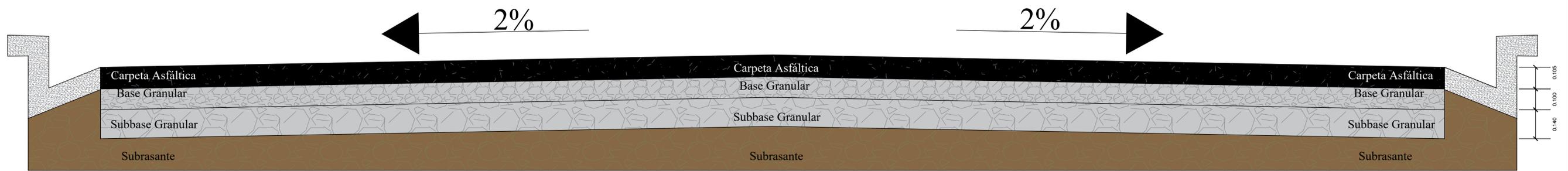
- AASHTO. (1993). *Design of Pavement Structures*. II-III70.
- AASHTO T180-01. (2010). *Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54 kg (10 lb) Rammer and a 457 mm (18 in)*.
- Alaamri, R. S. N., Kattiparuthi, R. A., & Koya, A. M. (2017). Evaluation of Flexible Pavement Failures-A Case Study on Izki Road. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 3(7), 741–749. <https://doi.org/10.24001/ijaems.3.7.6>
- ARA, I. (2004). Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. *National Cooperative Highway Research Program*.
- Asphalt Institute. (1999). *Thickness Design-Asphalt Pavements for Highways and Streets*.
- Asphalt Institute. (2001). *The Asphalt Handbook*.
- Asphalt Recycling & Reclaiming Association (ARRA). (2010). *Basic Asphalt Recycling Manual*.
- Costa, A. (2019). 29. *Patologías-1-Fusionado-Comprimido*. IX, 29–36.
- El Universo. (2010, October 28). Divisiones en Chongón por urbanización de la parroquia. <https://www.eluniverso.com/2010/10/28/1/1445/Divisiones-Chongon-Urbanizacion-Parroquia.html>.
- Gálvez, H., & Regalado, J. (2008). Comportamiento de las precipitaciones en la costa ecuatoriana en el 2008. *Instituto Oceanográfico de La Armada*.
- Gomez, S. (2014). *DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO - LA LIBERTAD*.
- Gutiérrez Rodríguez, W. Á. (2023). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6908–6927. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5834
- Huang, Y. (2004). *Solutions Manual for Pavement Analysis and Design 2nd Edition by Huang sample chapter*.
- Ipiales, E. (2019). *ESTUDIO DE LA CAPA DE RODADURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LOS ACCESOS PRINCIPALES DE JIPIJAPA*.
- Javier Cordova Rizo, I., José Jaramillo, I. B., Javier Cordova Rizo, F., electrónicamente por, F., & Gabriel Jaramillo Briceno, J. (n.d.). *“PAVIMENTACIÓN, INCLUYE CONSTRUCCIÓN*

*DE ACERAS Y BORDILLOS E IMPLEMENTACIÓN DE ALCANTARILLADO
HIDROSANITARIO-POLÍGONO 7 (COOP TIWINZA Y NUEVA GUAYAQUIL)-
PROGRAMA CAF XIV” ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APUS) CRISTINA ZULAY
CHILQUINGA CALDERON.*

- Jorge, B. C. (2022). *Proyecto : Proyecto 7 - Pavimentación De Calles , Incluye Bastión Bloque 6 Etapas 1 , 5 Y 6 ; Coop . Flor De Caf Xv Informe : Memoria Técnica De Diseño De Pavimentos Elaborado Por : Muy Ilustre Municipalidad De Guayaquil* (Vol. 6).
- León Toledo, V. (2018). *Especificaciones Tecnicas - Obra civil*.
- Mohamed Y, S. (2005). *Pavement management for airports, roads, and parking lots* (Kluwer Aca).
- MOP. (2023). *MANUAL DE CARRETERAS Volumen N°7* (Vol. 7).
- MTOP. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP VOLUMEN N3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES*.
- Proust, C., Jullien, A., & Le Forestier, L. (2004). Détermination indirecte des limites d'Atterberg par gravimétrie dynamique. *Comptes Rendus - Geoscience*, 336(14), 1233–1238.
<https://doi.org/10.1016/j.crte.2004.06.003>
- Sorum, N. G., Guite, T., & Martina, N. (2007). Pavement Distress: A Case Study. In *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology An ISO* (Vol. 3297). www.ijirset.com
- Varela, A., & Ron, S. (2022, October 4). *Geografía y Clima del Ecuador*.
<https://Bioweb.Bio/Fungiweb/GeografiaClima/>.
- Vásquez, L. (2000). *CÁLCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL AASHTO 1993*.
- Weather Spark. (2024). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Guayaquil*.
- Zambrano, M., & Tejeda, E. (2019). Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 4–6. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193961007002>
- Zambrano, R. (2022). *Presupuesto referencial*.
- Zumrawi, M. (2015). Survey and Evaluation of flexible Pavement Failures. In *Article in International Journal of Science and Research* (Vol. 4). www.ijsr.net

PLANOS Y ANEXOS

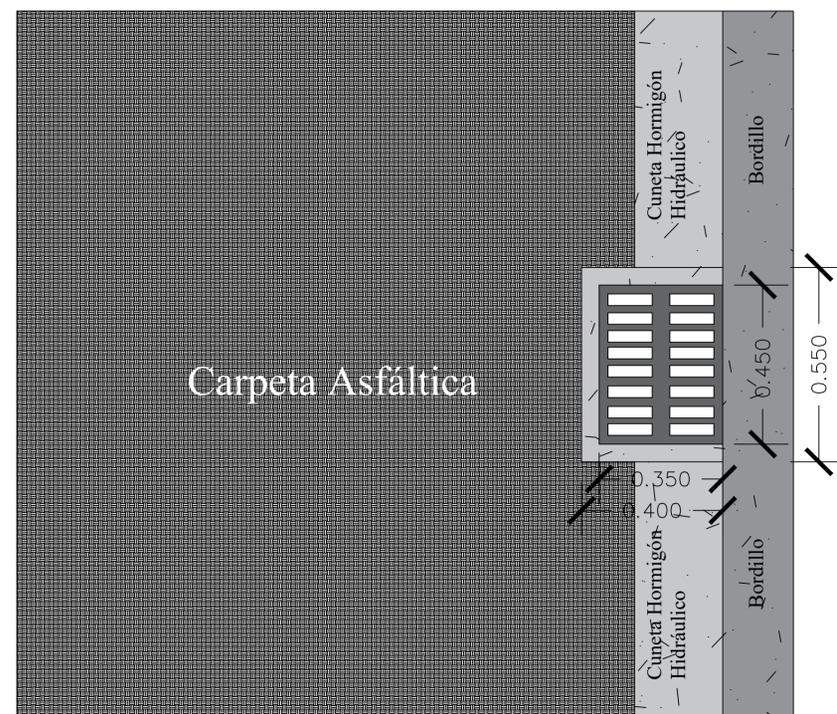
PLANOS



Escala 1:100

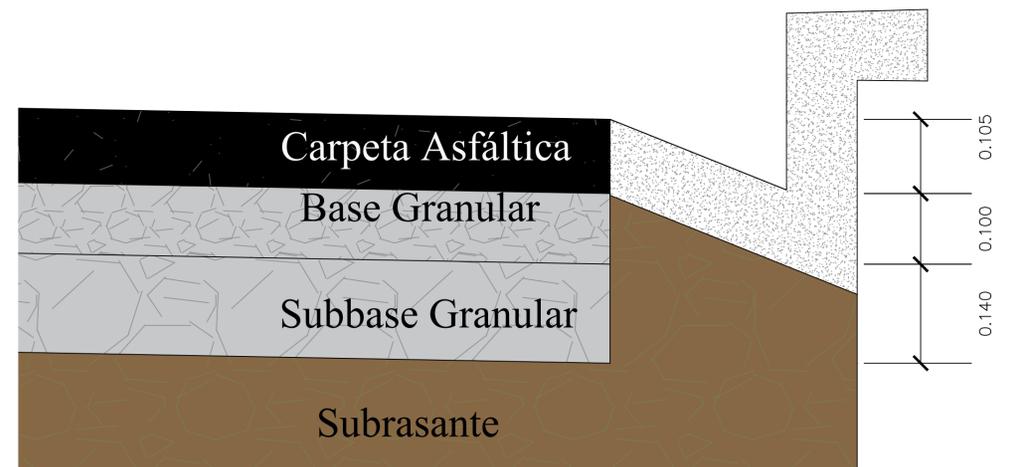
ACABADO SOBRE SUMIDEROS

Escala 1:100



ACABADO SOBRE CUNETAS

Escala 1:50



LOS SUMIDEROS DEBEN TENER EL RECUBRIMIENTO DE LA CAJA DE HORMIGÓN SIMPLE ALREDEDOR DE LA REJILLA DESCUBIERTA, SE ILUSTRÁ EL CORRECTO ACABADO DEL TENDIDO DE LA CARPETA ASFÁLTICA 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 INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: REDISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS CALLES DE LA URBANIZACIÓN "CAMINOS DEL OLIMPO" DE LA PARROQUIA CHONGÓN EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL:			
CONTENIDO: - ESPESORES DE CAPAS DE SUBBASE, BASE Y CARPETA ASFÁLTICA - ACABADOS DE PROCESO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFÁLTICA SOBRE CUNETAS Y SUMIDEROS			
COORDINADOR DE MATERIA INTEGRADORA: MSC. ANDRÉS VELASTEGUI	TUTORES DE CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS: PHD. EDUARDO SANTOS	ESTUDIANTES: DANIELA ARGÜELLO CANALES JOSÉ MACÍAS MEZA	FECHA DE ENTREGA: 23/08/2024
TUTOR DE AREA DE CONOCIMIENTO: PHD. EDUARDO SANTOS		LAMINA: A 1/1	ESCALA: Indicada

ANEXOS

Tabla A 1*APU: Corte y remoción de carpeta asfáltica*

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Corte y remoción de carpeta asfáltica				Unidad:	m2
Rubro:	1.1					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.00	
Eq. Topográfico	1.00	\$218.00	\$218.00	0.00222	\$0.48	
Subtotal M:					\$0.48	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	1	\$4.05	\$4.05	0.00222	\$0.01	
Operador de recicladora	1	\$4.55	\$4.55	0.00222	\$0.01	
Subtotal N:					\$0.02	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Subtotal O:				\$0.00		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$0.50	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.03	
UTILIDAD				\$0.10	\$0.05	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.01	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$0.59	
PRECIO UNITARIO					\$0.59	

Tabla A 2

APU: Desalojo de material asfáltico

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Desalojo de material asfáltico				Unidad:	m3/km
Rubro:	1.2					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.00	
Volqueta	1	\$30.00	\$30.00	0.00633	\$0.19	
Subtotal M:					\$0.19	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	1	\$4.05	\$4.05	0.00633	\$0.03	
Chofer	1	\$5.95	\$5.95	0.00633	\$0.04	
Subtotal N:					\$0.06	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Subtotal O:				\$0.00		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$0.26	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.01	
UTILIDAD				\$0.10	\$0.03	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.01	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$0.30	
PRECIO UNITARIO					\$0.30	

Tabla A 3

APU: Replanteo y nivelación

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Replanteo y nivelación					
Rubro:	1.3				Unidad:m2	
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				0.031	
Eq. Topográfico	0.20	\$3.75	\$0.75	0.03	\$0.03	
Subtotal M:					\$0.06	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Xd)	
Peón	\$3.00	\$4.05	\$12.15	0.03	\$0.41	
Maestro mayor	\$0.20	\$4.55	\$0.91	0.03	\$0.03	
Carpintero	\$1.00	\$4.10	\$4.10	0.03	\$0.14	
Topógrafo	\$0.20	\$4.55	\$0.91	0.03	\$0.03	
Subtotal N:					\$0.60	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO		
Y		A	B	C=A*B		
					(Yd)	
Accesorios (clavos, cuartones, piola,tiras,etc)	U	\$1 000.00	\$0.20	\$0.20	\$0.20	
Subtotal O:					\$0.20	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO		
Z		A	B	C=A*B		
					(Zd)	
Subtotal P:					\$0.00	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$0.86	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.04	
UTILIDAD				\$0.10	\$0.09	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.02	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$1.00	
PRECIO UNITARIO					\$1.00	

Tabla A 4

APU: Excavación y desalojo a maquina

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Excavación y desalojo a maquina				Unidad:	m3/km
Rubro:	1.4					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.00	
Volqueta	1	\$30.00	\$30.00	0.00633	\$0.19	
Subtotal M:					\$0.19	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	1	\$4.05	\$4.05	0.00633	\$0.03	
Chofer	1	\$5.95	\$5.95	0.00633	\$0.04	
Subtotal N:					\$0.06	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Subtotal O:				\$0.00		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$0.26	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.01	
UTILIDAD				\$0.10	\$0.03	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.01	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$0.30	
PRECIO UNITARIO					\$0.30	

Tabla A 5

APU: Relleno con material de préstamo importado

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Detalle:	Relleno con material de préstamo importado				
Rubro:	1.5			Unidad:	m3/km
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.01
Tanquero de 200Gal con bomba	1	\$23.50	\$23.50	0.01176	\$0.28
Rodillo vibratorio	1	\$38.00	\$38.00	0.01176	\$0.45
Motoniveladora	1	\$47.00	\$47.00	0.01176	\$0.55
Subtotal M:					\$1.29
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)
Peón	1	\$4.05	\$4.05	0.01176	\$0.05
Chofer	1	\$5.95	\$5.95	0.01176	\$0.07
Operador rodillo	1	\$4.33	\$4.33	0.01176	\$0.05
Operador motoniveladora	1	\$4.55	\$4.55	0.01176	\$0.05
Subtotal N:					\$0.22
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)	
Agua	m3		0.1	\$2.30	\$0.23
Cascajo mediano IP<9	m3		1.25	\$4.50	\$5.63
Subtotal O:					\$5.86
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)	
Subtotal P:					\$0.00
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$7.36
COSTOS INDIRECTOS					
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.37
UTILIDAD				\$0.10	\$0.74
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.15
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$8.62
PRECIO UNITARIO					\$8.62

Tabla A 6

APU: Subbase clase 1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Subbase clase 1				Unidad:	m3
Rubro:	2.1					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.01	
Tanquero de 200Gal con bomba	1	\$23.50	\$23.50	0.02	\$0.47	
Rodillo vibratorio	1	\$38.00	\$38.00	0.02	\$0.76	
Motoniveladora	1	\$47.00	\$47.00	0.02	\$0.94	
Subtotal M:					\$2.18	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	1	\$4.05	\$4.05	0.02	\$0.08	
Chofer: Tanqueros	1	\$5.95	\$5.95	0.02	\$0.12	
Operador rodillo	1	\$4.33	\$4.33	0.02	\$0.09	
Operador motoniveladora	1	\$4.55	\$4.55	0.02	\$0.09	
Subtotal N:					\$0.38	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Agua	m3	0.1	\$2.30	\$0.23		
Subbase clase 1	m3	1.2	\$14.10	\$16.92		
Subtotal O:				\$17.15		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$19.71	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.99	
UTILIDAD				\$0.10	\$1.97	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.39	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$23.06	
PRECIO UNITARIO					\$23.06	

Tabla A 7

APU: Base clase 1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Base clase 1					
Rubro:	2.2				Unidad:	m3
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.01	
Tanquero de 200Gal con bomba	1	\$23.50	\$23.50	0.02222	\$0.52	
Rodillo vibratorio	1	\$38.00	\$38.00	0.02222	\$0.84	
Motoniveladora	1	\$47.00	\$47.00	0.02222	\$1.04	
Subtotal M:					\$2.42	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	1	\$4.05	\$4.05	0.02222	\$0.09	
Chofer: Tanqueros	1	\$5.95	\$5.95	0.02222	\$0.13	
Operador rodillo	1	\$4.33	\$4.33	0.02222	\$0.10	
Operador motoniveladora	1	\$4.55	\$4.55	0.02222	\$0.10	
Subtotal N:					\$0.42	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Agua	m3	0.1	\$2.30	\$0.23		
Base clase 1	m3	1.2	\$14.03	\$16.84		
Subtotal O:				\$17.07		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$19.91	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$1.00	
UTILIDAD				\$0.10	\$1.99	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.40	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$23.29	
PRECIO UNITARIO					\$23.29	

Tabla A 8

APU: Riego de imprimación

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Riego de imprimación				Unidad:	m3
Rubro:	2.3					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.01	
Tanquero de 200Gal con bomba	1	\$42.00	\$42.00	0.02222	\$0.93	
Subtotal M:					\$0.94	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	2	\$4.05	\$8.10	0.02222	\$0.08	
Inspector de obra	1	\$4.55	\$4.55	0.02222	\$0.10	
Albañil	1	\$4.10	\$4.10	0.02222	\$0.09	
Operador de carro de imprimación	1	\$4.33	\$4.33	0.02222	\$0.05	
Subtotal N:					\$0.27	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Asfalto RC-250	GAL	0.25	\$1.93	\$0.38		
Gasolina	GAL	0.02	\$2.02	\$0.04		
Subtotal O:				\$0.42		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$0.94	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.10	
UTILIDAD				\$0.10	\$0.19	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.04	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$1.16	
PRECIO UNITARIO					\$1.16	

Tabla A 9

APU: Capa de rodadura/H. Asfáltico E=10cm

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Capa de rodadura/H. Asfáltico E=7.5cm				Unidad:	m2
Rubro:	2.4					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.01	
Rodillo liso	1	\$38.00	\$38.00	0.005	\$0.19	
Camión distribuidor (Asfalto)	1	\$35.00	\$35.00	0.005	\$0.18	
Rodillo neumático	1	\$37.00	\$37.00	0.005	\$0.19	
Barredora mecánica	0.3	\$20.00	\$6.00	0.005	\$0.03	
Finisher	1	\$48.00	\$48.00	0.005	\$0.24	
Subtotal M:					\$0.83	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	8	\$4.05	\$32.40	0.005	\$0.16	
Maestro mayor	1	\$4.55	\$4.55	0.005	\$0.02	
Operador rodillo	2	\$4.33	\$8.66	0.005	\$0.04	
Operador de camión distribuidor de asfalto	1	\$4.33	\$4.33	0.005	\$0.02	
Operador de acabadora de pavimento asfáltico	1	\$4.33	\$4.33	0.005	\$0.02	
Operador de barredora autopropulsada	0.3	\$4.33	\$1.30	0.005	\$0.01	
Subtotal N:					\$0.28	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Diesel II	GLN	0.3	\$1.75	\$0.53		
Asfalto RC-250	GLN	0.25	\$3.50	\$0.88		
Mezcla asfáltica	m3	0.098	\$85.00	\$8.33		
Subtotal O:				\$9.73		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B		

(Zd)

Subtotal P:			\$0.00
	TOTAL COSTO DIRECTOS		
	X=(M+N+O+P)		\$10.84
	COSTOS INDIRECTOS		
	COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$0.05	\$0.54
	UTILIDAD	\$0.10	\$1.08
	IMPREVISTOS	\$0.02	\$0.22
	COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$12.68
	PRECIO UNITARIO		\$12.68

Tabla A 10

APU: Construcción de bordillos cuneta

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Construcción de bordillos cuneta				Unidad:	ml
Rubro:	2.5					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.01	
Subtotal M:					\$0.01	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R (Xd)	
Peón	3	\$4.05	\$12.15	0.1	\$1.22	
Maestro mayor	0.25	\$4.55	\$1.14	0.1	\$0.11	
Albañil	1	\$4.10	\$4.10	0.1	\$0.41	
Carpintero	1	\$4.10	\$4.10	0.1	\$0.41	
Subtotal N:					\$2.15	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO		
Y		A	B	C=A*B (Yd)		
Encofrado	U	1	\$2.20	\$2.20		
Hormigón premezclado f'c=280 kg/cm2 inc.						
Transporte	m3	0.16	\$128.15	\$20.50		
Subtotal O:				\$22.70		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO		
Z		A	B	C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS						
X=(M+N+O+P)					\$24.87	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS					\$0.05 \$1.24	
UTILIDAD					\$0.10 \$2.49	
IMPREVISTOS					\$0.02 \$0.50	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$29.09	
PRECIO UNITARIO					\$29.09	

Tabla A 11

Construcción de sumidero

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Construcción sumidero				Unidad:	u
Rubro:	2.6					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$1.06	
Subtotal M:					\$1.06	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	4	\$4.05	\$16.20	0.87	\$14.09	
Maestro mayor	0.20	\$4.55	\$0.91	0.87	\$0.80	
Albañil	1	\$4.10	\$4.10	0.87	\$3.56	
Carpintero	0.8	\$4.10	\$3.28	0.87	\$2.85	
Subtotal N:					\$21.29	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Encofrado	U	1.1	\$3.00	\$3.29		
Hormigón premezclado f'c=280 kg/cm2 inc. Transporte	m3	0.4	\$128.15	\$51.26		
Rejilla de hierro dúctil clase 250 (70 a 75)cm x (40 a 55)cm	U	1	\$180.00	\$180.00		
Subtotal O:				\$234.55		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:				\$0.00		
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$256.91	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$12.84	
UTILIDAD				\$0.10	\$25.70	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$5.14	

COSTO TOTAL DEL RUBRO
PRECIO UNITARIO

\$300.59
\$300.59

Tabla A 12

APU: Cinta plástica de seguridad

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Cinta plástica de seguridad				Unidad:	u
Rubro:	3.1					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.01	
Subtotal M:					\$0.01	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Subtotal N:					\$0.00	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Cinta plástica de seguridad (rollo)	U	1	\$0.95	\$0.95		
Subtotal O:					\$0.95	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:					\$0.00	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$0.96	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.05	
UTILIDAD				\$0.10	\$0.10	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.02	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$1.13	
PRECIO UNITARIO					\$1.13	

Tabla A 13*APU: Agua para control de polvo*

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Agua para control de polvo				Unidad:	M3
Rubro:	3.2					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Tanquero de 2000Gal con bomba	1	23.5	\$24	0.04	\$0.94	
Subtotal M:					\$0.94	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Peón	\$1.00	\$4.05	\$4.05	0.04	\$0.16	
Chofer: Tanqueros (Estr.oc.ci)	\$1.00	\$5.95	\$5.95	0.04	\$0.24	
Subtotal N:					\$0.40	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Agua	m3	1.01	\$2.30	\$2.32		
Subtotal O:					\$2.32	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:					\$0.00	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$3.66	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$0.18	
UTILIDAD				\$0.10	\$0.37	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.07	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$4.29	
PRECIO UNITARIO					\$4.29	

Tabla A 14*APU: Contenedor metálico de basura*

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Detalle:	Contenedor metálico de basura				Unidad:	u
Rubro:	3.3				Unidad:	u
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN T	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (td)	
Herramientas menores (5% M/O)	5%MO				\$0.00	
Subtotal M:					\$0.00	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN X	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R (Xd)	
Subtotal N:					\$0.00	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN Y	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Yd)		
Contenedor metálico para basura	u	1	\$35.00	\$35.00		
Subtotal O:					\$35.00	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN Z	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=A*B (Zd)		
Subtotal P:					\$0.00	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$35.00	
COSTOS INDIRECTOS						
COSTOS ADMINISTRATIVOS				\$0.05	\$1.75	
UTILIDAD				\$0.10	\$3.50	
IMPREVISTOS				\$0.02	\$0.70	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$40.95	
PRECIO UNITARIO					\$40.95	

Rediseño del pavimento flexible en la urbanización “Caminos del Olimpo”

PROBLEMA

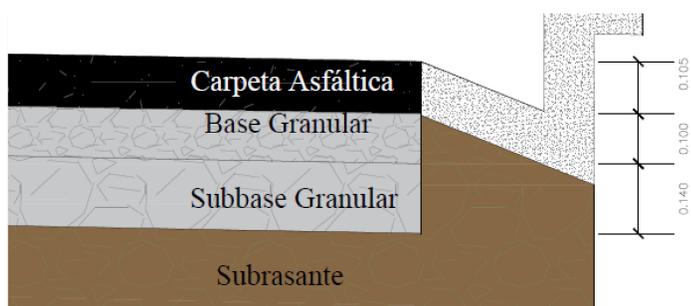
Presencia alarmante de asentamientos, agrietamientos y fisuras en las calles de la urbanización “Caminos del Olimpo” situada al oeste de Guayaquil en la parroquia Chongón

OBJETIVO GENERAL

Analizar la estructura del pavimento existente y sus daños, mediante ensayos de laboratorio de suelo y materiales según las normas de pavimentos flexibles, mejorando la durabilidad, seguridad y eficiencia. Además de un presupuesto, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible.



PROPUESTA



Se propuso el rediseño completo del pavimento flexible ubicado en la urbanización “Caminos del Olimpo”, la demolición de bordillos y sumideros dañados; y no soluciones a los problemas existentes producto del mal diseño del pavimento, se obtuvo un diseño con el cual se optimiza la cantidad de materiales necesarios para satisfacer los requerimientos, además de la implementación de medidas de mitigación ambiental para no generar malestar a los residentes del sector.

RESULTADOS

La presencia de los distintos daños en la carpeta asfáltica se debe a los malos materiales, mal diseño, falta de drenaje, malos procesos constructivos y mal uso de la estructura existente



ENSAYOS DE LABORATORIO				
	Calicata 1		Calicata 2	
	Muestra 1 [0,00 – 0,40] m	Muestra 2 [0,40 – 1,50] m	Muestra 1 [0,00 – 0,44] m	Muestra 1 [0,44 – 1,50] m
Límite Líquido	23,1	30,1	31,9	42,0
Límite Plástico	18,9	22,7	18,7	32,1
Índice de Plasticidad	4,10%	7,40%	13,10%	9,90%
Densidad Máxima Seca	2086 kg/m ³	1930 kg/m ³	2180 kg/m ³	1819 kg/m ³

Los resultados de laboratorio muestran que algunos de los materiales usados no cumplen con los valores máximos de límites plásticos e índices de plasticidad

CONCLUSIONES

- El análisis del pavimento flexible existente reveló varias deficiencias que se relacionan principalmente con la capacidad de drenaje y la resistencia a la carga vehicular
- Considerando los estándares nacionales e internacionales, se llevó a cabo el diseño de un pavimento flexible más sustentable
- Se elaboraron documentos técnicos detallados y un presupuesto para ser implementado en el nuevo diseño del pavimento flexible.

