



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

**TEMA: ANALISIS RETROSPECTIVO DE PARAMETROS DE
FISCALIZACIÓN EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y ARTICULADO
PARA DOS VÍAS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI.**

AUTOR: ARCOS RIBADENEIRA LENIN EDUARDO.

DIRECTOR: ING. ROBALINO BEDÓN IVETH CAROLINA

SANGOLQUÍ

2016



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación "ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE PARÁMETROS DE FISCALIZACIÓN EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y ARTICULADO PARA DOS VÍAS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI", realizado por el señor **LENIN EDUARDO ARCOS RIBADENEIRA**, ha sido revisado en su totalidad el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **LENIN EDUARDO ARCOS RIBADENEIRA** para que lo sustente públicamente.

Sangolqui, 14 de enero del 2016

ING. CAROLINA ROBALINO BEDÓN
DOCENTE DIRECTORA DE TESIS.



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **LENIN EDUARDO ARCOS RIBADENEIRA**, con cédula de identidad N° 1716632151 declaro que este trabajo de titulación “**ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE PARAMETROS DE FISCALIZACIÓN EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y ARTICULADO PARA DOS VÍAS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolqui, 14 de enero del 2016

LENIN EDUARDO ARCOS RIBADENEIRA

1716632151



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **LENIN EDUARDO ARCOS RIBADENEIRA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE PARAMETROS DE FISCALIZACIÓN EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y ARTICULADO PARA DOS VÍAS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolqui, 14 de enero del 2016

LENIN EDUARDO ARCOS RIBADENEIRA

1716632151

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino con amor, cariño y fe en todos los momentos de mi vida.

A mi madre Cecilia Ribadeneira Rojas, que ha sido una persona muy importante en mi vida y un apoyo incondicional, compartiendo mis triunfos y apoyándome en los momentos difíciles.

A mi Abuelita Doña Ana Inés Rojas (†) por ser una guía y ejemplo de mujer durante todos los años que vivió cerca de nosotros.

A mis hermanos Alba Arcos Ribadeneira y Antonio Arcos Ribadeneira por ser una parte fundamental de mi vida, siempre compartiendo con amor y cariño

Lenin Arcos R

AGRADECIMIENTO.

A Dios por darme la oportunidad de culminar una etapa más de mi vida, iluminar mis pasos durante los momentos más difíciles y brindándome la fuerza para seguir adelante.

A mi Familia por su apoyo incondicional en los momentos buenos y en los malos, gracias por siempre estar a mi lado.

Al Sr Ing. Galo Zurita por brindar su ayuda incondicional para la realización del presente trabajo de titulación y por su ayuda absoluta hacia la familia Arcos Ribadeneira.

Al Sr. Ing. Juan Haro por su invaluable colaboración en la consecuencia del presente proyecto de Investigación.

Al Sr. Ing. Hugo Bonifaz por su valioso conocimiento y brindar los principales lineamientos para la realización del presente proyecto de investigación.

Al Sr. Ing. Eduardo Carrión por su invaluable colaboración para la realización del presente proyecto de investigación.

A mi Directora de tesis la Sra. Ing. Carolina Robalino, por ayudarme a superar mis expectativas y capacidades de la misma manera por la colaboración y los conocimientos impartidos durante la realización del presente proyecto de Investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.	1
1.2. Área de Influencia.....	2
1.3. Justificación e importancia.....	2
1.4. Objetivos del Proyecto.	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos del Proyecto.....	4
CAPÍTULO II	5
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	5
2.1. Definición de Pavimentos.	5
2.2. Tipos de Pavimentos	5
2.2.1. Pavimento Flexible.....	5
2.2.2. Pavimento Semirrígido.....	6
2.2.3. Pavimento Rígido.....	6
2.2.4. Pavimento Articulado.....	6
2.3. Deterioros en Pavimentos Flexible.	6
2.3.1. Fallas comunes en pavimento Flexible.	8
2.3.2. Clasificación de Deterioros en Superficie.....	17
2.4. Fallas en Pavimentos Articulados.	18
2.4.1. Falla Abultamiento.....	18
2.4.2. Ahuellamiento.....	19
2.4.3. Depresiones.....	19
2.4.4. Desgaste Superficial.....	20
2.4.5. Pérdida de Arena.....	20
2.4.6. Desplazamiento de borde.....	20
2.4.7. Desplazamiento de junta.	21
2.4.8. Fracturamiento.....	21
2.4.9. Fracturamiento de confinamiento.....	22
2.4.10. Escalonamiento entre adoquines.....	22
2.4.11. Junta abierta.....	23

2.4.12.	Vegetación en la Calzada.	23
2.5.	Evaluación funcional y estructural para Pavimento Flexible.....	24
2.5.1.	Evaluación de Deterioros Metodología VIZIR.	24
2.5.2.	Evaluación de Deterioros Metodología PAVER.....	26
2.6.	Metodología de Evaluación Pavimento Articulado.	27
2.7.	Inventario de Daños en Superficie de Rodadura.....	28
CAPITULO III.....		29
3.	METODOLOGIA DE EVALUACIÓN.....	29
3.1.	Descripción Geográfica del área de estudio.....	29
3.1.1.	Selección de longitud de estudio y muestra de estudio.....	30
3.1.2.	Método de muestreo estadístico para pavimento articulado.	31
3.1.3.	Descripción Avenida General Rumiñahui.	33
3.1.4.	Descripción Avenida Mariana de Jesús.	34
3.2.	Identificación de Fallas en Pavimento Flexible.	36
3.2.1.	Muestras de Inspección según Metodología PAVER y VIZIR	36
3.2.2.	Materiales e instrumentos.	39
3.2.3.	Procedimiento de Inspección.	40
3.2.4.	Resultados de Evaluación Superficial.....	41
3.2.5.	Valoración Metodología PAVER.	46
3.2.6.	Valoración Metodología VIZIR.....	49
3.2.7.	Comparación Metodología VIZIR y Metodología PAVER.....	50
3.3.	Identificación de Fallas en Pavimento Articulado.	52
CAPITULO IV.....		54
4.	ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO.	54
4.1.	Estudio estadístico de Campo.	54
4.1.1.	Obtención y valoración en campo de núcleos de asfalto.	55
4.1.2.	Medición de Espesores de Capas de Pavimentos.....	75
4.1.3.	Valoración de la condición de Subrasante.	78
4.2.	Ensayos de Laboratorio.....	83
4.2.1.	Ensayos para Pavimento Flexible.	83
4.2.2.	Ensayos para Pavimento Articulado.....	104
CAPITULO V		110
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	110
5.1.	Fallas Pavimento Flexible.....	110
5.2.	Análisis Pavimento Flexible.	110
5.2.1.	Análisis de Tráfico.	110
5.2.2.	Espesores Pavimento.....	111
5.2.3.	Análisis de Granulometria Mezcla.....	112
5.3.	Fallas Pavimento Articulado.....	117
5.4.	Análisis Pavimento Articulado.	117
5.4.1.	Espesores Pavimento.....	117
5.4.2.	Análisis Ensayo a compresión.	118
5.4.3.	Análisis Ensayo de Absorción.	119
5.4.4.	Análisis Área y Dimensiones.....	119

CAPITULO VI.....	120
6. ANALISIS EN CONTROL DE OBRA.....	120
6.1. Inventario de fallas en pavimento Flexible.....	120
6.1.1. Falla tipo piel de cocodrilo.....	121
6.1.2. Falla tipo agrietamiento en bloque.....	122
6.1.3. Falla tipo hundimiento.....	123
6.1.4. Falla tipo grieta de borde.....	124
6.1.5. Falla tipo grietas longitudinales.....	125
6.1.6. Daño tipo parcheo de corte.....	126
6.1.7. Falla tipo pulimento de agregado.....	127
6.1.8. Falla tipo Desnivel carril berma.....	128
6.1.9. Daño tipo Bache.....	129
6.1.10. Daño tipo surco de huella.....	130
6.1.11. Daño tipo grietas parabólicas.....	131
6.2. Inventario de fallas en pavimento Articulado.....	132
6.2.1. Daño tipo abultamiento.....	132
6.2.2. Daño tipo Ahuellamiento.....	133
6.2.3. Daño tipo desgaste superficial.....	134
6.2.4. Daño tipo perdida de arena.....	135
6.2.5. Daño tipo fracturamiento.....	136
6.2.6. Daño tipo vegetación en calzada.....	137
6.3. Análisis de fallas en fiscalización.....	138
6.3.1. Análisis para pavimento Flexible.....	138
6.3.2. Análisis para pavimento Articulado.....	142
CAPITULO VII.....	145
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	145
7.1. CONCLUSIONES.....	145
7.2. RECOMENDACIONES.....	146
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales Daños en Pavimento Flexible.....	7
Tabla 2. Clasificación Deterioros Pavimento Flexible.	17
Tabla 3. Principales fallas en Pavimento Articulado	18
Tabla 4. Rango de Calificación VIZIR.	25
Tabla 5. Principales Daños Metodología VIZIR.....	26
Tabla 6. Principales Vías Pavimento Flexible Cantón Rumiñahui.	29
Tabla 7. Principales Vías Pavimento Articulado Cantón Rumiñahui	30
Tabla 8. Longitud de Estudio	31
Tabla 9. Porcentaje de Daño Sistema PAVER considerando 4 carriles	46
Tabla 10. Estado Unidades de Muestreo PAVER.....	47
Tabla 11. Estado unidades muestrales Sentido ESPE-Redondel del Choclo considerando 2 carriles.....	48
Tabla 12. Estado unidades muestrales Sentido Redondel del Choclo- ESPE considerando 2 carriles.....	48
Tabla 13. Resumen de porcentaje de Daño Sistema VIZIR.....	49
Tabla 14. Estado Unidades de Muestreo VIZIR	50
Tabla 15. Valores Promedio calificación del pavimento	51
Tabla 16. Resumen de Daños Pavimento Articulado.....	53
Tabla 17. Estados Unidades de muestreo.....	53
Tabla 18. Resumen de Espesores de núcleo de Asfalto.	75
Tabla 19. Espesores Pavimento Artículo.	76
Tabla 20. Espesores Pavimento flexible.	78
Tabla 21. Análisis Granulométrico Muestra 18	84
Tabla 22. Análisis Granulométrico Muestra 13	85
Tabla 23. Análisis Granulométrico Muestra 14	86
Tabla 24. Análisis Granulométrico Muestra 15	87
Tabla 25. Análisis Granulométrico Muestra 4	88
Tabla 26. Análisis Granulométrico Muestra 6	89
Tabla 27. Análisis Granulométrico Muestra 7.	90
Tabla 28. Análisis Granulométrico Muestra 8.	91
Tabla 29. Análisis Granulométrico Muestra 9	92

Tabla 30. Resultado Porcentaje Aproximado de Asfalto	93
Tabla 31. Resultados Porcentaje de Asfalto.....	95
Tabla 32. Resultados Densidad Aparente BULK	96
Tabla 33. Resultados Densidad Máxima Teórica.	98
Tabla 34. Resultado de Volumen de Vacíos.	98
Tabla 35. Resultados Resistencia a la Compresión.....	105
Tabla 36. Resultado de Área de Desgaste Adoquines.....	106
Tabla 37. Resultado de espesores en adoquines.....	107
Tabla 38. Resultados de Longitud en Adoquines.....	107
Tabla 39. Resultados de Ancho en adoquines.....	108
Tabla 40, Resultados Porcentaje de Absorción Adoquines	109
Tabla 41. Medición del TPDA	110
Tabla 42.Espesores Pavimento Flexible.	111
Tabla 43. Valores Curva Granulométrica Promedio.....	113
Tabla 44. Curvas Granulométricas de Diseño.....	114
Tabla 45. Curvas granulométricas de diseño normativa vigente	115
Tabla 46. Espesores Av. Mariana de Jesús.	118
Tabla 47. Resumen controles en Pavimento Flexible.	138
Tabla 48. Principales controles en pavimento flexible.	139
Tabla 49.Resumen controles pavimento Articulado.	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Falla Tipo Piel de Cocodrilo.....	8
Figura 2. Falla tipo Exudación de Asfalto.	9
Figura 3. Fisura en bloque.....	9
Figura 4. Falla tipo Abultamiento	10
Figura 5. Falla tipo Corrugación	10
Figura 6. Falla del tipo Depresión.....	11
Figura 7. Falla tipo fisura de Borde.	11
Figura 8. Falla Desnivel Carril – Berma.	12
Figura 9. Grietas Transversales y longitudinales.	12
Figura 10. Falla tipo Parcheo de Corte.....	13
Figura 11. Agregado Pulido.	13
Figura 12. Falla tipo Bache.	14
Figura 13. Falla Cruce de Ferrocarril.....	14
Figura 14. Falla tipo Surco de Huella.	15
Figura 15. Evidencia de surco de huella.	15
Figura 16. Falla tipo Desplazamiento	16
Figura 17. Grietas Parabólicas.	16
Figura 18. Falla Tipo Intemperismo.....	17
Figura 19. Falla Tipo Abultamiento.....	18
Figura 20. Falla Tipo Ahuellamiento.....	19
Figura 21. Falla Tipo Depresión.	19
Figura 22. Falla Tipo Desgaste Superficial.....	20
Figura 23. Falla Tipo Perdida de Arena.	20
Figura 24. Falla tipo Desplazamiento de Borde.....	21
Figura 25. Falla Desplazamiento de Junta.	21
Figura 26. Falla por Fracturamiento.....	22
Figura 27. Falla por fracturamiento de confinamiento.....	22
Figura 28. Falla escalonamiento entre adoquines.	23
Figura 29. Falla Tipo Junta Abierta.	23
Figura 30. Falla tipo vegetación en la calzada.	24
Figura 31. Escala de Valoración Estándar PCI.	27

Figura 32. Extracción de muestras de Adoquín.	32
Figura 33. Reposición de Adoquines.	32
Figura 34. Ubicación Geográfica Avenida General Rumiñahui	33
Figura 35. Inicio Estudio Pavimento Flexible 2,97 km	34
Figura 36. Tramo de estudio Pavimento Flexible.	34
Figura 37. Tramo de estudio pavimento articulado.	35
Figura 38. Tramo Estudio Avenida Mariana de Jesús.	35
Figura 39. Primer tramo de estudio pavimento Flexible.....	37
Figura 40. Abscisa inicio de Estudio.....	37
Figura 41. Abscisa Final de Estudio.	37
Figura 42. Tramo muestra de estudio 5 y 6 Avenida General Rumiñahui.....	38
Figura 43. Tramo muestra de estudio 7 y 8 Avenida General Rumiñahui.....	38
Figura 44. Hoja de Registro de Campo.....	40
Figura 45. Parcheo de corte mal colocado muestra 1.....	41
Figura 46. Hoja de Registro de campo unidad muestra 1.	42
Figura 47. Hoja de Registro de campo unidad muestra N° 2.....	43
Figura 48. Hoja de Registro de campo unidad muestra 3.	44
Figura 49. Defectuoso proceso de parcheo de corte.	44
Figura 50. Hoja de Registro de campo unidad muestra 4.	45
Figura 51. Estado de la Vía considerando 4 carriles.....	47
Figura 52. Estado de la Vía Sentido ESPE-Colibrí.....	48
Figura 53. Estado de la Vía Sentido Choclo – ESPE.....	49
Figura 54. Estado vía Metodología VIZIR.	50
Figura 55. Perfil Índice de Condición del Pavimento PCI.....	51
Figura 56. Perfil Índice de Deterioro Superficial IS	51
Figura 57. Perfil Comparación VIZIR y PCI.	52
Figura 58. Estado de Vía Pavimento Articulado.....	53
Figura 59 Marcado abscisa de extracción de núcleo.....	55
Figura 60. Mapa ubicación de muestras extraídas	56
Figura 61. Inadecuado Proceso de Mantenimiento.	57
Figura 62. Proceso de excavación.....	76
Figura 63. Medición de Espesores.	76

Figura 64. Composición Paquete Estructural.....	77
Figura 65. Lugar de excavación.....	77
Figura 66 Medición de Espesores.	77
Figura 67. Esquema Equipo DCP.	79
Figura 68. Verificación de Equipo DCP.	79
Figura 69 Medición Avenida General Rumiñahui.....	80
Figura 70. Medición Avenida Mariana de Jesús.....	80
Figura 71. Resultado y hoja de Campo D.C.P Avenida General Rumiñahui.	81
Figura 72. Resultado y hoja de Campo D.C.P Avenida Mariana de Jesús.	82
Figura 73 Proceso de Tamizado.....	83
Figura 75. Curva Granulométrica Muestra 13.	85
Figura 76. Curva Granulométrica Muestra 14.	86
Figura 77. Curva Granulométrica Muestra 15	87
Figura 78. Curva Granulométrica Muestra 4.	88
Figura 79. Curva Granulométrica Muestra 6.	89
Figura 80. Curva Granulométrica Muestra 7.	90
Figura 81. Curva Granulométrica Muestra 8.	91
Figura 82. Curva Granulométrica Muestra 9.	92
Figura 83. Proceso de Centrifugado.....	94
Figura 84. Pesado anillo Filtrante.	94
Figura 85. Adición de solvente.	94
Figura 86. Registro de Peso Sumergido.....	96
Figura 87. Calibración de Recipiente RICE.....	97
Figura 88. Proceso de extracción de Aire.	97
Figura 89 Proceso de hervido muestra.	99
Figura 90. Hoja de Resultados Ensayo de Peladura Muestra 18.....	100
Figura 91. Hoja de Resultados Ensayo de Peladura Muestra 8-4	101
Figura 92. Hoja de Resultados Ensayo de Peladura Muestra 7-15	102
Figura 93. Preparación de adoquines Ensayo.	104
Figura 94. Falla en Adoquín ensayo.	104
Figura 95. Curvas Granulométricas Mezcla Asfáltica.	112
Figura 96. Curva Granulométrica Promedio.....	113

Figura 97. Análisis Curva Granulométrica de diseño.	114
Figura 98. Análisis Curva granulométrica Normativa Vigente	116
Figura 99. Abscisado trabajo Avenida General Rumiñahui.....	120
Figura 100. Daño piel de cocodrilo.....	121
Figura 101. Daño representativo tipo Piel de cocodrilo.....	121
Figura 102. Daño agrietamiento en bloque.	122
Figura 103. Daño representativo tipo agrietamiento en bloque.	122
Figura 104. Daño tipo hundimiento.	123
Figura 105. Daño representativo tipo Hundimiento.....	123
Figura 106. Daño tipo grietas de borde.....	124
Figura 107. Daño representativo tipo grieta de borde.....	124
Figura 108. Daño tipo grietas longitudinales.	125
Figura 109. Daño representativo tipo grietas longitudinales.	125
Figura 110. Daño tipo parcheo de corte	126
Figura 111. Daño representativo tipo Parcheo de corte	126
Figura 112. Daño tipo pulimento de agregado.....	127
Figura 113. Daño representativo tipo pulimento de agregado.	127
Figura 114. Daño tipo Desnivel Carril-berma.....	128
Figura 115. Daño representativo tipo Desnivel Carril - berma.....	128
Figura 116. Daño tipo Bache.	129
Figura 117. Daño representativo tipo Bache.....	129
Figura 118. Daño tipo surco de huella.	130
Figura 119. Daño representativo surco de huella.....	130
Figura 120. Daño tipo grietas parabólicas.....	131
Figura 121. Daño representativo tipo grieta parabólica	131
Figura 122. Falla tipo Abultamiento	132
Figura 123. Falla tipo Ahuellamiento.	133
Figura 124. Daño representativo tipo Ahuellamiento.	133
Figura 125. Falla tipo Desgaste superficial.....	134
Figura 126. Daño representativo tipo Desgaste superficial	134
Figura 127. Falla tipo Perdida de Arena.	135
Figura 128. Daño representativa tipo perdida de arena.....	135

Figura 129. Falla tipo Fracturamiento.....	136
Figura 130. Daño representativo tipo fracturamiento.	136
Figura 131. Falla tipo vegetación en calzada.	137
Figura 132. Daño representativo tipo vegetación en calzada.....	137

RESUMEN

El proyecto de Investigación “ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE PARÁMETROS DE FISCALIZACIÓN EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y ARTICULADO PARA DOS VÍAS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI”, tiene como finalidad brindar al lector una guía técnica acerca de los principales parámetros de control por parte de fiscalización para vías de carácter urbano , mediante un análisis funcional y estructural de la condición actual del pavimento flexible y articulado de la Avenida General Rumiñahui comprendida en el tramo de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y Redondel del Choclo así como para la Avenida Mariana de Jesús respectivamente. Para el efecto se realizara un análisis objetivo de la condición superficial actual del pavimento identificando las principales patologías y posibles causas de daño, se realizara un estudio estadístico de campo en la cual se efectúa tomas de muestras de campo para su análisis mediante ensayos de laboratorio que permitan definir parámetros para compararlos con los mencionados en las normativas utilizadas en su diseño de la misma manera con la Normativa vigente que definen el control de calidad en el “Desempeño del Pavimento”, conjuntamente con ensayos destructivos in situ se estimara la condición de resistencia real del suelo donde se desplanta la estructura del pavimento. Conjuntamente con un una estimación de Trafico Promedio Diario Anual TPDA se podrá determinar los diferentes espesores de componente estructural del pavimento para su verificación in situ.

PALABRAS CLAVES:

- **FISCALIZACIÓN.**
- **PAVIMENTO FLEXIBLE.**
- **PAVIMENTO ARTICULADO.**
- **AVENIDA GENERAL RUMIÑAHUI.**
- **AVENIDA MARIANA DE JESÚS.**

ABSTRACT

The research project "RETROSPECTIVE ANALYSIS OF CONTROL PARAMETERS IN FLEXIBLE AND ARTICULATED PAVEMENT FOR DOUBLE-WAY OF CANTON RUMIÑAHUI", aims to provide the reader with technical guidance on the main parameters of control by supervision for urban ways, by a functional and structural condition analysis of the existing flexible and articulated pavement of General Rumiñahui Avenue on the stretch of road between Universidad de la Fuerzas Armadas- ESPE and El Choclo roundabout as well as Mariana de Jesus Avenue respectively. For this purpose, an objective analysis of the current condition of the pavement surface will be done identifying the main damages and its possible causes. A statistical study of field with samples for analyzing through laboratory tests that help define parameters to compare them with those mentioned in the regulations used in their design as well as with the current regulations that define the quality control in the "pavement performance" along with destructive tests on site. In addition, the real resistance of the soil will be estimated where the pavement structure will be taken out. In association with an estimation of an annual daily traffic average TPDA, the different thicknesses of structural component of the pavement for site verification will be determined.

KEY WORDS:

- **SUPERVISION.**
- **FLEXIBLE PAVEMENT.**
- **ARTICULATED PAVEMENT.**
- **GENERAL RUMIÑAHUI AVENUE.**
- **MARIANA DE JESÚS AVENUE.**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

El Cantón Rumiñahui constituye uno de los centros turísticos más visitados por nacionales y extranjeros, un Cantón de encanto y tradiciones andinas se ha convertido en los últimos años en un sitio de recreación y desarrollo urbano, de acuerdo datos censales del INEC para el año 2010 la población tiene una tasa de crecimiento anual del 3%. La construcción y apertura de nuevos proyectos viales y el mantenimiento de vías existentes constituyen una base para el desarrollo del Cantón por su naturaleza de sitio turístico, por este motivo la inversión de capital público de forma adecuada mediante un proceso oportuno de construcción y fiscalización el mismo que garantizara una apropiada circulación vehicular con menor desgaste en el pavimento (Jácome Mantilla, 2014).

La inversión de gasto público dirigido primordialmente para proyectos de vialidad por parte del Gobierno Autónomo y Descentralizado del Cantón Rumiñahui para el año 2013 fue de más 6 millones de dólares enfocado principalmente para la construcción de nuevos proyectos viales y su mantenimiento. En cuanto a procesos de fiscalización el gasto público se encuentra aproximadamente en el medio millón de dólares equivalente al 10% del presupuesto total del Cantón para vialidad, para de esta manera satisfacer las necesidades de movilidad del Cantón (Jácome Mantilla, 2013).

Por este motivo resulta de gran importancia establecer un inventario de fallas para pavimento flexible y articulado el mismo que podrá servir como precedente para una intervención oportuna de mantenimiento por parte de la municipalidad del Cantón Rumiñahui, de la misma manera mediante el presente estudio se identifica los principales tipos de falla y de su incidencia en la estructura del pavimento, se seleccionó dos vías representativas en cuanto a tráfico, deterioro y posibles proyectos de mejora y ampliación. Adicionalmente con el presente estudio se busca establecer

una “metodología para la evaluación oportuna de falla” en pavimentos articulados los mismos que son de uso común en vías urbanas.

De acuerdo a Jácome Mantilla (2014) y mediante una medición directa de las vías arteriales y colectoras referenciado en la red Vial del Cantón Rumiñahui (2006), se estimó un aproximado de 100 km entre pavimento flexible y articulado, siendo 52 km de pavimento flexible y 48 km de pavimento articulado en áreas urbanas y rurales dentro del Cantón.

1.2. Área de Influencia.

Los principales beneficiarios del presente Proyecto de Investigación serán los profesionales que se proyecten en el campo de la Fiscalización, construcción y mantenimiento vial. Mediante el presente proyecto de Investigación se brinda una base teórica-práctica para los profesionales de instituciones públicas y privadas en el área de evaluación y caracterización de fallas existentes en pavimentos “Flexibles y Articulados”. Adicional se brinda un compendio de recomendaciones técnicas enfocadas en la fiscalización de vías urbanas, de la misma manera los beneficiarios directos del presente proyecto de Investigación serán los usuarios viales y la municipalidad en general, adicionalmente se busca crear una base de datos para procesos de fiscalización y mantenimiento para otros Gobiernos Municipales o Distritos Metropolitanos.

1.3. Justificación e importancia.

Considerando la problemática del mal estado de ciertas vías del Cantón Rumiñahui, y específicamente los problemas que representan en zonas urbanas caracterizadas por la presencia fallas como: piel de cocodrilo, grietas longitudinales, grietas transversales, baches entre otras deterioros que causa molestia a los usuarios en general, a ello sumado la falta de señalización horizontal y vertical como es el caso de la Avenida General Rumiñahui y Juan de Salinas. Esta Problemática se

atribuye a que los automotores en sectores como San Fernando sector sur de la ciudad , en el cual circulan vehículos de servicio urbano se encuentran obligados a realizar maniobras peligrosas como invadir carriles en sentido contrario, buscando sitios que se encuentren con menor daño para su circulación. (Radio Super K, 2010).

Mediante lo expuesto se propone realizar un estudio de identificación, valoración y caracterización de Fallas existentes para pavimentos Flexibles y articulados tal que se identifiquen las principales fallas atribuidas a procesos de construcción o uso , para dicho fin se procederá a evaluar mediante un análisis visual las principales fallas y su porcentaje de daño , de la misma manera se evaluará la condición estructural de los pavimentos mediante una medición de los espesores del pavimento y ensayos de laboratorio.

Mediante la evaluación de las fallas existentes tanto para pavimentos flexibles y articulados se identificarán fallas características en el pavimento y mediante una correcta correlación de ensayos en campo y laboratorio se podrá incidir un análisis retrospectivo de procesos adecuados de control por parte de la fiscalización al momento de la construcción , lo mismo que podrá brindar una herramienta útil para procesos de reparación en carpeta de rodadura garantizando vías que brinde confort y seguridad a los ciudadanos del Cantón Rumiñahui, las vías que van a ser analizadas son las siguientes Avenida General Rumiñahui tramo Compreendido entre la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y el sector del Choclo con una longitud de 2970m por sentidos de circulación y la Avenida Mariana de Jesús con una longitud de 2000m por carril de Circulación.

Debido a que en la actual Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP, no incorpora una metodología para evaluación y caracterización de fallas superficiales en pavimentos articulados, el presente trabajo de Investigación sirva como una base de datos técnica para la valoración y caracterización de fallas típicas en Vías Urbanas de acuerdo a la implementación propuesta por Higuera y Pacheco (2010) de patologías para pavimentos Urbanos.

1.4.Objetivos del Proyecto.

1.4.1. Objetivo General

- Analizar de manera retrospectiva los principales parámetros de Fiscalización para pavimentos Flexibles y Articulados de dos Vías del Cantón Rumiñahui.

1.4.2. Objetivos Específicos del Proyecto.

- Identificar los tipos de fallas superficiales en carpeta de rodadura, para pavimento Flexible y Articulado de acuerdo Distress Identification Manual del US.Department of Transportation.
- Realizar un estudio estadístico de campo para identificar el estado funcional y estructural en pavimento flexible y articulado.
- Realizar un análisis de las fallas encontradas, identificando causas estructurales y funcionales de acuerdo a la Metodología VIZIR y PCI para pavimento Flexible.
- Realizar una comparación entre los parámetros técnicos de diseño y construcción de la Av. General Rumiñahui para las condiciones actuales de uso de la misma.
- Identificar las principales causas de falla en pavimento flexible y articulado atribuidas con el proceso de fiscalización vial.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Definición de Pavimentos.

Pavimento es un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, diseñadas técnicamente con materiales apropiados, se apoyan sobre una subrasante, la cual se obtiene por el movimiento de tierras y ha de resistir los esfuerzos producidos por las cargas repetidas del tránsito, durante un periodo para el cual fue diseñado. (Rojas, 2011,p.2)

2.2. Tipos de Pavimentos

Existe diferentes tipos de pavimento entre estos los flexibles, rígidos, semirrígidos y articulados. Presentado diferencia en cuanto a las capas que se encuentra constituidas, y su capacidad de soporte ante las cargas existentes dentro de los más utilizados para vías urbanas son los flexibles y rígidos siendo los articulados para áreas urbanizadas o conjuntos de vivienda (Rojas, 2011).

Para el presente trabajo se cuantifico la cantidad de pavimentos flexible y articulado para el cantón Rumiñahui siendo este de 52 km y 48 km respectivamente (Jácome Mantilla, 2014).

2.2.1. Pavimento Flexible.

Conjunto de capas granulares (Sub base y Base drenantes) y una superficie de rodadura bituminosa en frio o una superficie de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según sea necesario (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Peru [MTC],2014).

2.2.2. Pavimento Semirrígido.

Comprende los pavimentos cuya estructura está compuesta por una capa asfáltica y bases tratadas con asfalto, con cemento, cal, esta solución se recomienda aplicar sobre subrasantes de categoría buena $CBR > 20\%$ y para tráficos mayores a 1'000.000 de Ejes equivalentes (MTC, 2014).

2.2.3. Pavimento Rígido.

Los pavimentos de concreto reciben el apelativo de “Rígidos”, debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituyen, debido a su naturaleza rígida la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito. El método AASTHO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto (MTC, 2014).

2.2.4. Pavimento Articulado.

Estructura constituida de por capas de material pétreo calificadas colocadas sobre suelo natural o subrasante cuya capa de rodadura está conformada por adoquines (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador [MTOPE], 2013).

2.3. Deterioros en Pavimentos Flexible.

De acuerdo a Pinilla(2007), Durante la vida de servicio de un pavimento, existe diversos orígenes que pueden afectar la condición de la superficie de rodadura de un pavimento, entre las principales causas de falla de un pavimento son las que se indica a continuación:

- Incremento del tránsito
- Deficiencias en el proceso constructivo, escaso control de calidad en los materiales empleados.

- Insuficiencia de estructura drenante.
- Insuficiencia de mantenimiento.

Tabla 1.
Principales Daños en Pavimento Flexible.

Clase de Daño	Causas Posibles
Piel de cocodrilo	Deficiencia estructural. Excesivos vacíos de aire en la mezcla. Propiedades del cemento asfáltico. Despedimiento del asfalto. Deficiencias constructivas.
Grietas longitudinales	Vacíos excesivos en la mezcla. Cambios volumétricos en la subrasante. Asentamiento en terraplén. Segregación debido a inadecuada compactación,
Ahuellamiento	Diseño de la mezcla asfáltica. Estabilidad de la capa asfáltica. Compactación de las capas.
Desprendimientos	Bajo contenido de asfalto. Excesivos vacíos de aire en la mezcla. Endurecimiento del asfalto. Susceptibilidad al agua. Dureza y durabilidad de los agregados.
Exudación	Alto contenido de asfalto. Densificación excesiva de la mezcla por el tráfico. Bajo contenido de vacíos de aire en la mezcla. Susceptibilidad térmica del asfalto. Aplicación excesiva de “sello Negro”.
Grietas transversales	Endurecimiento del cemento asfáltico. Rigidez (stiffness) en la mezcla. Cambios volumétricos en la base o sub base. Propiedades inusuales de la subrasante.
Rugosidad	Presencia de daño Físico. Cambios volumétricos en la subrasante. Construcción no uniforme.

Nota: Principales Daños en pavimento flexible y causas posibles a nivel estructural

Fuente: Pinilla (2007, p.26)

2.3.1. Fallas comunes en pavimento Flexible.

A continuación se explica las fallas más comunes que afectan a los pavimentos flexibles de acuerdo al (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia de Iberoamérica[DIRCAIBEA], 2002).

2.3.1.1.Falla Tipo piel de Cocodrilo.

La piel de cocodrilo es un conjunto de fisuras interconectadas que forman polígonos irregulares, de hasta 0.5m de longitud en el lado más largo, el patrón es parecido a la piel de un cocodrilo, de ahí el nombre de esta falla. Generalmente presenta hundimiento del área afectada. El agrietamiento se produce en la base de la carpeta asfáltica en donde los esfuerzos y deformaciones unitarias son muy elevados, otra causa originaria de la falla es el envejecimiento del ligante asfáltico (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 1. Falla Tipo Piel de Cocodrilo.

2.3.1.2.Exudación.

La exudación consiste en la presencia de asfalto sin agregado (árido) en la superficie del pavimento, creando una superficie brillante, resbaladiza y reflectante que generalmente es pegajosa en durante tiempo cálido cuando el asfalto llena los espacios de la mezcla y luego se expande en la superficie del pavimento, dicho proceso es irreversible. Dicha falla también es atribuida a un deficiente porcentaje de vacíos (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 2. Falla tipo Exudación de Asfalto.

2.3.1.3. Fisuras en Bloque.

DIRCAIBEA (2002) define que Las fisuras en bloque son grietas interconectadas que forman piezas rectangulares de tamaño variable, desde 0.3x0.3 hasta 3.0x3.0m.

Este tipo de falla indica que el asfalto se ha endurecido significativamente como causa principal por la contracción del concreto asfáltico y variaciones de temperatura. Se muestra en zonas donde no hay tráfico



Figura 3. Fisura en bloque.

2.3.1.4. Abultamiento y hundimientos.

Son desniveles o desplazamientos pequeños localizados, pueden ser desplazamientos hacia arriba o hacia debajo de la superficie del pavimento, que distorsionan el perfil de la carretera.

Dentro de las principales causas existentes son las siguientes, expansión por congelamiento, infiltración y acumulación de material en la fisura combinada con cargas de tráfico, expansión de suelo de fundación, deficiencia en el drenaje del paquete estructural (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 4. Falla tipo Abultamiento

Fuente: ASTM D6433-11 (2008,p.14)

2.3.1.5. **Corrugación.**

La corrugación u ondulación es una serie de pequeñas acanaludas espaciadas a intervalos regulares, generalmente menores de 3 metros, este tipo de falla se presenta por la acción de tráfico en combinación con una capa de superficie o base inestable (DIRCAIBEA, 2002).

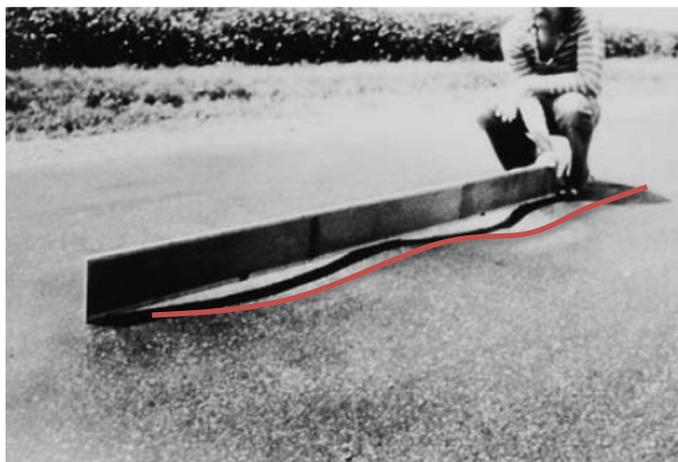


Figura 5. Falla tipo Corrugación

Fuente: ASTM D6433-11 (2008,p.15)

2.3.1.6. Depresión.

Las depresiones son áreas localizadas en la superficie del pavimento, que poseen zonas menores a las que están a su alrededor, esta falla es causa por asentamientos de la sub rasante y procedimientos constructivos defectuosos. Esta falla se puede evidenciar cuando el agua se empoza dentro de ellas (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 6. Falla del tipo Depresión.

2.3.1.7. Fisura de borde.

Las fisuras de borde son grietas paralelas al borde externo del pavimento, que se encuentra a una distancia entre 0,30 y 0,6 de este. Este tipo de falla se incrementa por las cargas de tráfico y se origina por el debilitamiento de la base o de la subrasante. Si el área entre la fisura y el borde del pavimento se encuentra agrietada puede producirse desprendimientos (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 7. Falla tipo fisura de Borde.

2.3.1.8. Desnivel carril-berma.

Es la diferencia de elevación entre el borde del pavimento y la berma, esta falla es causada por la erosión de la berma, el asentamiento de la berma, colocación de nueva carpeta (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 8. Falla Desnivel Carril – Berma.

2.3.1.9. Fisuras longitudinales y transversales.

Son fisuras tanto en sentido longitudinal como transversal se puede originar por una deficiencia junta constructiva, endurecimiento del asfalto, contracción del cemento asfáltico, este fisuramiento no está relacionado con las cargas de tráfico (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 9. Grietas Transversales y longitudinales.

2.3.1.10. **Parqueo de Corte.**

Es un área de pavimento que ha sido reemplazado por material nuevo indistintamente del acabo, ya que generalmente genera otras rugosidades.



Figura 10. Falla tipo Parqueo de Corte.

2.3.1.11. **Agregado pulido.**

Esta falla es producida por las acción repetida del tráfico, cuando el agregado superficial se torna liso, esto reduce la adherencia entre el neumático de los vehículos, el riesgo hacia los usuarios viales se incrementa en condiciones húmedas. (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 11. Agregado Pulido.

2.3.1.12. Baches.

Los baches son pequeños huecos en la superficie de hasta un metro de diámetro, generalmente tienen bordes agudos, su crecimiento es creciente por la acumulación de agua en su superficie, esta se presenta por la presencia de mezclas pobres, bajo soporte de base, esta es complementada o se alcanza a partir de fallas tipo piel de cocodrilo de condición severa. (DIRCAIBE, 2002).



Figura 12. Falla tipo Bache.

2.3.1.13. Cruce de Ferrocarril.

Son los desniveles producidos en zonas adyacentes a cruces ferroviarios.



Figura 13. Falla Cruce de Ferrocarril

Fuente: ASTM D6433-11 (2008,p.21).

2.3.1.14. Surco de Huella.

El surco de huella es una depresión que se localiza en la huella del tráfico, en caso de severidad alta se puede observar la elevación del pavimento a lo largo de la depresión, es originado por la el tráfico vehicular y puede resultar una falla estructural del pavimento (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 14. Falla tipo Surco de Huella.



Figura 15. Evidencia de surco de huella.

2.3.1.15. Desplazamiento.

El desplazamiento es una deformación permanente longitudinal, en un área localizada de la superficie del pavimento es causa por las cargas vehiculares. Que empuja el material superficial produciendo ondulaciones, esta patología es atribuida en asfaltos líquidos (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 16. Falla tipo Desplazamiento

Fuente: ASTM D6433-11(2008,p.14)

2.3.1.16. Grieta Parabólica.

Las grietas parabólicas se producen en forma de media luna con dos extremos apuntando en sentido contrario al tráfico, esta es producida por deformaciones en la superficie de frenado o cambio de dirección de las llantas. Esto ocurre por mezclas de bajas resistencia o una mala adherencia entre la capa de superficie y sub capas (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 17. Grietas Parabólicas.

2.3.1.17. Intemperismo.

Esta es producida por el desgaste de la superficie producida por la pérdida de ligante asfáltico y disgregación de material pétreo. Esta indica que la mezcla es de mala calidad también es producida por el derramamiento de aceites y petróleos (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 18. Falla Tipo Intemperismo.

Fuente: ASTM D6433-11 (2008,p.23)

2.3.2. Clasificación de Deterioros en Superficie.

De acuerdo a Pinilla (2007) la naturaleza del pavimento determina los tipos de daños que se presentan ligados a la estructura o a la funcionalidad, de ahí que se clasifica los daños según el parámetro u objeto elegido ver tabla 2.

Tabla 2.
Clasificación Deterioros Pavimento Flexible.

Clasificación	Consecuencia
Funcionales	Afecta la seguridad o comodidad del usuario.
Estructurales	Deterioran la capacidad estructural del pavimento.
Origen	Repeticiones de cargas vehiculares. Escaso Proceso constructivo. Materiales.
Forma o geometría	Aisladas Interconectadas Deformaciones
Localización de la capa	Daños superficiales Capas granulares Subrasante.

Fuente: Modificado de Pinilla (2007, p.23)

2.4.Fallas en Pavimentos Articulados.

Dentro de las principales fallas producidas en pavimentos articulados que serán valoradas en la Avenida Mariana de Jesús de acuerdo a Higuera y Pacheco (2010) son los que se indica a continuación ver tabla3

Tabla 3.
Principales fallas en Pavimento Articulado

Clase	Tipo de Deterioro
Deformaciones	Abultamiento. Ahuellamiento. Depresiones.
Desprendimiento	Desgaste superficial. Perdida de arena
Desplazamientos	Desplazamiento de borde. Desplazamiento de Juntas.
Fracturamientos	Fracturamiento. Confinamiento Externo.
Otros Deterioros	Escalonamiento entre adoquines Juntas abiertas. Vegetación en la calzada.

Fuente: Higuera y Pacheco (2010, p.4).

2.4.1. Falla Abultamiento.

Son levantamientos o protuberancias que se presentan en la superficie del pavimento, dentro de las principales causas se encuentran. Cambios volumétricos de la subrasante, suelos expansivos (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 19. Falla Tipo Abultamiento.

2.4.2. Ahuellamiento.

Depresión localizada en el sentido del tráfico, las principales causas son las cargas de tránsito, consolidación de las capas subyacentes, inadecuada compactación (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 20. Falla Tipo Ahuellamiento.

2.4.3. Depresiones.

Son hundimientos de forma circular en dirección al sentido de tráfico sin pérdida de material, las principales causas son asentamiento en el suelo de fundación, fallas en la capa de arena, inadecuado drenaje (Higuera y Pacheco , 2010).

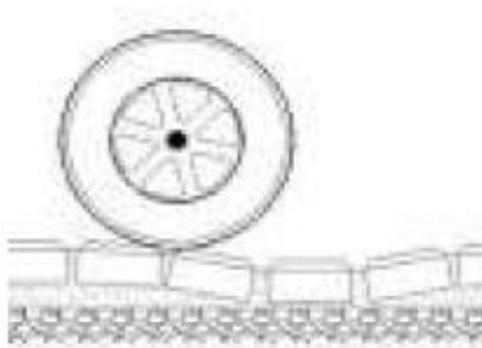


Figura 21. Falla Tipo Depresión.

Fuente: Higuera y Pacheco (2010,p.4)

2.4.4. Desgaste Superficial.

Es la pérdida de finos en la superficie del adoquín, en la cual se deja expuesto el agregado del adoquín (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 22. Falla Tipo Desgaste Superficial

2.4.5. Pérdida de Arena.

Es la presencia de partículas de arena alrededor o sobre los adoquines, dentro de las principales causas es juntas abiertas (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 23. Falla Tipo Perdida de Arena.

2.4.6. Desplazamiento de borde.

Los desplazamientos de borde corresponden al movimiento de los adoquines junto a los elementos de confinamiento. Las posibles causas del movimiento pueden ser por las cargas del tránsito, inadecuada construcción en el elemento de confinamiento (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 24. Falla tipo Desplazamiento de Borde

2.4.7. Desplazamiento de junta.

Los adoquines se apartan de su alineamiento inicial, dentro de las posibles causas son falta de confinamiento transversal, sitios de alta pendiente, zonas de frenado (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 25. Falla Desplazamiento de Junta.

2.4.8. Fracturamiento.

Son daños localizados en los adoquines atribuidos a espesores insuficientes del adoquín, inadecuado espesor de las capas de apoyo, deficiencia en calidad de los materiales de apoyo (Higuera y Pacheco , 2010).

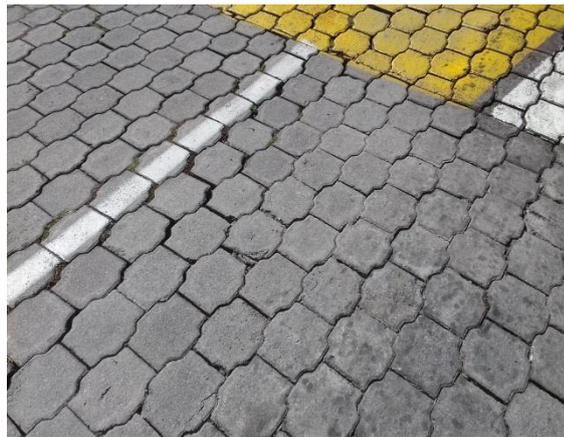


Figura 26. Falla por Fracturamiento

2.4.9. Fracturamiento de confinamiento.

Es el deterioro parcial o total de los confinamientos externos, dicha patología se presenta por fatiga en el paso del tránsito, por impacto de llantas de los vehículos, por invasión de vegetación, retracción del concreto (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 27. Falla por fracturamiento de confinamiento.

2.4.10. Escalonamiento entre adoquines.

Es el cambio brusco de nivel entre hiladas de adoquines, se atribuye esta patología a un error constructivo, torsión ocasionada por las cargas del tránsito (Higuera y Pacheco , 2010).

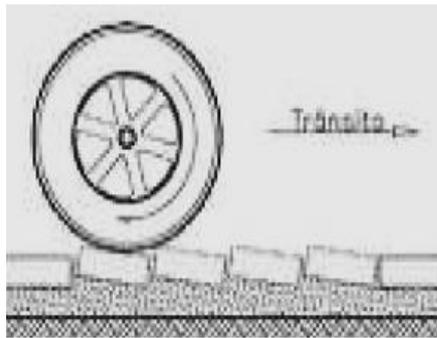


Figura 28. Falla escalonamiento entre adoquines.

Fuente: Higuera y Pacheco (2010,p.4)

2.4.11. Junta abierta.

Es una separación entre juntas superior a 3mm permitiendo la pérdida de arena de sello, las causas posibles de daño son producidas por cargas de tránsito, confinamiento inadecuado, falta de sello de juntas (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 29. Falla Tipo Junta Abierta.

2.4.12. Vegetación en la Calzada.

Es la invasión o crecimiento de vegetación a través de las juntas en la calzada, la vegetación en caso de alta severidad puede levantar los adoquines (Higuera y Pacheco , 2010).



Figura 30. Falla tipo vegetación en la calzada.

2.5.Evaluación funcional y estructural para Pavimento Flexible.

Dentro de las principales metodologías para Evaluación funcional y estructural de Pavimentos flexibles se encuentra la Metodología Francesa VIZIR la misma que realiza una clasificación de los deterioros de forma funcional y Estructural dicha metodología es recomendada para su uso en Ecuador de acuerdo al Código Ecuatoriano Vial NEVI-12, otra metodología que ha tenido una rápida aceptación a lo largo del mundo en cuanto a sus niveles de gravedad y su clasificación es el sistema PAVER desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los EEUU, dicha metodología provee una medida consistente de la integridad estructural del pavimento.

2.5.1. Evaluación de Deterioros Metodología VIZIR.

De acuerdo a Marrugo (2014) la metodología Francesa VIZIR es un sistema de fácil aplicación por el cual se puede calificar la condición superficial del Pavimento Flexible, este sistema clasifica las fallas en estructurales y Funcionales, dicha metodología clasifica en dos grandes categorías A y B.

Las fallas tipo A caracterizan estructuralmente al pavimento son degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural del pavimento, estos daños comprenden deformaciones, agrietamientos ligados a fatiga (Marrugo, 2014).

Las Fallas tipo B, son del orden funcional dan lugar a las reparaciones no ligadas a la capacidad estructural de la calzada, su origen se encuentra en deficiencias

constructivas y condiciones locales del tráfico entre los principales daños se encuentran ojos de pescado, los desprendimientos y los afloramientos (Pinilla, 2007).

El resultado de la Evaluación VIZIR es determinar el (Is) Índice de Deterioro Superficial el mismo que es un valor adimensional que varía entre 1 y 7 en la cual 1 representa una condición Buena del Pavimento y 7 una condición desfavorable del mismo, que se calcula a partir de sectorizar los tramos de vía por áreas y analizar su estado (Marrugo, 2014).

De acuerdo al MTOP (2013) para la valoración en el país se utilizara como base el sistema VIZIR por establecer una distinción clara entre deterioros estructurales y funcionales, además ha sido probado con éxitos en muchos países en vías de desarrollo en zonas tropicales.

Tabla 4.
Rango de Calificación VIZIR.

Rango Calificación	Calificación
1 y 2	Buena
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Fuente: Pinilla (2007, p.34)

Tabla 5.
Principales Daños Metodología VIZIR.

Tipo de Deterioro	Tipo de Daño.
Deterioros Tipo A	Ahullamientos y Otras deformaciones estructurales.
	Fisuras longitudinales
	Piel de cocodrilo
	Bacheo y parcheo.
Deterioros tipo B	Fisuras Longitudinales
	Fisuras de contracción térmica
	Fisuras Parabólicas
	Fisuras de Borde.
	Ojos de Pescado.
	Pulimiento del Agregado.
	Exudación
	Erosión de Bermas
Segregación.	

Fuente: Pinilla (2007, p.18-19)

2.5.1.1. Deterioros no contemplados por la metodología VIZIR.

El sistema no contempla algunos deterioros del pavimento directamente relacionados al comportamiento del mismo y de la sub rasante, por ejemplo fisuramientos acompañados del levantamiento de la calzada, deformaciones y fisuramientos de terraplenes construidos sobre suelos muy limitados de capacidad portante. Por este motivo estos defectos y su comportamiento, deben ser analizados y resueltos con un enfoque geotécnico (MTOP, 2013).

2.5.2. Evaluación de Deterioros Metodología PAVER.

El cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos , diseño un catálogo de deterioros , que se los conoce como el método PAVER, la identificación de fallas en pavimento flexible se aplica para los siguientes casos, Mezcla Asfáltica, Tratamiento Superficial Bituminoso, Concreto Asfáltico sobre Hormigón, el catálogo de deterioros identifica 19 tipos de fallas para los cuales se presenta , el nombre de la falla, código de la falla, descripción , método de medición, fotografías de los diferentes tipos de daños (Carrión, 2007).

Para una correcta interpretación de datos se puede utilizar la Norma ASTM D 6433-07 “Standard Practice for Roads and Parking lots Pavement Condition Index Surveys”, la misma que especifica la severidad y unidad para medición.

De acuerdo a ASTM D 6433 (2008) el “PCI” Pavement Condition Index provee una medida consistente de la integridad estructural del pavimento y su condición funcional- operacional graduándolo de 0 a 100 como indica la Figura 1, este índice es función de la densidad de las fallas en el área estudiada y del valor de deducción del pavimento por efecto de cada tipo de falla y de cada nivel de severidad. El sistema PAVER resulta un instrumento de evaluación y administración de pavimentos de extremo Valor.

Rango	Calificación
85 – 100	Excelente
70 – 85	Muy Bueno
55 – 70	Bueno
40 – 55	Regular
25 – 40	Pobre
10 – 25	Muy Pobre
5	Deficiente

Figura 31. Escala de Valoración Estándar PCI.

Fuente: Modificado de ASTM D6433-11 (2008,p.21)

2.6. Metodología de Evaluación Pavimento Articulado.

Debido a que no existe una metodología establecida para la valoración de Patologías en pavimentos Articulado para su uso en la actual Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, se evaluara de acuerdo al catálogo de deterioros propuesta por Higuera y Pacheco (2010), para propósitos de este proyecto y una verificación para su uso en Ecuador se determinara el Índice de condición de la Estructura y se evaluara para las condiciones de la Avenida Mariana de Jesús en base a observaciones directas de campo.

2.7. Inventario de Daños en Superficie de Rodadura.

Para una correcta interpretación de las patologías para Pavimentos Flexibles y rígidos, además para una adecuada ubicación de la misma para un proceso de mantenimiento se utilizara el manual de Identificación de Deterioros del Federal Highway Administration (2003), el mismo que es una herramienta útil para procesos de auscultación superficial conjuntamente para la obtención de la condición del pavimento. La importancia de realizar un inventario de daños implica obtener de forma gráfica sectores característicos por cierta patología.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE EVALUACIÓN.

3.1.Descripción Geográfica del área de estudio.

Para la presente investigación se partió de un muestreo estadístico, para evaluar los dos tipos de Pavimentos con mayor recurrencia en el Cantón Rumiñahui. A continuación se presenta un resumen con las longitudes y tramos correspondientes en pavimento flexible y Articulado de acuerdo a (Municipio de Cantón Rumiñahui [GADMUR] 2006.

Tabla 6.
Principales Vías Pavimento Flexible Cantón Rumiñahui.

NOMBRE VÍA	LONGITUD m	TRAMO
General Rumiñahui	5365,25	Colegio Farina - Redondel Colibrí
General Pintag	1854,00	Redondel Colibrí - Intersección Río Pita
General Rumiñahui	3888,00	Redondel Colibrí – Danec
Paseo Escénico	900,00	Puente Virgen - Redondel ESPE
Paseo Escénico	1274,00	Redondel ESPE- Redondel C.C. San Luis
Abdón Calderón	1205,00	Redondel Choclo- Santa María
Luis Cordero	1612,13	Redondel Choclo – C.C. River Mall
General Enríquez	5372,28	Danec - Plaza Del Valle Desvió
San Luis	1264,00	Gus- C.C. San Luis
Juan Salinas	985,00	Choclo - Redondel Selva Alegre
Shirys	1927,34	Choclo – Danec
Total	24747.00m ~ 24.75 km	

Fuente: Planos de la Red Vial Cantón Rumiñahui para el año 2006

Tabla 7.
Principales Vías Pavimento Articulado Cantón Rumiñahui.

NOMBRE VIA	LONGITUD m	TRAMO
Juan De Salinas	4049,83	Redondel Selva Alegre - San Fernando
Mariana De Jesús	5120,00	Fajardo Intercambiador Conocoto
Atahualpa	5217,82	Monumento Rumiñahui – Jatumpungo
Inés Gangotena	4191,23	Vía Tambillo - Barrio Salgado
El Inca	1760,86	Fajardo - Jefatura de Transito
Calderón	1309,00	Redondel C.C. Santa María - Hasta Av. Mariana De Jesús
Atuntaqui	1338,53	Aneta - Desvió ESPE
Mercado	637,00	Desvió Calle Atuntaqui- Desvió ESPE
Total	23624,27m ~ 23.63 km	

Fuente: Planos de la Red Vial Cantón Rumiñahui para el año 2006.

3.1.1. Selección de longitud de estudio y muestra de estudio.

Para la selección de tamaño de la muestra se utilizó una longitud para pavimento Flexible de 24,75 km y una longitud para pavimento Articulado de 23,63 km, el error muestral seleccionado es del 30% debido a que no existe sectores homogéneos en ciertos tramos de la vía y con dicho valor podemos ajustar la longitud total del tramo de análisis, para un nivel de confianza del 90% el coeficiente de corrección K tiene un valor de 1.65 un valor recomendado por (Ayala, 2006).

A continuación se presenta el resultado para la selección de la muestra de estudio tanto para pavimento Flexible y Pavimento Articulo de acuerdo a un muestreo aleatorio simple ver ecuacion 3-1

$$n = \frac{PQ*N}{(N-1) * \frac{e^2}{K^2} + PQ} \quad (3-1)$$

Tabla 8.
Longitud de Estudio

Tipo de Vía.	PQ	N km	e %	K	n km
Pavimento Flexible	0,09	24,74	0,3	1,65	2,66
Pavimento Articulado	0,09	23,62	0,3	1,65	2.65

PQ=Varianza Poblacional; N=longitud Total; e=Error muestral.

K=Coficiente de correlación; n=Muestra.

El presente estudio se realizara en el Cantón Rumiñahui, perteneciente a la provincia de Pichincha, para dicho fin se selecciona dos vías representativas en cuanto a tráfico y procesos de deterioros, para la caracterización en pavimento Flexible se utilizara la Avenida General Rumiñahui, comprendida en el tramo entre la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE y el Redondel del Choclo, para el Análisis en Pavimentos Articulado se utilizara la Avenida Mariana de Jesús la misma que se encuentra ubicada en el Sector Norte del Cantón Rumiñahui.

3.1.2. Método de muestreo estadístico para pavimento articulado.

El proceso de muestreo para determinar la cantidad de adoquines representativos se realiza mediante la obtención al “azar” en sitio, para un total de acuerdo a una estimación muestra de 20 adoquines, a continuación se indica el cálculo de número de muestras de acuerdo a un muestreo probalístico ver Ecuación 3-2. El tamaño de la población asignado se determinó mediante la división de la Avenida en tramos consecutivos cada cien metros dando un total de 40 posibles puntos de muestreo establecidos por el método de muestreo aleatorio simple como espacio muestral.

$$n = \frac{k^2 * N * pq}{e^2(N-1) + k^2 pq} \quad (3-2)$$

En donde:

n= Número de muestras. **N**=Tamaño de la Población ~ longitud km/100

Pq=Porción de individuos con características similares de estudio.

K= Constante de acuerdo al nivel de confianza **e**= Error muestral

Para el estudio los parámetros de análisis son los siguientes; tamaño de población obtenidos mediante la división consecutivamente cada 100 metros un total de 40 posibles unidades muestrales, porción de individuos con características similares se tomara un total del 90% por ser la opción más segura, el nivel de confianza seleccionado es del 90% para lo cual presenta una constante $K=1.65$, el error muestral esperado es del 10% valor seleccionado para ajustar la longitud total del estudio. Para el estudio se tomara un total de 20 adoquines.

$$n = \frac{1.65^2 * 40 * 0.09}{0.1^2(40 - 1) + 1.65^2 * 0.09} = 18.80 \text{ muestras.} \sim 19 \text{ adoquines}$$



Figura 32. Extracción de muestras de Adoquín.



Figura 33. Reposición de Adoquines.

Se tomo la Avenida General Rumiñahui para el estudio en pavimento flexible ya que cumple con la longitud de analisis para muestreo aleatorio simple, de la misma manera dicha via finalizo su construcción en el año 2007 con 8 años de uso con

tráfico sin un mantenimiento superficial. A continuación se realiza la descripción de la Avenida de Análisis.

3.1.3. Descripción Avenida General Rumiñahui.

El tramo de Análisis para la Avenida General Rumiñahui, presenta una longitud de 2970m por sentido de circulación, la calzada se encuentra constituida por dos carriles unidireccionales de 3.65m cada uno, presenta un Separador de 0.90m ubicado en la parte central de la calzada. De acuerdo a Jácome Mantilla, Plan de transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial, (2014) la Avenida General Rumiñahui corresponde a una vía Arterial, las coordenadas para el estudio corresponde; Universidad de las fuerzas Armadas-ESPE coordenadas (N: 9965134,E: 784714) hacia el sector del Choclo con coordenadas (N: 9963062,E: 785330) dicha vía fue intervenida, para un proceso de ampliación por parte del Gobierno de la Provincia de Pichincha para el tramo establecido entre el Centro Comercial San Luis Shopping y el sector del colibrí, la vía fue finaliza su construcción en el año 2007.

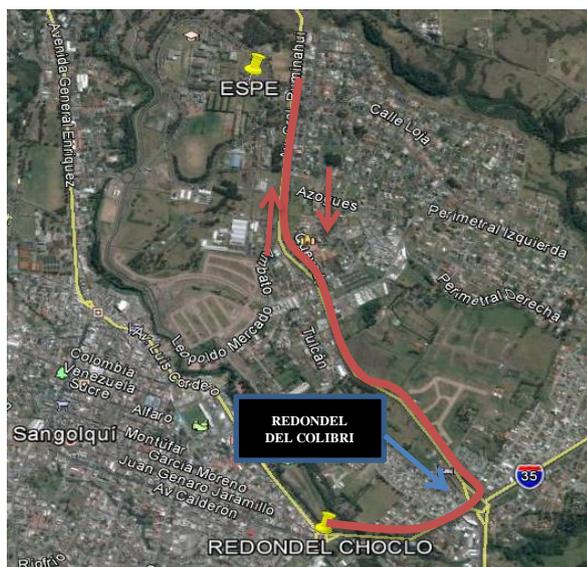


Figura 34. Ubicación Geográfica Avenida General Rumiñahui

Fuente: google Earth (2015)



Figura 35. Inicio Estudio Pavimento Flexible 2,97 km



Figura 36. Tramo de estudio Pavimento Flexible.

Se toma para el estudio en pavimento Articulado la Avenida Mariana de Jesús porque cumple con la longitud necesaria para el estudio estadístico establecido por el muestreo aleatorio simple, de la misma manera se escoge la Avenida Mariana de Jesús para poder realizar un análisis de control de calidad en los adoquines porque la vía presenta 2 años de uso ante tráfico vehicular. A continuación se describe la vía de Estudio.

3.1.4. Descripción Avenida Mariana de Jesús.

De acuerdo a Jácome Mantilla, Plan de transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial, (2014) la avenida Mariana de Jesús corresponde a una vía Expresa que conecta los sectores de Sangolqui, San Pedro, Capelo y Conocoto, en dicha vía se ha

realizado un continuo proceso de Mantenimiento y construcción en tramos de la misma, para el análisis se seleccionó los tramos correspondiente desde la avenida Agustín miranda de coordenada (N: 9963832.05m E: 782450.52m) hacia la Avenida Toa de coordenada (N: 9962132.45m E: 781647.79m) , con una longitud por carril aproximada de 2000 m , la vía se encuentra comprendida por 4 carriles con una dimensión de 3.70m cada una y dos vías exclusivas para bicicletas de 1.0 m respectivamente , el tramo de análisis fue concluido en su proceso de construcción en abril del año 2013.



Figura 37. Tramo de estudio pavimento articulado.

Fuente: google Earth (2015)

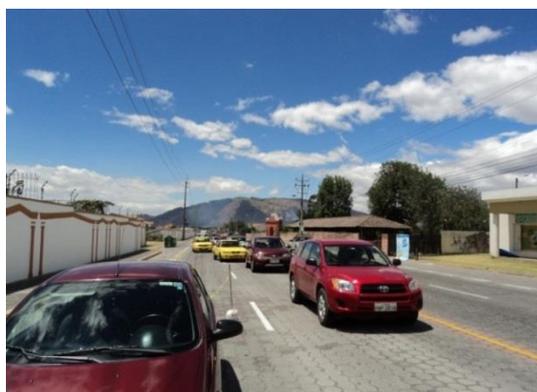


Figura 38. Tramo Estudio Avenida Mariana de Jesús.

3.2. Identificación de Fallas en Pavimento Flexible.

3.2.1. Muestras de Inspección según Metodología PAVER y VIZIR

De acuerdo al sistema PAVER, el primer paso consiste en determinar el número mínimo de tramos de muestreo para la inspección, sin embargo mediante la recomendación propuesta por (Carrión, 2007), para valoración de deterioros en pavimento flexible de una manera exacta y precisa debe tomarse la totalidad de la vía.

El Método PAVER especifica se considere en un tramo de muestra en un área entre 140 y 320 m² lo que significa que la longitud de cada tramo de muestra depende también del ancho de vía sin embargo la recomendación propuesta por Carrión (2007) establece que en Ecuador es conveniente una longitud de muestra de 50 metros independientemente del ancho que tenga la vía. Para el presente estudio se procedió a la división de la vía en tramos de igual longitud y adyacentes.

Realizada la selección de los tramos de muestra se debe numerar y marcar de principio a fin el tramo de muestra estudiada debido a que puede ser necesaria una verificación de los datos recabados en la vía, dicho proceso se debe realizar conjuntamente en la vía respectivamente cada 50 metros.

Para el muestreo de acuerdo al sistema VIZIR se utilizara las mismas unidades muestrales que considera el sistema PAVER esto para poder realizar una comparación entre las dos metodologías de estudio. A continuación se indica el tramo de estudio comprendido entre el redondel del choclo y la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE



Figura 39. Primer tramo de estudio pavimento Flexible.

Fuente: google Earth (2015)

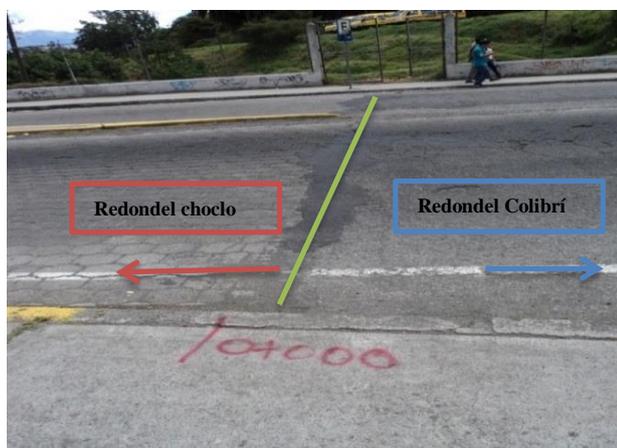


Figura 40. Abscisa inicio de Estudio.



Figura 41. Abscisa Final de Estudio.

3.2.1.1. Unidades de tramo muestrales.

Una vez determinada las muestras para el análisis se lleva a cabo una revisión preliminar en campo para identificar sectores característicos de falla, sitios con elevado nivel de tráfico, unidades homogéneas de estudio, para el presente trabajo se fijó 120 muestras comprendidos por una longitud de 50m y el ancho de vía circulación de 7.20m.

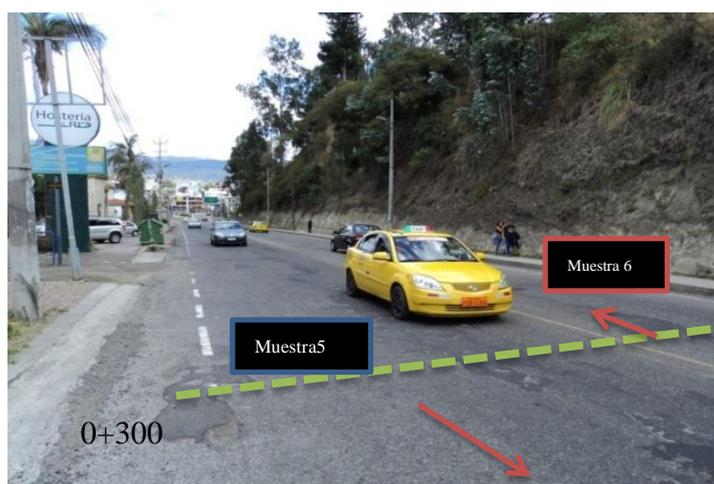


Figura 42. Tramo muestra de estudio 5 y 6 Avenida General Rumiñahui.



Figura 43. Tramo muestra de estudio 7 y 8 Avenida General Rumiñahui.

3.2.2. Materiales e instrumentos.

A continuación se enlista los principales Equipos e instrumentos para el proceso de auscultación superficial del pavimento.

Para la auscultación de los tipos de fallas se usa la norma ASTM D-6433-07: este manual presenta los principales deterioros para pavimentos con superficie de rodadura asfáltica, forma de medición y niveles de severidad de daño establecida para el método descrito.

Hoja de datos: Este documento debe ser registrado toda la información obtenida durante la inspección visual, dicho documento debe contener: fecha, ubicación, sección, tamaño, tipo de falla, severidad, medicación, nombre de la persona encarga de la medición, en la Figura 44 se aprecia un modelo desarrollado para el presente proyecto de hoja de registro de campo.

Odómetro Manual: Instrumento capaz de medir distancias con una precisión de decima de metro

Regla: Capaz de medir deformaciones longitudinales y transversales del pavimento estudiado, se recomienda que sea de una longitud mayor a 2 metros.

Conos de Seguridad: Empleados como dispositivo de seguridad para la correcta medición en campo.

3.2.4. Resultados de Evaluación Superficial.

La Unidad de muestra uno tiene una área de 180m^2 , no presenta cambios de sección dentro de su área esta empieza en la abscisa de estudio P.K 0+000 la misma que se encuentra en la junta entre pavimento flexible y articulado del redondel de choclo como indica la Figura 40.

Las fallas encontradas con nivel de severidad baja fueron Parcheo de Corte, Huecos, Piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, pulimiento de agregado en pequeño porcentaje, grietas parabólica ubicado en el extremo próximo a la vereda.

La falla más considerable encontrada es agrietamiento en bloque con una densidad total del 63%, el mismo que de acuerdo a la patología indica que el asfalto se ha endurecido u oxidado significativamente.



Figura 45. Parcheo de corte mal colocado muestra 1

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE							
ANÁLISIS RESTROPECTIVO DE PARÁMETROS DE FISCALIZACIÓN AV.GENERAL RUMIÑAHUI Y AV MARIANA DE JESUS							
CARPETA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA							
Norma:	ASTM D 6433-07						
EXPLORACIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							ESQUEMA
SECCIÓN	1		ABSCISA INICIAL	0+000			
N° MUESTRAS			ABSCISA FINAL	0+050			
INSPECCIONADO POR:	Lenin Arcos Ribaeneira						
CARRETERA:	Av General Rumiñahui						
FECHA:	15 de Agosto del 2015		SENTIDO	Rendodel Choclo - Espe			
N° DAÑO		UNIDAD	N° DAÑO		UNIDAD		
1 Piel de cocodrilo		m2	11 Parcheo de corte		m2		
2 Exudación		m2	12 Pulimento de agregado		m2		
3 Agrietamiento en bloque		m2	13 Huecos		unidad		
4 Abultamiento y hundimiento		m	14 Cruce de via ferrea		m2		
5 Corrugación		m2	15 Surco de Huella		m2		
6 Depresión		m2	16 Desplazamiento		m2		
7 Grieta de borde		m	17 Grieta Parabolica		m2		
8 Grieta de reflexión de junta		m	18 Hichamiento		m2		
9 Desnivel de carril / berma		m	19 Intemperismo		m2		
10 Grieta long y transversal		m					
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		CANTIDADES PARCIALES	OBSERVACIONES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11	BAJO	11BAJO	40		40	22,64%	26,01
13	BAJO	13BAJO	2		2	1,13%	61,82
3	BAJO	3BAJO	107,5		107,5	60,84%	23,76
11	MEDIO	11MEDIO	1,5		1,5	0,85%	8,53
9	BAJO	9BAJO	20,7		20,7	11,71%	16,53
1	BAJO	1BAJO	5		5	2,83%	24,78
TOTAL					176,7	100,00%	

Figura 46. Hoja de Registro de campo unidad muestra 1.

La Unidad de muestra dos tiene una área de 180m^2 , no presenta cambios de sección dentro de su área esta empieza en la abscisa de estudio P.K 0+000 la misma que se encuentra en la junta entre pavimento flexible y articulado del redondel de choclo como indica la Figura 40

Las fallas encontradas con nivel de severidad baja fueron parcheo de corte, agrietamiento en bloque y fisuras tanto longitudinales como transversales. La falla que se presenta con mayor cantidad en el pavimento de la muestra N°2 fue agrietamiento en bloque.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE						
ANÁLISIS RESTROPECTIVO DE PARÁMETROS DE FISCALIZACIÓN AV.GENERAL RUMIÑAHUI Y AV MARIANA DE JESUS						
CARPETA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA						
Norma:	ASTM D 6433-07					
EXPLORACIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA
SECCIÓN	1	ABSCISA INICIAL	0+000			
N° MUESTRAS	2	ABSCISA FINAL	0+050			
INSPECCIONADO POR:	Lenin Arcos Ribaeneira					
CARRETERA:	Av General Rumiñahui					
FECHA:	15 de Agosto del 2015	SENTIDO	Espe-Rendodel Choclo			
N° DAÑO	UNIDAD	N° DAÑO	UNIDAD			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo de corte	m2			
2 Exudación	m2	12 Pulimento de agregado	m2			
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos	unidad			
4 Abultamiento y hundimiento	m	14 Cruce de via ferrea	m2			
5 Corrugación	m2	15 Surco de Huella	m2			
6 Depresión	m2	16 Desplazamiento	m2			
7 Grieta de borde	m	17 Grieta Parabolica	m2			
8 Grieta de reflexión de junta	m	18 Hichamiento	m2			
9 Desnivel de carril / berma	m	19 Intemperismo	m2			
10 Grieta long y transversal	m					
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	OBSERVACIONES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11	BAJO	19,2		19,2	11,47%	18,92
3	BAJO	113,5		113,5	67,82%	24,51
10	BAJO	34,65		34,65	20,71%	12,45
			TOTAL	167,35	100,00%	

Figura 47. Hoja de Registro de campo unidad muestra N° 2.

La Unidad de muestra tres tiene una área de 180m^2 , no presenta cambios de sección dentro de su área esta empieza en la abscisa de estudio P.K 0+050 hasta la abscisa P.K 0+100.

Las fallas encontradas fueron agrietamiento en bloque, parcheo de corte, piel de cocodrilo y la presencia de grietas de borde, dicho tramo se encuentra caracterizado por la presencia de un defectuoso proceso de parcheo el mismo que afecta las propiedades de textura superficial. El alto porcentaje de parcheo de corte se atribuye a procesos de mantenimiento vial mal realizados como se puede apreciar en la Figura 49.

3.2.5. Valoración Metodología PAVER.

En los 2970 m de análisis se valoró 120 unidades muestrales en la cual se encontraron los siguientes daños respecto a la metodología PAVER. Según el sistema PAVER se debe evaluar la vía con el total de carriles de circulación en la Tabla 9 se considera dicha situación.

Tabla 9.
Porcentaje de Daño Sistema PAVER considerando 4 carriles.

	FALLA	UNIDAD	AREA	%AREA TOTAL
1	Piel de cocodrilo	m ²	2868,05	18,43
2	Exudación	m ²	34,70	0,22
3	Agrietamiento en bloque	m ²	6186,05	39,76
4	Abultamiento y hundimiento	m	10,74	0,07
7	Grieta de borde	m	418,49	2,69
9	Desnivel de carril / berma	m	446,20	2,87
10	Grieta longitudinales y transversal	m	2346,26	15,08
11	Parqueo de corte	m ²	2183,16	14,03
12	Pulimento de agregado	m ²	334,40	2,15
13	Huecos	unidad	120,00	0,77
15	Surco de Huella	m ²	467,40	3,00
17	Grieta Parabólica	m ²	138,50	0,89
19	Intemperismo	m ²	6,00	0,04
			15559,94	100%

El daño predominante en la vía es la falla tipo Agrietamiento en Bloque con un porcentaje de 39.76%, dicha falla es predominante con una severidad baja sin embargo existe sectores en los cuales la falla tiene una severidad alta.

La Tabla 10 que presenta el Estado de las unidades de muestreo para la vía, se calculó de acuerdo al proceso descrito por la Norma ATMD-D 6433-07 ver ANEXO I.

Tabla 10.
Estado Unidades de Muestreo PAVER

ESTADO	UNIDADES DE MUESTRA	LONGITUD	%
EXCELENTE	1	50 m	0,83
MUY BUENA	13	650 m	10,83
BUENA	32	1600 m	26,67
REGULAR	23	1150 m	19,17
MALA	24	1200 m	20,00
MUY MALA	19	950 m	15,83
DETERIORADA	8	400 m	6,67
TOTAL	120	6000 m	100

En la Figura 51 se presenta el porcentaje de daño de acuerdo a la escala de daño propuesta por PAVER.

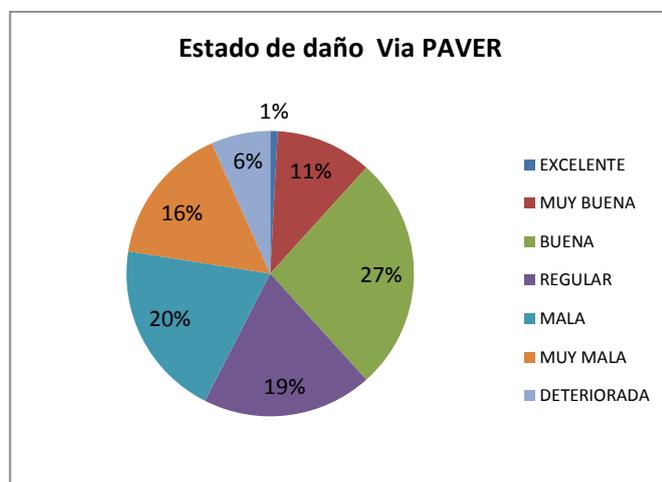


Figura 51. Estado de la Vía considerando 4 carriles.

Se puede determinar que el estado de la vía de acuerdo al método de Auscultación definido por PAVER indica que el estado de la vía es “buena” con un porcentaje del 27% ver Figura 51.

Debido a que el tráfico es mayor en dirección redondel choclo – ESPE, la tabla 11 y la tabla 12, desglosan el estado de unidades de muestreo en los dos sentidos de tal tramo que se aprecia el porcentaje de daño para los dos carriles en sentido redondel choclo – ESPE y para los dos carriles en sentido ESPE- redondel choclo

Tabla 11.

Estado unidades muestrales Sentido ESPE-Redondel del Choclo considerando 2 carriles.

ESTADO	UNIDADES		%
	DE MUESTRA	LONGITUD	
BUENA	11	550 m	18,33
MALA	15	750 m	25,00
REGULAR	10	500 m	16,67
MUY MALA	10	500 m	16,67
DETERIORADA	6	300 m	10,00
MUY BUENA	7	350 m	11,67
EXCELENTE	1	50 m	1,67
TOTAL	60	3000 m	100

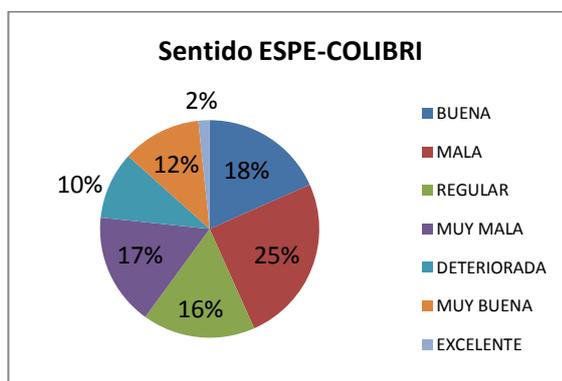


Figura 52. Estado de la Vía Sentido ESPE-Colibrí.

Tabla 12.

Estado unidades muestrales Sentido Redondel del Choclo- ESPE considerando 2 carriles.

ESTADO	UNIDADES		%
	DE MUESTRA	LONGITUD	
EXCELENTE	0	0 m	0,00
MUY BUENA	6	300 m	10,00
BUENA	21	1050 m	35,00
REGULAR	13	650 m	21,67
MALA	9	450 m	15,00
MUY MALA	9	450 m	15,00
DETERIORADA	2	100 m	3,33
Total	60	3000 m	100

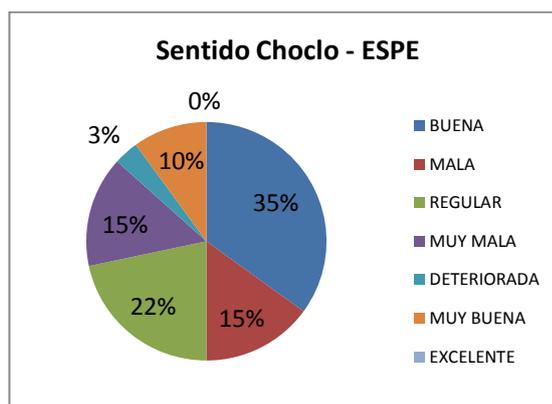


Figura 53. Estado de la Vía Sentido Choclo – ESPE.

3.2.6. Valoración Metodología VIZIR.

A continuación se presenta el estado de las 120 muestras para la evaluación mediante la metodología VIZIR la misma que asigna la condición del pavimento ver Tabla 13. El proceso de cálculo se puede apreciar en el ANEXO II

**Tabla 13.
Resumen de porcentaje de Daño Sistema VIZIR.**

FALLA	UNIDAD	AREA	% AREA TOTAL
DAÑOS TIPO A			
Piel de cocodrilo	m2	2737,63	18,39
Parcheo de corte	m2	2183,16	14,67
Abultamiento y hundimiento	m	10,74	0,07
Grieta longitudinales y transversal	m	2346,26	15,76
Huecos	unidad	120,00	0,81
	total	7397,79	49,69
DAÑOS TIPO B			
Exudación	m2	69,54	0,47
Grieta de borde	m	418,49	2,81
Desnivel de carril / berma	m	446,20	3,00
Agrietamiento en bloque	m2	5608,35	37,67
Pulimento de agregado	m2	334,40	2,25
Surco de Huella	m2	467,40	3,14
Desplazamiento	m2	0,00	0,00
Grieta Parabólica	m2	138,50	0,93
Intemperismo	m2	6,00	0,04
	total	50,31	50,31

Se pudo determinar que la mayoría de daños son del tipo funcional con un gran porcentaje de falla tipo agrietamiento de bloque con un total de 37.67% del área total de muestra que incluye los cuatro carriles de circulación.

A continuación se indica el resultado del estado del pavimento mediante el valor del índice de deterioro superficial "IS"

Tabla 14.
Estado Unidades de Muestreo VIZIR

ESTADO	UNIDAD DE MUESTREO	LONGITUD	%
BUENO	46	2300 m	38,33
REGULAR	47	2350 m	39,17
DEFICIENTE	27	1350 m	22,50
TOTAL	120	6000 m	100

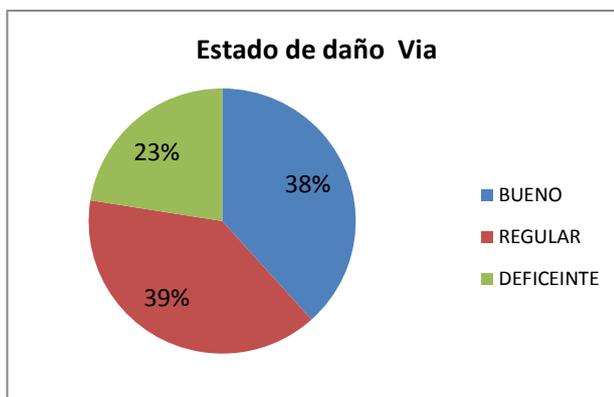


Figura 54. Estado vía Metodología VIZIR.

Se puede determinar que el estado de la vía de acuerdo al método de Auscultación definido por VIZIR indica que el estado de la vía es regular con un porcentaje del 39% con un índice de Deterioro Superficial "IS" igual a 4.

3.2.7. Comparación Metodología VIZIR y Metodología PAVER.

A fin de realizar una comparación existente entre las dos metodologías para determinar si existe una correlación para calificar el estado del pavimento, adicional a esto mediante esta comparación se puede definir la existencia de patrones de daño

que no consideran las dos metodologías en forma individual, se presenta la siguiente tabla con el estado promedio del pavimento tanto por la evaluación sistema PAVER y Sistema VIZIR ver Tabla 15.

Tabla 15.
Valores Promedio calificación del pavimento.

METODOLOGÍA	CALIFICACIÓN	
	PROMEDIO	ESTADO
PAVER	45	REGULAR
VIZIR	4	REGULAR

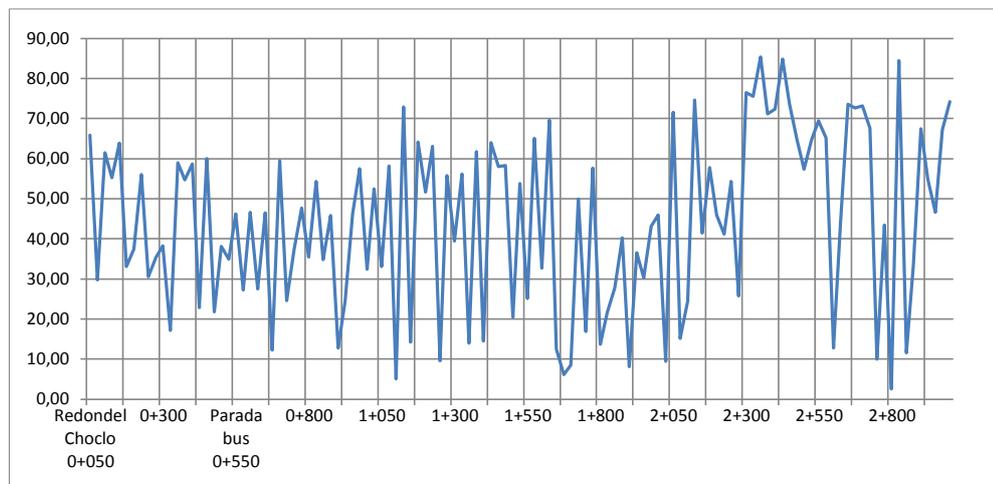


Figura 55. Perfil Índice de Condición del Pavimento PCI.

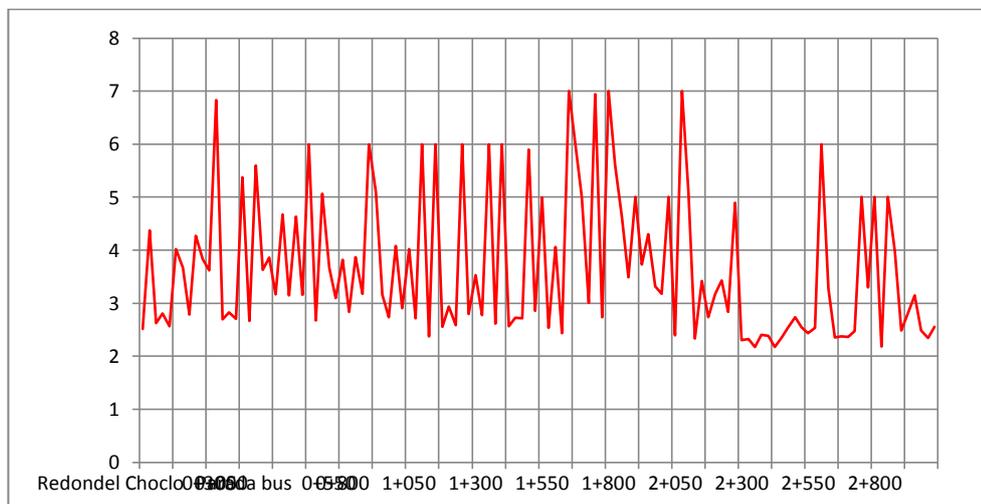


Figura 56. Perfil Índice de Deterioro Superficial IS

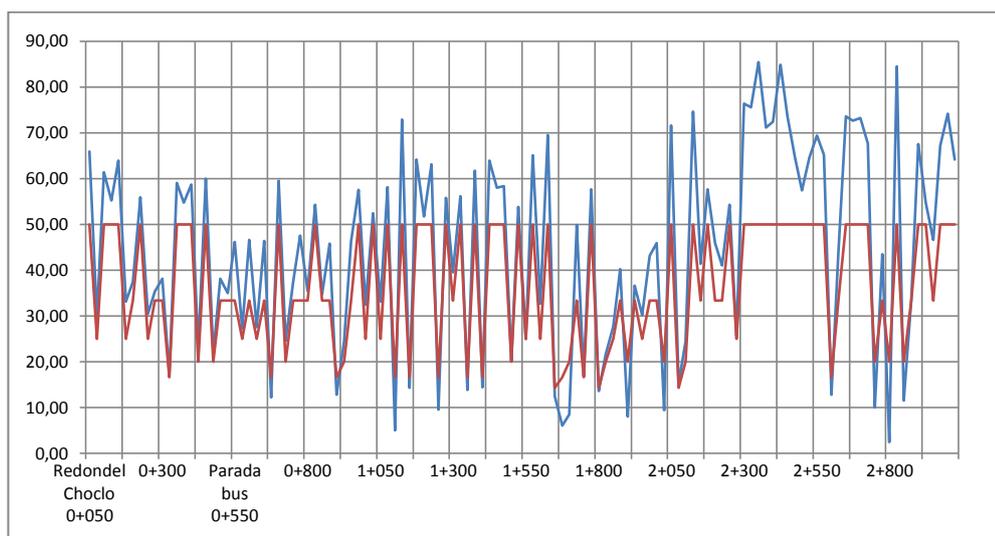


Figura 57. Perfil Comparación VIZIR y PCI.

La escala de calificación para cada metodología es diferente el sistema VIZIR califica el estado del pavimento en una escala comprendida entre 1 y 7 con la ponderación de 1 a un excelente estado del pavimento y 7 una valoración deficiente, para la metodología PCI se utiliza una escala que va entre 0 y 100 para la cual 0 indica un pésimo estado del pavimento mientras tanto 100 indica un buen estado del pavimento.

3.3. Identificación de Fallas en Pavimento Articulado.

La metodología utilizada para la valoración de fallas en pavimento articulado utilizada para el presente trabajo se sustenta en el manual de deterioros propuesta por Higuera y Pacheco (2010) la misma que es utilizada por las características similares presenten en la región de calibración de la misma. Para la valoración se partió de unidades muestrales establecidas cada 50 m para un total de 76 muestras. A continuación se indica los resultados obtenidos ver tabla 16.

Tabla 16.
Resumen de Daños Pavimento Articulado

FALLA	UNIDAD	AREA	% AREA TOTAL
Abultamiento	m ²	232,00	14,85
Ahuellamiento	m ²	148,30	9,49
Desgaste Superficial	m ²	567,88	36,34
Perdida de Arena	m ²	175,00	11,20
Fracturamiento	m ²	50,10	3,21
Vegetación en Calzada	m ²	389,50	24,92
	Total	1562,78	100%

Tabla 17.
Estados Unidades de muestreo.

ESTADO	UNIDAD MUESTRA	LONGITUD	%
MUY BUENO	40	2000 m	52,63
BUENO	30	1500 m	39,47
REGULAR	6	300 m	7,89
	76	3800 m	100

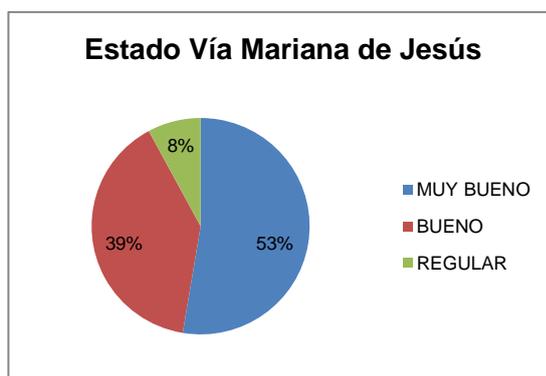


Figura 58. Estado de Vía Pavimento Articulado.

CAPITULO IV

ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO.

4.1. Estudio estadístico de Campo.

En el presente trabajo se realiza un estudio estadístico de campo; Para el caso de pavimento flexible se realizara la obtención de núcleos de asfalto y para el caso de pavimento articulado se realizara la obtención de muestras de adoquines esto con el fin de obtener información preliminar mediante recuperación de muestras en el campo para ensayos de laboratorio de tal manera se podrá verificar la condición estructural y funcional del pavimento.

El proceso de muestreo en pavimento flexible, se realizó mediante una selección al azar buscando sectores homogéneos o característicos de alguna patología tratando de que las muestras represente el comportamiento real del pavimento NEVI-12 6.203.8.6.

Dentro de proceso de inspección en campo para el pavimento flexible se mide los espesores de carpeta, se identifica la condición de drenaje superficial, la condición de adherencia entre la capa asfáltica y capa de base granular, patrón de falla en carpeta NEVI-12 6.203.8.4

El proceso de muestreo en pavimento articulado se realizó mediante la obtención de muestras al azar directamente sobre la vía en un total de 20 adoquines para realizar un análisis y control de calidad de los mismos, los ensayos a realizar son; Ensayo de resistencia a la compresión INEN 1485, determinación de dimensiones área total y área de desgaste en adoquines INEN 1486, clasificación INEN 1488, Ensayo de absorción ASTM C140.

4.1.1. Obtención y valoración en campo de núcleos de asfalto.

A continuación se explica el procedimiento para la extracción de núcleos de asfalto tomado como referencia por propuesto por el Ministerio de Obras publicas del Paraguay(2009). MOPC

Antes de extraer un testigo del pavimento se verificara que se encuentre limpio y despejada la calzada, localizar el equipo a no menos de 60cm de los bordes de la pista, siendo recomendable colocarlo dentro del tercio central de ella. Para la extracción de núcleos de asfalto se recomienda el uso de brocas de 4 pulgadas (100 mm), se verificara que la temperatura superficial no sea demasiada alta para evitar que el testigo se disgregue durante la operación de extracción, deberá registrarse con un código el lugar de extracción. Para el embalaje de los testigos se realizara en bolsas de polietileno de alta densidad para evitar que se alteren sus propiedades durante el traslado.



Figura 59 Marcado abscisa de extracción de núcleo.

La obtención de los núcleos de asfalto se realizó dividiendo la vía de estudio en dos sectores, el primer sector correspondiente al tramo comprendido entre el Redondel del Choclo y redondel de Colibrí se seleccionó este sector debido a que presenta un elevado porcentaje de deterioro y las velocidades de circulación son reducidas por su proximidad entre redondeles. En este tramo de estudio se obtiene un total de dos núcleos. El segundo tramo para inspección corresponde al sector entre el redondel de colibrí y la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, en dicho tramo se obtuvo un total de dieciséis núcleos ubicados al principio, media y final del tramo.

A continuación se indica la ubicación de las muestras tomadas in situ con su respectiva numeración Figura 60:

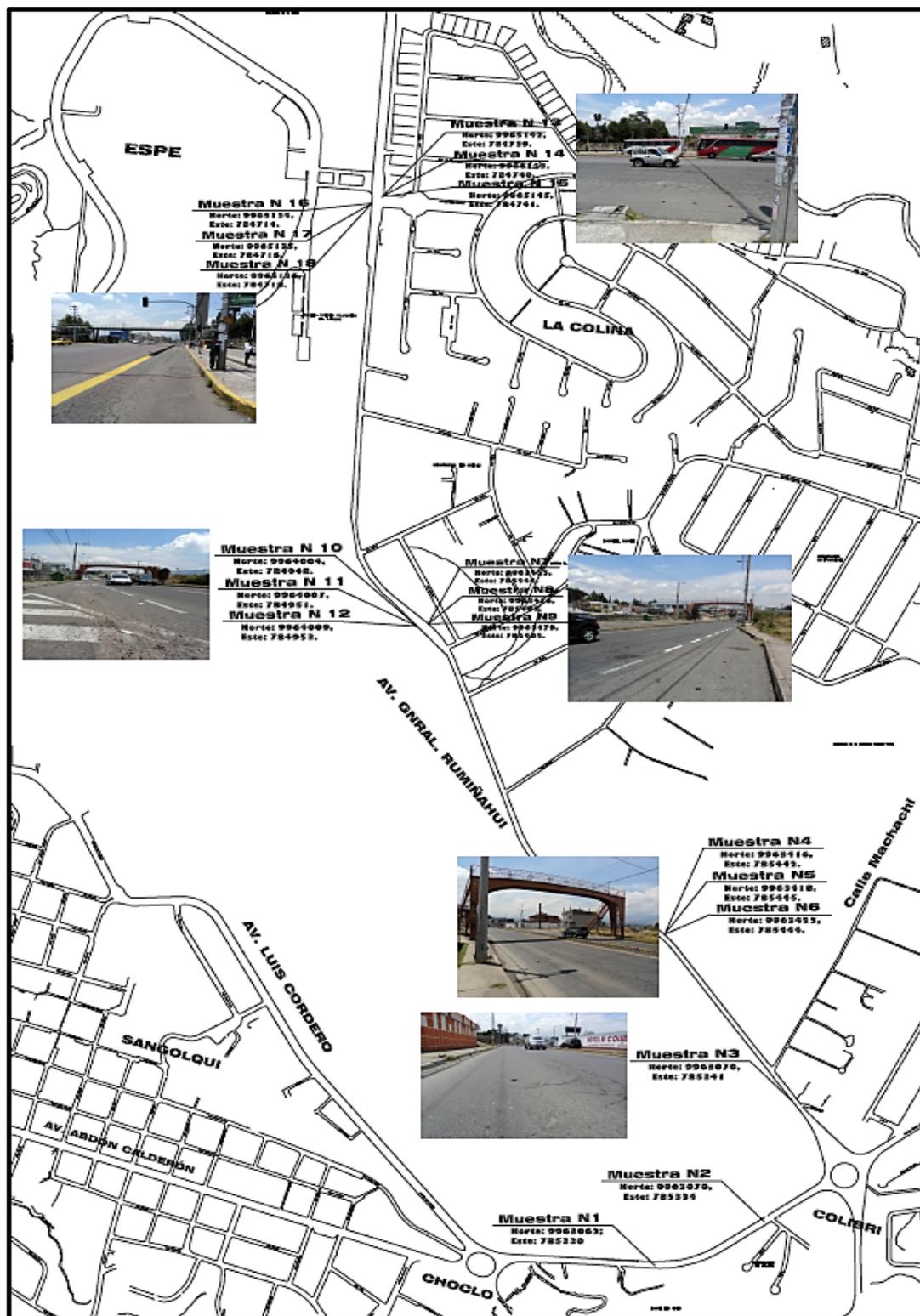


Figura 60. Mapa ubicación de muestras extraídas

4.1.1.1. Núcleo N° 1

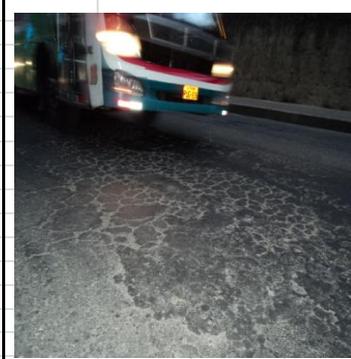
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de nucleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui tramo Espe-Redondel Choclo, gasolinera petro comercial		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963062; Este: 785330		
Carril	Derecho		
NUCLEO N°1			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
120,5 mm	20 °C	Inadecuada adherencia en la mezcla debido a que se fracturo y se obtuvo el nucleo en dos partes con agregados fracturados	Piel de cocodrilo Falta de limpieza en obras de drenaje
			
Extracción núcleo 1	Lugar de extracción núcleo	Falla característica	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		



Figura 61. Inadecuado Proceso de Mantenimiento.

4.1.1.2. Núcleo N°2

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de nucleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Gasolinera Petrocomercial carril derecho.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963070, Este: 785334		
Carril	Derecho		
NUCLEO N°2			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
-	22°C	El núcleo obtenido presenta un deterioro total de la mezcla debido a que en el proceso de extracción esta se desintegro como se puede apreciar en la figura	El núcleo será obtenido a 90 centímetros de la vía sobre una del tipo piel de cocodrilo severidad Baja con el fin de valorar la condición de las grietas de la falla
			
Extracción núcleo 2		Material núcleo 2	
			
Elaborado por:		Lenin Arcos Ribadeneira	
Revisado por:		Ing. Hugo Bonifaz	

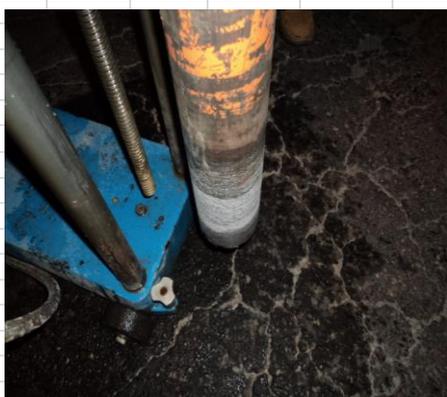
4.1.1.3. Núcleo N°3

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización Recuperación de nucleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Hostería el Colibrí carril derecho.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963070, Este: 785341		
Carril	Derecho		
NUCLEO N°3			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
121,00 mm	22°C	Existe una adecuada adherencia entre la carpeta asfáltica y el material de base lo que indica un correcto proceso de riego de imprimación, se pudo evidenciar que no existen fisuras visibles en el núcleo	El núcleo será obtenido en el tercio central de la vía, en el sector de extracción del núcleo no se encuentran fallas notables en cuanto grietas de tipo parabólicas a una distancia no mayor de 0.5 metros de la
			
Lugar obtención núcleo 3		Extracción núcleo 3	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.4. Núcleo N°4

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Puente Hostería el Colibrí carril derecho.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963416, Este: 785442.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°4			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
121,2 mm	21°C	visualmente se puede valorar que la mezcla no es poroso, adicional se pudo valorar que existe una adecuada adherencia entre en asfalto y el material de base, se pudo observar que la mezcla asfáltica presenta agregado de gradación gruesa en base de la carpeta.	la extracción del núcleo de asfalto se encuentra caracterizado por una alto porcentaje de fallas tipo piel de cocodrilo en el lado de circulación izquierdo, grietas longitudinales y transversales, se realizara la extracción en el carril derecho debido a que dicho carril es de uso de vehículos de carga y
			
Lugar obtención núcleo 4 - 5-6	Extracción núcleo 4	Núcleo 4	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.5. Núcleo N°5

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Analisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Puente Hostería el Colibrí carril derecho.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963418, Este: 785445.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°5			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
125,00 mm	21°C	no se pudo obtener una medida exacta de la carpeta de asfalto debido a que sufrió una fractura por la falla presente sin embargo la medición desde el nivel del calzada hacia base fue 125.0 mm, en el núcleo se pudo observar que la capa inferior de la carpeta asfáltica se encuentra sin una adecuada adherencia entre Asfalto y Agregado.	La extracción del núcleo 5 se va realizar directamente sobre una falla localizada del tipo piel de cocodrilo de severidad bajaeste núcleo se encuentra separado a una distancia consecutiva del núcleo 4 de un metro.
			
Lugar obtención núcleo 4 - 5 - 6		Extracción núcleo 5	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.6. Núcleos N°6

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Analisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Puente Hostería el Colibrí carril derecho.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963425, Este: 785444.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°6			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
124,50 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 124.5 mm, se pudo observar en la base del núcleo una adecuada adherencia entre la capa asfáltica y el material de base, se pudo determinar visualmente que la mezcla en el sector inferior de núcleo presenta porosidades	La extracción del núcleo 6 se va realizar en la continuidad del núcleo 5 con una separación de 1 metro para obtener resultados aceptables en cuanto a espesores de carpeta.
			
Lugar obtención núcleo 4 - 5 -6		Extracción núcleo 6	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.7. Núcleo N°7

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Analisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Puente Hostería el Colibrí carril derecho.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963425, Este: 785444.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°7			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
124,60 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 124.6 mm, se pudo observar en la base del núcleo una adecuada adherencia entre la capa asfáltica y el material de base.	la extracción del núcleo 7 se va a realizar sobre la parada de buses ubicada en el sector derecho del carril como se indica en la Figura , en la zona a realizar la extracción no se encuentra daños considerables únicamente un pequeño porcentaje de exudación del ligante asfáltico
			
Lugar obtención núcleo 7-8-9		Núcleo N°7	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.8. Núcleo N°8

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Gasolinera Petrocomercial.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963476, Este: 785403.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°8			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
124,20 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 124.2 mm, no se encuentran fallas visibles.	La extracción del núcleo 8 se va a realizar en la dirección del núcleo 7 a una distancia de un metro.
			
Lugar obtención núcleo 7 -8 -9			
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.9. Núcleo N°9

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Gasolinera Petrocomercial.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9963479, Este: 785405.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°9			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
123,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 123.0mm.	La extracción del núcleo 9 se va a realizar en la dirección del núcleo 8 a una distancia de un metro, no existe falla localizada en el lugar a realizar la extracción
			
Lugar obtención núcleo 7 -8 -9		Nucleo N°9	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.10. Núcleo N°10

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Analisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Gasolinera Petrocomercial.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9964004, Este: 784948.		
Carril	Izquierdo		
NÚCLEO N°10			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
123,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 125.0 mm se observó que la base del núcleo presenta agregado disperso con el asfalto, se pudo evidenciar que el ligante asfáltico se encuentra disperso como se puede observar en Figura	La extracción del núcleo 10 se va a realizar en el carril izquierdo de la vía la misma que corresponde a una parada de buses, en la zona se puede apreciar deflexión por surco de huella con una flecha de 85 mm se puede apreciar que se realizó un proceso de parchado sobre la vía
			
Lugar obtención núcleo 10-11-12		Nucleo N°10	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.11. Núcleo N°11

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Gasolinera Petrocomercial.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9964007, Este: 784951.		
Carril	Izquierdo		
NÚCLEO N°11			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
125,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 125.0 mm se pudo evidenciar que en la parte inferior del núcleo no existe una adecuada adherencia de la mezcla, también se pudo valorar que el ligante asfáltico se encuentra disperso como se puede observar en la Figura	La extracción del núcleo 11 se va a realizar en el carril izquierdo de la vía la misma que corresponde a una parada de buses, se realizara la extracción del núcleo a una distancia de un metro consecutivamente del núcleo 10.
			
Lugar obtención núcleo 10-11-12		Nucleo N°11	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.12. Núcleo N°12

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector Gasolinera Petrocomercial.		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9964009, Este: 784953.		
Carril	Izquierdo		
NÚCLEO N°12			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
124,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 124.0 mm se pudo observar que el ligante asfáltico se encuentra disperso desde la parte inferior de la mezcla asfáltica como se puede observar en la Figura	La extracción del núcleo 12 se va a realizar en el carril izquierdo de la vía la misma que corresponde a una parada de buses, se realizara la extracción del núcleo a una distancia de un metro consecutivamente del núcleo 11.
			
Lugar obtención núcleo 10-11-12		Nucleo N°12	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.13. Núcleo N°13

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector la Colina		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9965142, Este: 784739.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°13			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
125,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 125.0 mm se pudo observar que al momento de extraer el núcleo la mezcla asfáltica en su parte inferior está dispersa y quebradiza a una altura de 5cm como se puede observar en la Figura	la extracción del núcleo 13 se va a realizar en el carril derecho de la vía, el sector se encuentra caracterizado por la presencia de fallas tipo piel de cocodrilo como se puede observar en la Figura
			
Lugar obtención núcleo 13-14-15		Nucleo N°13	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.14. Núcleo N°14

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Analisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector la Colina		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9965143, Este: 784740.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°14			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
144,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 144.0 mm, no se presentó ninguna falla superficial	La extracción del núcleo 14 se va a realizar en el carril derecho de la vía, se realizara consecutivamente a una distancia de un metro del núcleo 13. La falla característica del sector es grietas de borde
			
Lugar obtención núcleo 13-14-15			
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.15. Núcleo N°15

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector la Colina		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9965145, Este: 784741.		
Carril	Derecho		
NÚCLEO N°15			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
125,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 125.0 mm, no se presentó ninguna falla superficial.	La extracción del núcleo 15 se va a realizar en el carril derecho de la vía, se realizara consecutivamente a una distancia de un metro del núcleo 14.
			
Lugar obtención núcleo 13-14-15		Núcleo 15	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.16. Núcleo N°16

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Analisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9965134, Este: 784714.		
Carril	Izquierdo		
NÚCLEO N°16			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
124,50 mm	21°C	el espesor del núcleo de asfalto medido fue de 124.5 mm, no se presentó ninguna falla superficial.	La extracción del núcleo 16 se va a realizar en el carril izquierdo de la vía el sector se encuentra caracterizado por una deflexión del tipo surco de huella con una cuerda de 1.5 cm como se puede observar en Figura
			
Lugar obtención núcleo 16-17-18			
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.17. Núcleo N°17

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9965135, Este: 784716.		
Carril	Izquierdo		
NÚCLEO N°17			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
124,50 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 124.5 mm, se puede apreciar visualmente que el núcleo de asfalto presenta un alto contenido de asfalto como se puede observar en la figura	La extracción del núcleo 17 se va a realizar consecutivamente a una distancia de un metro del núcleo 16, se realizara la extracción sobre la falla localizada
			
Lugar obtención núcleo 16-17-18		Núcleo 17	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

4.1.1.18. Núcleo N°18

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Analisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Recuperación de núcleos de asfalto AV. General Rumiñahui			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui, sector de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE		
Fecha:	07 de septiembre 2015		
Coordenada	Norte: 9965136, Este: 784718.		
Carril	Izquierdo		
NÚCLEO N°18			
ESPESOR	TEMPERATURA	INSPECCIÓN VISUAL	TIPO DE FALLA
125,00 mm	21°C	El espesor del núcleo de asfalto medido fue de 125.0 mm, no se presentó ninguna falla superficial.	La extracción del núcleo 18 se va a realizar consecutivamente a una distancia de un metro del núcleo 17
			
Lugar obtención núcleo 16-17-18		Núcleo 18	
Elaborado por:	Lenin Arcos Ribadeneira		
Revisado por:	Ing. Hugo Bonifaz		

Tabla 18.
Resumen de Espesores de núcleo de Asfalto.

Código del Núcleo	Localización	Espesor cm	Carril
1	Redondel Choclo	12,05	Derecho
2	Redondel Choclo	-	Derecho
3	Hotel Colibrí	12,10	Derecho
4	Puente Hotel Colibrí	12,12	Derecho
5	Puente Hotel Colibrí	12,50	Derecho
6	Puente Hotel Colibrí	12,45	Derecho
7	Gas Petrocomercial	12,46	Derecho
8	Gas Petrocomercial	12,42	Derecho
9	Gas Petrocomercial	12,30	Derecho
10	Gas Petrocomercial Frente	12,50	Izquierdo
11	Gas Petrocomercial Frente	12, 50	Izquierdo
12	Gas Petrocomercial Frente	12,40	Izquierdo
13	Urb La Colina	12,50	Derecho
14	Urb La Colina	12,50	Derecho
15	Urb La Colina	12,50	Derecho
16	Parada De Buses ESPE	12,45	Izquierdo
17	Parada De Buses ESPE	12,45	Izquierdo
18	Parada De Buses ESPE	12,50	Izquierdo

4.1.2. Medición de Espesores de Capas de Pavimentos.

4.1.2.1. Medición Avenida Mariana de Jesús.

Para la medición de espesores constituyentes del pavimento articulado que incluye Base Granular y arena de estabilización de acuerdo al diseño previsto sobre la avenida Mariana de Jesús, se realizó una exploración subterránea en los sectores a realizarse la valoración de las características geotécnicas mediante el ensayo DCP, el proceso de excavación se realizara en el tramo derecho del carril de circulación hasta llegar al nivel de la sub rasante como se indica en la Figura 63.



Figura 62. Proceso de excavación.



Figura 63. Medición de Espesores.

Se pudo valorar que el pavimento se encuentra constituido por una sub rasante, materia de base granular, capa de arena de estabilización, adoquín con los espesores que se indica continuación ver Tabla 19.

Tabla 19.
Espesores Pavimento Artículo.

Capa Pavimento	Espesor mm	Observación.
Sub base Granular	320	Presencia de material de granulometría gruesa
Arena Estabilización	40	Arena gruesa
Adoquín	Variable	Variable en cada tramo

Fuente: Elaboración Propia basada en medición en sitio



Figura 64. Composición Paquete Estructural.

4.1.2.2. Medición Avenida General Rumiñahui.

Para la medición de espesores constituyentes del pavimento Flexible que incluye Base Granular, Sub Base Granular y carpeta de rodadura de la avenida General Rumiñahui, se realizó una exploración subterránea en los sectores a realizarse la valoración de las características geotécnicas mediante el ensayo DCP, el proceso de excavación se realizó en el extremo izquierdo de la vía, como se indica en la Figura 65.



Figura 65. Lugar de excavación.



Figura 66 Medición de Espesores.

Se pudo valorar que el pavimento se encuentra constituido por una sub rasante, materia de Sub base granular, material de base Granular y una carpeta mezcla asfáltica de espesor variable, se identificó que a una distancia de 20cm medidos desde el nivel de capa de rodadura existe la presencia de material orgánico caracterizado por existencia de raíces como se puede apreciar en la Figura 66

Tabla 20.
Espesores Pavimento flexible.

Capa Pavimento	Espesor mm	Observación.
Sub Base Granular	320	Inadecuada cohesión entre partículas, material disperso.
Base Granular	250	Presencia de material orgánico
Carpeta asfáltica	-	Variable en cada tramo

Fuente: Elaboración Propia basada en medición en sitio

4.1.3. Valoración de la condición de Subrasante.

Para determinar las características geotécnicas del suelo que constituyen la subrasante de la calzada se determinará la capacidad de soporte (CBR) del suelo mediante una valoración en sitio de acuerdo a un ensayo de Penetración Dinámica de cono "D.C.P" de acuerdo a la norma ASTM D 6951, dicha designación especifica el procedimiento a seguir mediante la utilización de un martinete de 8kg el cual tiene una caída libre de 575mm y un cono intercambiable en la punta con un Angulo de 60° y un diámetro de 20 mm.

Se realizara el Ensayo de Penetración Dinámica de Cono, para la Avenida Mariana de Jesús y la Avenida General Rumiñahui en un total de 2 valoraciones in situ. A continuación se indica el procedimiento seguido.

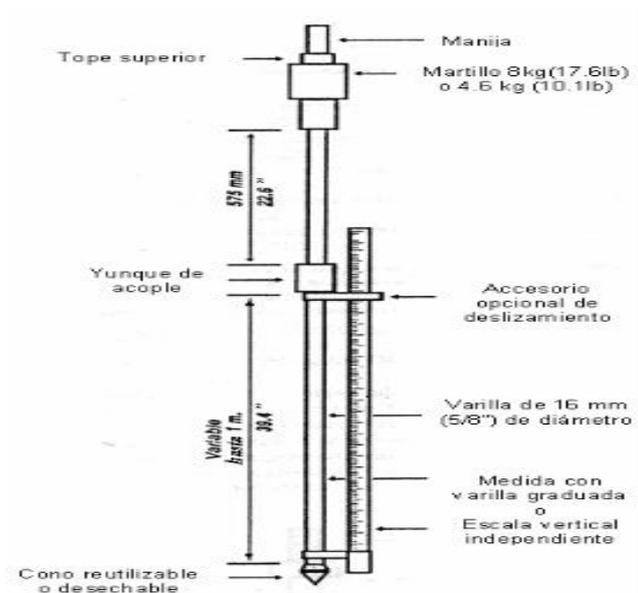


Figura 67. Esquema Equipo DCP.

Fuente: ASTM D 6951/D6951M-09 (2015, p.4)

4.1.3.1. Procedimiento.

- Verificación de equipo.** Verificar el estado del equipo antes de iniciar el ensayo, se inspeccionara que las partes no tengan marcas por daños de fatiga. Todas las juntas deben ser ajustadas con seguridad incluyendo el yunque de ensamble, como indica la Figura 68.



Figura 68. Verificación de Equipo DCP.

- b) **Operación Básica.** El operador sostiene el dispositivo a través de la manija en una posición Vertical o a plomo y librea el martillo de manera que caiga libremente, se registra la penetración y el número de golpes realizado o la penetración por cada golpe, como se indica en la Figura 69.



Figura 69 Medición Avenida General Rumiñahui.

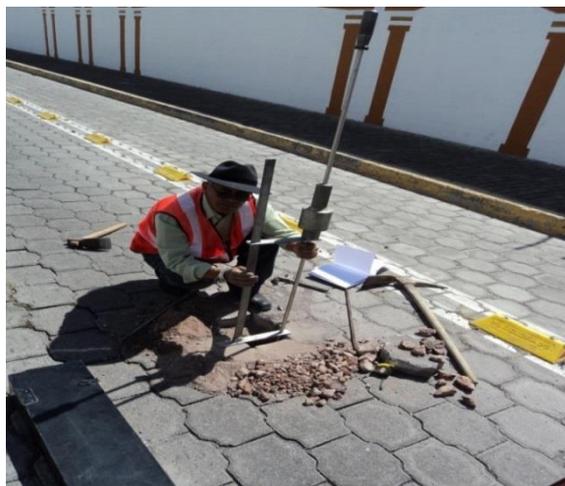


Figura 70. Medición Avenida Mariana de Jesús.

- a) **Toma de lecturas:** se sostiene verticalmente el dispositivo DCP, se coloca la punta de tal forma que esta quede a nivel de la superficie de material a probar, se registra la medida con precisión lo más cercana a 1 mm, el operador levanta el mazo hasta solo un ligero contacto con el mango, luego se suelta el mazo en caída libre y se deja que impacte sobre el ensamble de yunque.

4.1.3.2. Resultados del Ensayo.

A continuación se presenta los resultados obtenidos de los ensayos de Penetración Dinámica de Cono DPC, realizados tanto para la Avenida General Rumiñahui y la Avenida Mariana de Jesús.

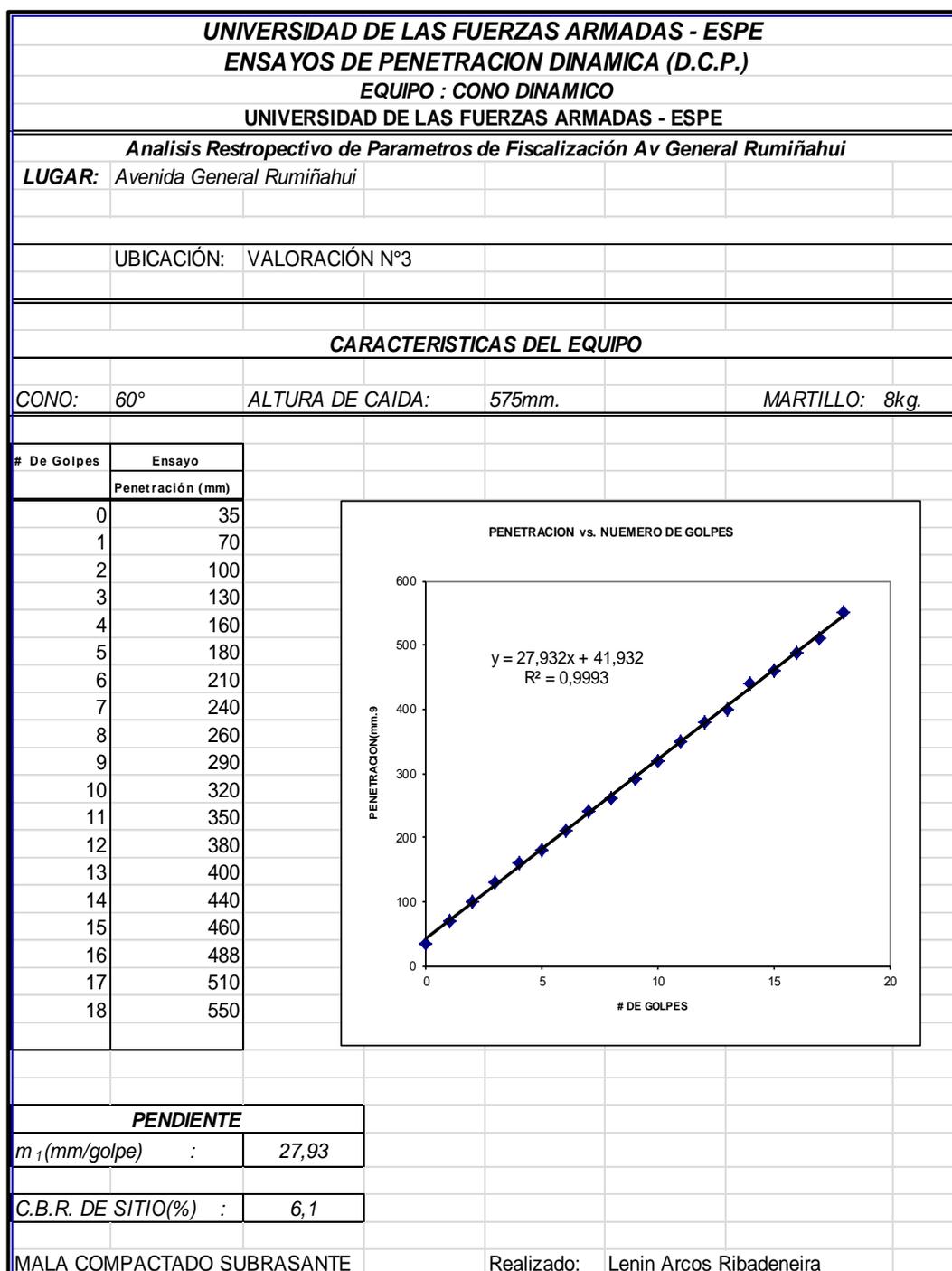


Figura 71. Resultado y hoja de Campo D.C.P Avenida General Rumiñahui.

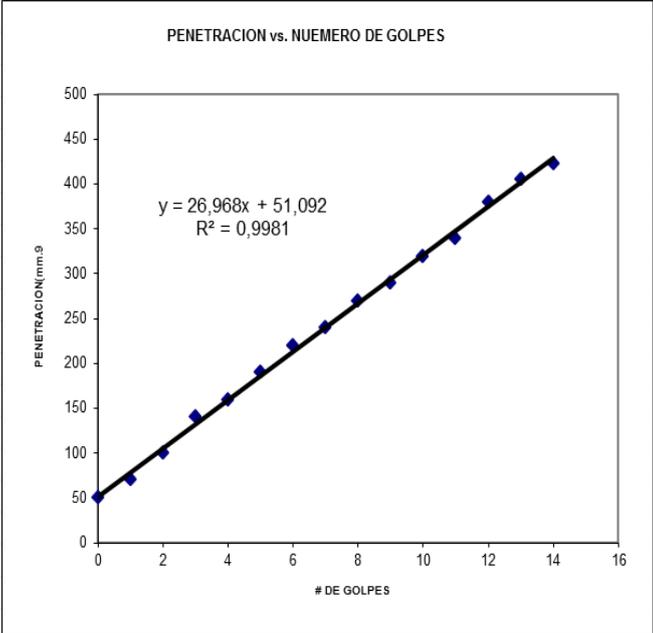
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE		
ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA (D.C.P.)		
EQUIPO : CONO DINAMICO		
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE		
<i>Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización Av Maria de Jesus</i>		
LUGAR:	AVENIDA MARIANA DE JESUS	
UBICACIÓN:	VALORACIÓN N°2	
CARACTERISTICAS DEL EQUIPO		
CONO:	60°	ALTURA DE CAIDA: 575mm. MARTILLO: 8kg.
# De Golpes	Ensayo	
	Penetración (mm)	
0	50	
1	70	
2	100	
3	140	
4	160	
5	190	
6	220	
7	240	
8	270	
9	290	
10	320	
11	340	
12	380	
13	405	
14	423	
		
PENDIENTE		
m_1 (mm/golpe) :	26,96	
C.B.R. DE SITIO(%) :	6,4	
Suelo con presencia de material organico		
Realizado: Lenin Arcos Ribadeneira		

Figura 72. Resultado y hoja de Campo D.C.P Avenida Mariana de Jesús.

4.2. Ensayos de Laboratorio.

4.2.1. Ensayos para Pavimento Flexible.

4.2.1.1. Ensayo de Granulometría (ASTM C-71).

El Análisis granulométrico tiene como objetivo separar y clasificar los gránulos según su tamaño, esta división se realiza mediante una serie de mallas cuadradas normalizadas (1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°30, N°50, N°100, N°200). Para la realización del proceso de muestreo se utilizara la Norma ASTM D 5361 para mezclas compactadas.



Figura 73 Proceso de Tamizado.

Resultados:

A continuación se indica el análisis granulométrico para cada tipo de muestra ensayada en el laboratorio.

Tabla 21.
Análisis Granulométrico Muestra 18

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	49,2	24,37	24,37	75,63
3/8"	9,5	33,84	16,76	41,13	58,87
Nº4	4,75	56,03	27,75	68,89	31,11
Nº8	2,36	20,67	10,24	79,13	20,87
Nº16	1,18	8,3	4,11	83,24	16,76
Nº 30	0,6	4,35	2,15	85,39	14,61
Nº 50	0,3	7,8	3,86	89,26	10,74
Nº 100	0,15	8,7	4,31	93,57	6,43
Nº 200	0,075	6,74	3,34	96,90	3,10
>Nº200		6,25	3,10	100,00	0,00

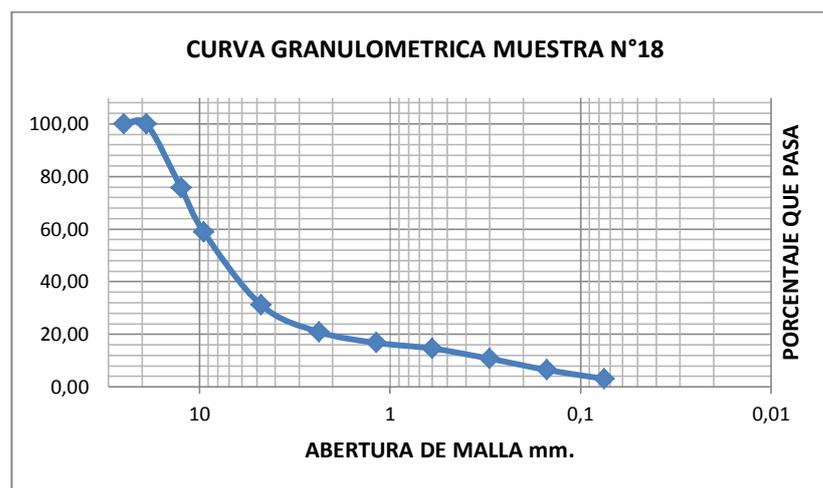


Figura 74. Curva Granulométrica Muestra 18.

Tabla 22.
Análisis Granulométrico Muestra 13

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	35,89	10,21	10,21	89,79
3/8"	9,5	40,1	11,41	21,62	78,38
Nº4	4,75	90,76	25,83	47,45	52,55
Nº8	2,36	51,96	14,79	62,24	37,76
Nº16	1,18	35,27	10,04	72,28	27,72
Nº 30	0,6	18,17	5,17	77,45	22,55
Nº 50	0,3	25,67	7,31	84,75	15,25
Nº 100	0,15	24,39	6,94	91,69	8,31
Nº 200	0,075	14,68	4,18	95,87	4,13
>Nº200	-	14,51	4,13	100,00	0,00

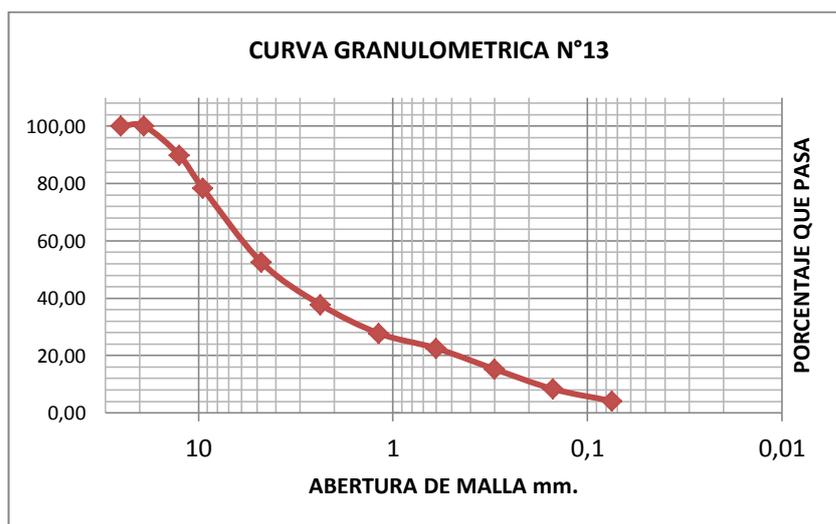


Figura 75. Curva Granulométrica Muestra 13.

Tabla 23.
Análisis Granulométrico Muestra 14

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	35,74	12,93	12,93	87,07
3/8"	9,5	71,61	25,90	38,83	61,17
N°4	4,75	39,91	14,44	53,26	46,74
N°8	2,36	32,29	11,68	64,94	35,06
N°16	1,18	22,04	7,97	72,91	27,09
N° 30	0,6	25,96	9,39	82,30	17,70
N° 50	0,3	23,86	8,63	90,93	9,07
N° 100	0,15	15,05	5,44	96,38	3,62
N° 200	0,075	10,02	3,62	100,00	0,00
>N°200	-	0	0,00	100,00	0,00

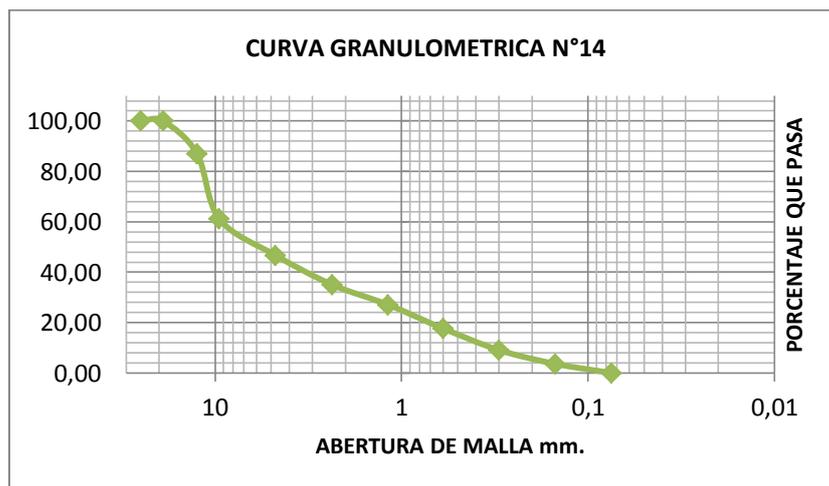


Figura 76. Curva Granulométrica Muestra 14.

Tabla 24.
Análisis Granulométrico Muestra 15

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	23	6,70	6,70	93,30
3/8"	9,5	25,25	7,35	14,05	85,95
Nº4	4,75	80,5	23,45	37,50	62,50
Nº8	2,36	45,88	13,36	50,87	49,13
Nº16	1,18	47,64	13,88	64,74	35,26
Nº 30	0,6	29,62	8,63	73,37	26,63
Nº 50	0,3	30,44	8,87	82,24	17,76
Nº 100	0,15	30,39	8,85	91,09	8,91
Nº 200	0,075	17,42	5,07	96,16	3,84
>Nº200	-	13,18	3,84	100,00	0,00

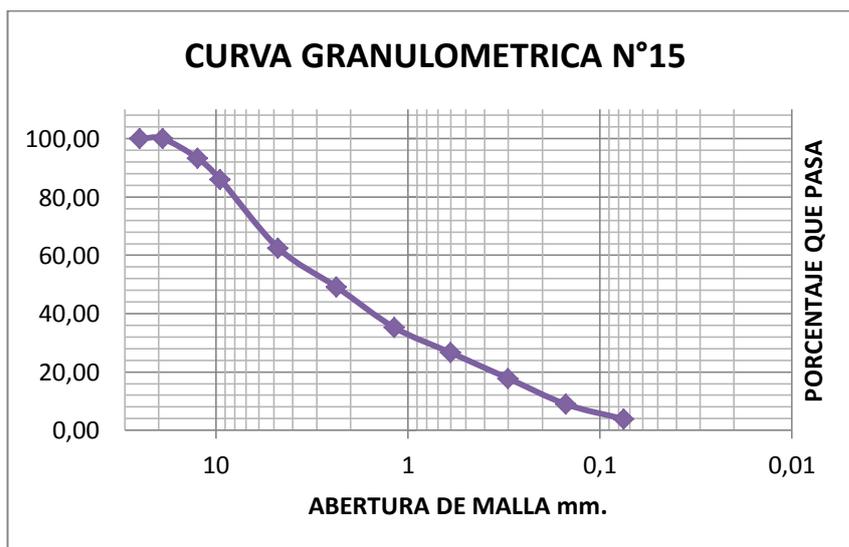


Figura 77. Curva Granulométrica Muestra 15

Tabla 25.
Análisis Granulométrico Muestra 4

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	26,83	6,20	6,20	93,80
3/8"	9,5	36,81	8,51	14,71	85,29
Nº4	4,75	108,08	24,97	39,68	60,32
Nº8	2,36	67	15,48	55,16	44,84
Nº16	1,18	46,66	10,78	65,94	34,06
Nº 30	0,6	29,34	6,78	72,72	27,28
Nº 50	0,3	38,6	8,92	81,64	18,36
Nº 100	0,15	36,18	8,36	90,00	10,00
Nº 200	0,075	23,57	5,45	95,45	4,55
>Nº200	-	19,7	4,55	100,00	0,00

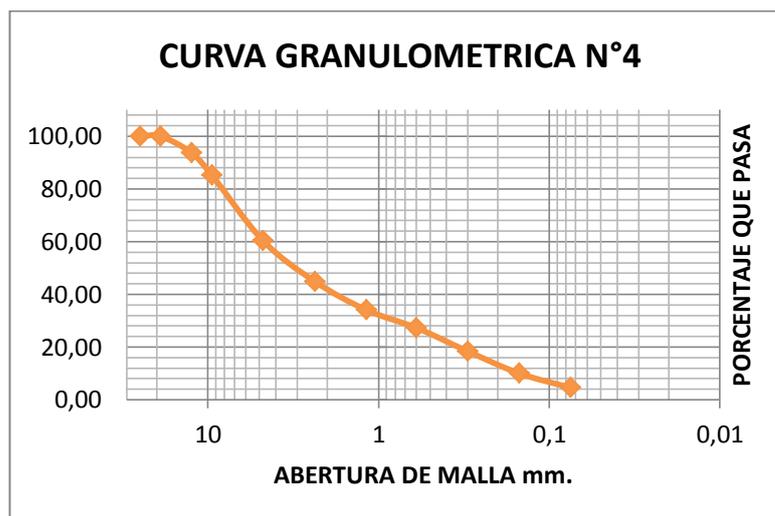


Figura 78. Curva Granulométrica Muestra 4.

Tabla 26.
Análisis Granulométrico Muestra 6

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	49,87	15,15	15,15	84,85
3/8"	9,5	31,86	9,68	24,83	75,17
Nº4	4,75	72,37	21,98	46,81	53,19
Nº8	2,36	42,25	12,83	59,64	40,36
Nº16	1,18	36,04	10,95	70,59	29,41
Nº 30	0,6	21,47	6,52	77,11	22,89
Nº 50	0,3	27,48	8,35	85,46	14,54
Nº 100	0,15	24	7,29	92,75	7,25
Nº 200	0,075	13,49	4,10	96,85	3,15
>Nº200	-	10,37	3,15	100,00	0,00

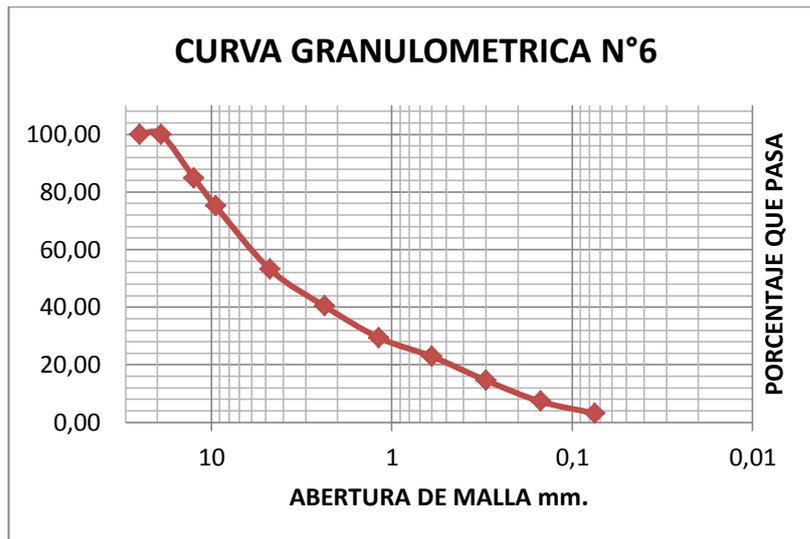


Figura 79. Curva Granulométrica Muestra 6.

Tabla 27.
Análisis Granulométrico Muestra 7

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	35,74	12,93	12,93	87,07
3/8"	9,5	71,61	25,90	38,83	61,17
Nº4	4,75	39,91	14,44	53,26	46,74
Nº8	2,36	32,29	11,68	64,94	35,06
Nº16	1,18	22,04	7,97	72,91	27,09
Nº 30	0,6	25,96	9,39	82,30	17,70
Nº 50	0,3	23,86	8,63	90,93	9,07
Nº 100	0,15	15,05	5,44	96,38	3,62
Nº 200	0,075	10,02	3,62	100,00	0,00
>Nº200	-	0	0,00	100,00	0,00

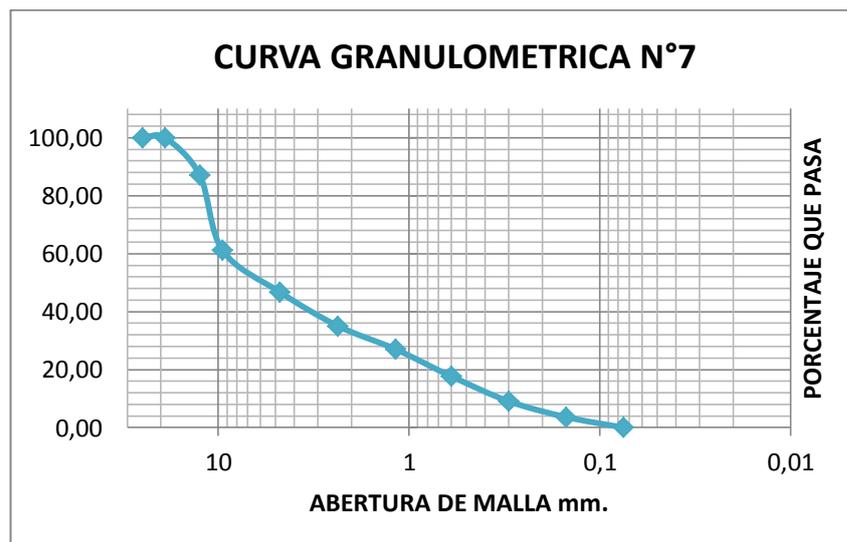


Figura 80. Curva Granulométrica Muestra 7.

Tabla 28.
Análisis Granulométrico Muestra 8.

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	10,99	2,65	2,65	97,35
1/2"	12,5	112,6	27,20	29,85	70,15
3/8"	9,5	51,4	12,42	42,27	57,73
N°4	4,75	91,63	22,13	64,40	35,60
N°8	2,36	37,55	9,07	73,47	26,53
N°16	1,18	26,52	6,41	79,87	20,13
N° 30	0,6	15,27	3,69	83,56	16,44
N° 50	0,3	22,93	5,54	89,10	10,90
N° 100	0,15	22,74	5,49	94,59	5,41
N° 200	0,075	13,54	3,27	97,86	2,14
>N°200	-	8,84	2,14	100,00	0,00

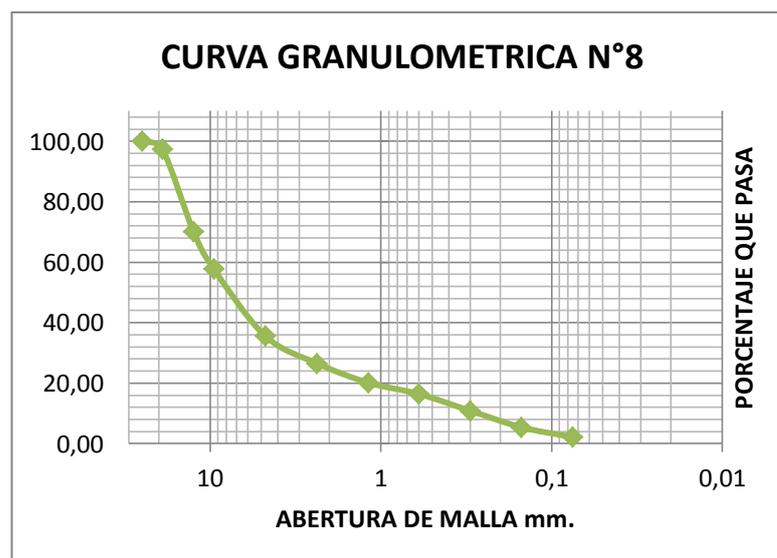


Figura 81. Curva Granulométrica Muestra 8.

Tabla 29.
Análisis Granulométrico Muestra 9

TAMIZ	Tamaño mm	Peso Retenido gr	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	25	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	43,93	9,56	9,56	90,44
1/2"	12,5	31,41	6,83	16,39	83,61
3/8"	9,5	55,67	12,11	28,51	71,49
Nº4	4,75	94,05	20,46	48,97	51,03
Nº8	2,36	52,56	11,44	60,40	39,60
Nº16	1,18	50,12	10,91	71,31	28,69
Nº 30	0,6	28,3	6,16	77,47	22,53
Nº 50	0,3	37,88	8,24	85,71	14,29
Nº 100	0,15	36,32	7,90	93,61	6,39
Nº 200	0,075	18,96	4,13	97,74	2,26
>Nº200	-	10,4	2,26	100,00	0,00

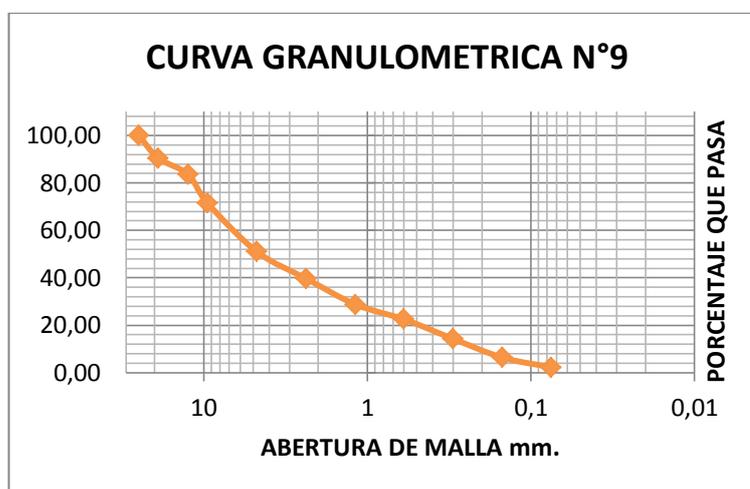


Figura 82. Curva Granulométrica Muestra 9.

4.2.1.2. Determinación del Porcentaje Aproximado de Asfalto.

Para determinar el contenido de asfalto teórico óptimo del asfalto, se utilizará la fórmula empírica propuesta por el Instituto del Asfalto. Los datos a utilizar son de acuerdo a la granulometría realizada para los núcleos de asfalto, la misma que se indica a continuación:

$$\%A = 0.035 * a + 0.045 * b + K * c + F \quad (4-1)$$

Dónde:

%A=Porcentaje de Asfalto.

a=Porcentaje retenido tamiz N°8

b=Porcentaje pasante tamiz N°8

c=Porcentaje que pasa la malla N°200.

K=0.15 si él % retenido tamiz $\frac{3}{4}$ " esta entre 11% y 15%

0.18 si él % retenido tamiz $\frac{3}{4}$ " esta entre 6% y 10%

0.20 si él % retenido tamiz $\frac{3}{4}$ " esta entre 5% o menos

F= de 0 a 2% según la absorción del material.

A continuación se indica los resultados obtenidos para las diferentes muestras de granulometrías utilizadas.

Tabla 30.
Resultado Porcentaje Aproximado de Asfalto

N° Muestra	Retenido Tamiz N°8	Pasante Tamiz N°8	Pasante Malla N°200	K	F	% ASFALTO
18	79,13	20,87	3,10	0,20	1	5,33
13	62,24	37,76	4,13	0,20	1	5,70
14	64,94	35,06	0,00	0,20	1	4,85
15	50,87	49,13	3,84	0,20	1	5,76
4	55,16	44,84	4,55	0,20	1	5,86
6	59,64	40,36	3,15	0,20	1	5,53
7	64,94	35,06	0,00	0,20	1	4,85
8	73,47	26,53	2,14	0,20	1	5,19
9	60,40	39,60	2,26	0,18	1	5,30

K=Coficiente de acuerdo al % retenido tamiz $\frac{3}{4}$ "

F= Coficiente de acuerdo la absorción

4.2.1.3. Determinación de Contenido Asfáltico (ASTM D-2172).

Mediante este ensayo se puede medir el contenido de asfalto en la mezcla compactada, mediante el uso de una maquina Centrifuga y un solvente como Tricloretileno, Cloruro de metileno, Bromuro Propilo o gasolina. A continuación se presenta los resultados obtenidos Tabla 31.



Figura 83. Proceso de Centrifugado.



Figura 84. Pesado anillo Filtrante.



Figura 85. Adición de solvente.

Resultados:

El contenido de Asfalto es definido de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\%A = \frac{(A-C)-(D-B)}{A} * 100 \quad (4-2)$$

Dónde:

A= Peso inicial de la Muestra.

B= peso inicial del filtro.

C= Peso Final de la Muestra.

D= peso final del filtro.

A continuación se indica los resultados obtenidos del porcentaje de asfalto para cada muestra ensayada ver Tabla 31

Tabla 31.
Resultados Porcentaje de Asfalto.

N° Muestra	peso Asfalto+ Agregado gr	Peso Papel filtro inicial gr	Peso Agregado seco gr	Peso Filtro Secado gr	% Asfalto
13	377,4	12,11	354,37	12,15	6,09%
14	302,71	11,21	277,09	12,06	8,18%
15	381,08	11,34	351,35	12,06	7,61%
4	471,07	11,32	435,6	12,27	7,33%
6	354,48	11,46	330,28	12,09	6,65%
7	429,68	11,34	399,97	11,92	6,78%
8	439,07	11,38	418,8	12,17	4,44%
9	489,74	11,11	467,78	12,13	4,28%
18	217,97	11,32	203,13	12,34	6,34%

4.2.1.4. Determinación de la Densidad Aparente BULK.

Procedimiento empleado para determinar la Densidad Aparente BULK definida como el volumen macizo de la probeta, más el volumen de los poros tanto accesibles e inaccesibles.

Para el procedimiento se realizara en los núcleos de asfalto compactados obtenidos en campo, la densidad aparente se determina calculando la relación entre su peso en aire y su peso en agua. La densidad aparente viene dada por la fórmula que se indica a continuación ver ecuación (4-3).

$$D = \frac{Pa}{Pa - Pag} \quad (4-3)$$

Dónde:

Pa=Peso de la Probeta en aire en gramos.

Pag= Peso de la Probeta en el agua en gramos.



Figura 86. Registro de Peso Sumergido.

Resultados:

A continuación se indica los resultados obtenidos de la Densidad Aparente BULK para las muestras de ensayo ver Tabla 32.

Tabla 32.
Resultados Densidad Aparente BULK

Numeración Muestra	Peso de Muestra Aire gr	Peso Muestra en Agua gr	Densidad Aparente BULK
3	1884,05	979,98	2,08
10	913	474,08	2,08
11	1734,29	912,88	2,11
13	2379,2	1291,85	2,19
12	1808,77	966,89	2,15
17	1005,36	578,69	2,36
5	836,7	440,44	2,11

4.2.1.5. Densidad Máxima Teórica RICE. (ASTM D 2041).

Este ensayo cubre la determinación de la gravedad y Densidad Máxima Teórica de las mezclas asfálticas no Compactadas a una temperatura de 25°C. El proceso de

muestreo se realizara de acuerdo a lo establecido por la norma ASTM D 5361 muestreo para mezclas Asfálticas Compactadas.

La densidad Máxima teórica viene dada por la siguiente expresión

$$D_{RICE} = \frac{A}{A+B-C} \quad (4-4)$$

Dónde:

A=Peso de la muestra seca en el aire (gr).

B=Peso del recipiente lleno con agua a 25°C (77°F).

C=Peso del recipiente lleno con agua y muestra a 25°C.



Figura 87. Calibración de Recipiente RICE.



Figura 88. Proceso de extracción de Aire.

Los resultados de la Densidad Máxima teórica RICE obtenidos para las muestras ensayadas se indica a continuación ver tabla 33

Tabla 33.
Resultados Densidad Máxima Teórica.

Numeración Muestra	Peso de muestra Aire gr	peso del recipiente lleno agua gr	Recipiente lleno agua +muestra	Densidad Máxima Teórica
3	978,18	2798,62	3350	2,29
10	843,76	2798,62	3269	2,26
11	737,67	2798,62	3211	2,27
13	777,74	2798,62	3247	2,36
12	726,75	2798,62	3207	2,28
17	878,17	2798,62	3316	2,43
5	748,11	2798,62	3242	2,45

4.2.1.6. Determinación de Porcentaje de Vacíos en Mezcla.

Para determinar el Porcentaje de vacíos en la mezcla Asfáltica se utilizara la expresión definida por la ecuación (4-5), la misma que relaciona la Densidad Especifica BULK y la Densidad Especifica Rice.

$$Vv = \left(1 - \frac{Gbp}{Gmm}\right) * 100 \quad (4-5)$$

Dónde:

Vv= Volumen de Vacíos llenos de aire.

Gbp= Gravedad especifica (Bulk)

Gmm=Gravedad Especifica Teórica máxima (RICE)

A continuación se indica los resultados obtenidos del porcentaje de vacíos para las diferentes muestras ensayadas ver tabla 34

Tabla 34.
Resultado de Volumen de Vacíos

Numeración Muestra	Densidad BULK	Densidad RICE	Volumen de Vacíos %
3	2,08	2,29	9,07
10	2,08	2,26	7,95
11	2,11	2,27	6,90
13	2,19	2,36	7,34
12	2,15	2,28	5,88
17	2,36	2,43	3,19
5	2,11	2,45	13,99

4.2.1.7. Ensayo de Recubrimiento y Peladura de Asfalto en Agregados (ASTM D- 3625)

Método descrito para evaluar de forma empírica el efecto de retención de una película bituminosa que recubre el agregado mineral, bajo la acción de agua, el procedimiento descrito es valorado de forma visual. Debido a que la norma descrita no especifica un procedimiento para muestreo en mezclas en servicio se empleara para el muestreo la Norma ASTM D 5361



Figura 89 Proceso de hervido muestra.

Resultados:

Los resultados del ensayo son de carácter visual, a continuación se incluye las hojas de resultados de los ensayos realizados en el laboratorio.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Ensayo de Peladura y Recubrimiento.			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui tramo Espe-Redondel Choclo		
Fecha:	09 de octubre 2015		
Norma:	ASTM D-3625		
MUESTRA	18	ANTES	DESPUES
			

Figura 90. Hoja de Resultados Ensayo de Peladura Muestra 18.

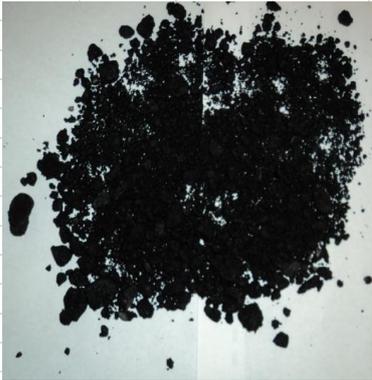
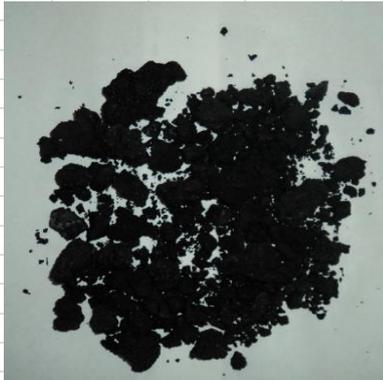
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE		
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN		
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		
Laboratorio de Suelos y Asfaltos		
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización		
Ensayo de Peladura y Recubrimiento.		
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira	
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui tramo Espe-Redondel Choclo	
Fecha:	09 de octubre 2015	
Norma:	ASTM D-3625	
MUESTRA	8	
	ANTES	
	DESPUES	
		
MUESTRA	4	
		

Figura 91. Hoja de Resultados Ensayo de Peladura Muestra 8-4

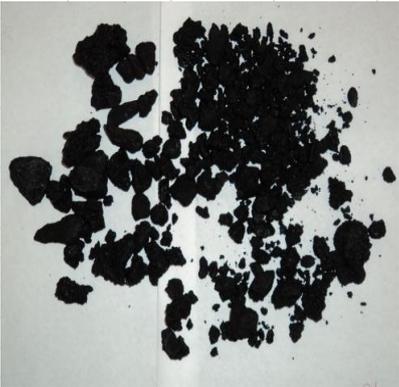
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Ensayo de Peladura y Recubrimiento.			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra:	Avenida General Rumiñahui tramo Espe-Redondel Choclo		
Fecha:	09 de octubre 2015		
Norma:	ASTM D-3625		
MUESTRA	7	ANTES	DESPUES
			
MUESTRA	15		

Figura 92. Hoja de Resultados Ensayo de Peladura Muestra 7-15

4.2.1.8. Determinación de expansión de asfalto.

Debido a que no existe un procedimiento establecido para determinar el porcentaje de expansión volumétrica en asfalto, los núcleos N° 17 y 18 sufrieron al momento de ser preparadas las muestras de acuerdo a lo previsto por la norma ASTM D5361, dichos núcleos al momento de alcanzar una temperatura menor de 50°C, temperatura que puede alcanzar el asfalto en servicio de acuerdo a León y Curco (2013), sufrieron un cambio volumétrico por este motivo se valora de similar manera la muestra N°16 y la muestra N°7

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE			
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN			
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Laboratorio de Suelos y Asfaltos			
Análisis Restropectivo de Parametros de Fiscalización			
Ensayo de expansión de asfalto			
Responsable :	Lenin Arcos Ribadeneira		
Lugar de la Muestra	Avenida General Rumiñahui tramo Espe-Redondel Choco		
Fecha:	12 de noviembre 2015		
MUESTRA	7	INICIAL	FINAL
INICIAL			
ALTURA N°1	124,6 mm		
DIAMETRO N°1	942,5 mm		
DIAMETRO N°2	943,1 mm		
FINAL			
ALTURA N°1	124,5 mm		
DIAMETRO N°1	942,6 mm		
DIAMETRO N°2	943,3 mm		
MUESTRA	16		
INICIAL			
ALTURA N°1	124,50 mm		
DIAMETRO N°1	943,00 mm		
DIAMETRO N°2	942,60 mm		
FINAL			
ALTURA N°1	124,45 mm		
DIAMETRO N°1	947,2 mm		
DIAMETRO N°2	944,2 mm		

4.2.2. Ensayos para Pavimento Articulados.

4.2.2.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión INEN 1485.

Procedimiento descrito para determinar la resistencia a la compresión de un adoquín de uso peatonal y vehicular al someter una carga creciente de compresión a una velocidad de 15MPa por minuto hasta lograr su falla esto se considera cuando la muestra no puede soportar más carga. El área específica de compresión se utilizara de acuerdo a lo establecido por la norma INEN 1486,



Figura 93. Preparación de adoquines Ensayo.



Figura 94. Falla en Adoquín ensayo.

Resultados: La resistencia Característica se tomara en base a los valores mínimos de 10 muestras, con las fórmulas que se indica a continuación

$$f_k = f_m - 1.64 * S \quad (4-6)$$

Dónde:

f_k = Resistencia Característica.

S =Desviación Estándar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(f_i - f_m)^2}{9}} \quad (4-7)$$

Dónde:

S = desviación estándar (Mpa)

f_i = Resistencia a la compresión de cada muestra (Mpa)

f_m = Media aritmética (Mpa)

Los resultados obtenidos del ensayo de compresión en los adoquines ensayados se presentan a continuación ver

Tabla 35.

Tabla 35.
Resultados Resistencia a la Compresión.

Nº Adoquín	Fuerza Kg	Área Cm ²	Resistencia Mpa (fi)	fi-fm	(fi-fm) ²
1	120316	467,62	25,2	-10,3	106,9
2	133580	430,95	30,4	-5,2	26,8
3	172329	443,33	38,1	2,5	6,5
4	149920	459,05	32,0	-3,5	12,6
5	149900	431,47	34,1	-1,5	2,3
6	124910	423,51	28,9	-6,6	44,2
7	177078	420,47	41,3	5,7	32,8
8	192317	419,34	45,0	9,4	88,4
9	191414	426,67	44,0	8,4	70,9
10	177930	475,56	36,7	1,1	1,3
Σ fi=			355,6	Σ(fi-fm)² =	392,42
S=			6,603	fk=	25 MPA

fi=Resistencia compresión cada muestra; S=Desviación Estandar

fk=Resistencia Caracteristica; fm=Media Aripmetica.

4.2.2.2. Determinación de Dimensiones, Área Total y desgaste INEN 1486

Procedimiento para la determinación de las dimensiones de adoquines para uso vehicular y peatonal. Para esto se registrara el espesor, largo y Ancho de la muestra en cuatro puntos diferentes de la muestra hasta alcanzar 0.5mm de precisión.

Para determinar el área o superficie de desgaste se tomara un adoquín el mismo que se colocara sobre una cartulina, con un lápiz se trazara su perímetro se cortara y se pesara con un precisión de 0.01gr, se cortara un rectángulo de 20*10cm de la misma cartulina en cual se pesara con un precisión de 0.01gr. El cálculo del área del adoquín viene definido por la siguiente expresión.

$$A_s = \frac{200 * W_s}{W} \quad (4-8)$$

Dónde:

A_s =Área del Adoquín cm^2

W_s =Peso de la cartulina con la forma del muestra.

W =Peso en gramos del rectángulo de 20*10 cm.

A continuación se indica los resultados del área de desgaste para las muestras ensayadas ver Tabla 36 .

Tabla 36.
Resultado de Área de Desgaste Adoquines.

N° Adoquín	Peso Molde Gr	Peso cartulina gr	Área cm^2
1	9,82	1,68	467,62
2	9,05	1,68	430,95
3	9,31	1,68	443,33
4	9,64	1,68	459,05
5	11,38	2,11	431,47
6	11,17	2,11	423,51
7	11,09	2,11	420,47
8	11,06	2,11	419,34
9	7,36	3,45	426,67
10	7,49	3,15	475,56

Tabla 37.
Resultado de espesores en adoquines.

N° Adoquín	Espesor N°1 cm	Espesor N°2 cm	Espesor N°3 cm	Espesor N°4 cm	Espesor Total cm
1	88,9	88,2	87,2	87,1	87,85
2	88,3	82,5	83,5	84,7	84,75
3	87,6	88,3	90,3	90,9	89,28
4	84,8	88,5	82,5	86,2	85,50
5	91,1	91,8	89,4	92,5	91,20
6	91,2	90,9	91,6	91,9	91,40
7	89,3	90,5	89,9	92,2	90,48
8	88,1	89,2	87,8	86,5	87,90
9	82,8	82,8	82,1	82,9	82,65
10	70,5	71,1	71,9	70,8	71,08

A continuación se indica los resultados de Longitud y Ancho registrada para las muestras ensayadas Tabla 38 y tabla 39 respectivamente.

Tabla 38.
Resultados de Longitud en Adoquines.

N° Adoquín	Longitud N° 1	Longitud N° 2	Longitud N° 3	Longitud N° 4	Longitud Total mm
1	235,5	236,2	235,5	235,5	235,69
2	229,5	228,7	229,1	229,5	229,20
3	235,8	235,4	235,1	234,8	235,28
4	235,6	235,1	235,2	235,7	235,40
5	239,4	239,8	239,4	239,1	239,43
6	231,2	231,4	231,5	231,1	231,30
7	235,5	236,1	235,9	235,4	235,73
8	237,1	238,1	236,5	235,8	236,88
9	227,2	228,4	228,4	227,9	227,98
10	234,5	234,6	234,2	234,8	234,53

Tabla 39.
Resultados de Ancho en adoquines.

N° Adoquín	Ancho N°1	Ancho N°2	Ancho N°3	Ancho N°4	Ancho Total mm
1	224,5	225,1	224,8	225,2	224,90
2	211,2	211,5	212,4	211,5	211,65
3	220,5	221,6	221,7	221,6	221,35
4	225,4	225,4	225,1	224,1	225,00
5	223,4	223,1	223,7	222,1	223,08
6	222,5	221,5	221,8	221,5	221,83
7	225,4	224,1	224,9	224,8	224,80
8	224,2	224,8	225,8	225,7	225,13
9	214,5	215,8	215,9	215,8	215,50
10	219,5	218,4	218,6	218,5	218,75

4.2.2.3. Ensayo de Absorción ASTM C140

Procedimiento para determinar la acción climática sobre muestras de adoquines mediante la obtención de porcentaje de absorción de humedad. En un mínimo de cuatros adoquines al azar del lote.

Resultados:

A continuación se indica la fórmula para determinar el porcentaje de Absorción en las muestras ensayadas

$$A\% = \frac{P_n - P_s}{P_s} * 100 \quad (4-9)$$

Dónde:

A%= porcentaje de Absorción.

Pn= Peso Saturado.

Ps=Peso Seco.

A continuación se indica los resultados obtenidos de porcentaje de absorción para los adoquines ensayados ver Tabla 40.

Tabla 40.
Resultados Porcentaje de Absorción Adoquines

N° Adoquín	Peso Seco Ps (gr)	Peso Saturado Pn (gr)	Porcentaje Absorción
1	8,9823	9,2575	3,06%
2	8,4364	8,6827	2,92%
3	8,9543	9,2343	3,13%
4	8,8518	9,1452	3,31%
		Promedio	3,11%

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS.

5.1. Fallas Pavimento Flexible.

De acuerdo a las metodologías de Auscultación empleadas para el análisis de la vía, indican un estado regular caracterizado por la presencia de fallas tipo Piel de Cocodrilo de severidad baja con un proceso de formación de fisuras en la parte inferior de la carpeta de rodadura como se pudo apreciar en los núcleos extraídos in situ, adicional se encontró fallas del tipo Agrietamiento en bloque que en algunos sectores se encuentra con severidad intermedia este problema puede ser causado por un endurecimiento u oxidación de la mezcla asfáltica por el contenido de asfalto utilizado que en ciertos sectores alcanza hasta el 8% lo cual se pudo apreciar con una expansión del asfalto con un porcentaje del 7% sobre la base del núcleo. Para información detallada de cada tipo de falla presente en la vía de estudio se encuentra en el Capítulo VI del presente trabajo.

5.2. Análisis Pavimento Flexible.

5.2.1. Análisis de Tráfico.

A continuación se indica el Trafico Promedio Diario Anual “TPDA” para el Periodo de Diseño y la medición para el periodo comprendido en el lapso de 10 años en la Avenida General Rumiñahui tramo comprendido entre Centro comercial San Luis – Redondel Colibrí ver tabla 41.

Se determinó que existe un incremento en el Trafico Promedio Diario Anual “TPDA” del 13% para las condiciones de diseño iniciales de la via y el tiempo de diseño de 10 años y un incremento de 23% para las condiciones actuales de uso de la via para el año 2015 eso se puede atribuir al incremento del parque automotor en el Cantón Rumiñahui por su atractivo como lugar de residencia y turismo

Tabla 41.
Medición del TPDA

Año	Tramo San Luis – Colibrí TPDA	Tramo Colibrí - San Luis TPDA
2003	9346 ^a	10908
Proyección		
2013	13418 ^b	15660
2013	15220 ^c	17741
Proyección		
2015	16494	19226

^a Medición Estudio de Trafico año 2003.

^b Proyección de diseño año 2013.

^c Medición Estudio de tráfico año 2013.

Nota: las Proyecciones para el año 2015 corresponde al incremento del PBI 4.10%

5.2.2. Espesores Pavimento.

A continuación se indica los espesores para los diferentes elementos estructurales constitutivos del Pavimento, los espesores del Diseño son establecidos para el Estudio técnico de rehabilitación de la avenida General Rumiñahui tramo San Luis – Colibrí, de acuerdo al Gobierno de la Provincia de Pichincha(2003) ver tabla 42 , los espesores para las condiciones actuales son de acuerdo al diseño propuesto por AASTHO 93 ver ANEXO III, basado en un estimado del trafico ver tabla 41 y la determinacion del valor CBR in situ Figura 71.

Tabla 42.
Espesores Pavimento Flexible.

Estructura	Espesor de Diseño	Tramo Choclo – Colibrí	Tramo Colibrí- ESPE	Espesor condiciones actuales
Base mm	300	^a 250	^b 300	^c 300
Sub Base mm	400	^a 320	^b 400	^c 400
Carpeta de rodadura mm	125	^a 100	^a 124.0	^c 125.0

^a Medición propia in situ.

^b Medición Estudio Funcional y estructural año 2013.

^c Espesores de acuerdo a condiciones actuales de Tráfico

Nota: las mediciones para el tramo Colibrí- San Luis corresponde a servicio de consultoría para el Gobierno de la Provincia de Pichincha año 2013.

Fuente: Elaboración basada en Estudio de campo y Consultoría Externa.

Se pudo determinar que el espesor de diseño previsto y los espesores medido in situ no presenta una variación significativa a lo previsto con apenas un variación en cuanto a la carpeta de rodadura de aproximadamente el 1% dicho parametro podria considerarse aceptable de acuerdo a (Carrion Estupiñan , 2015).

El inadecuado espesor de la estructura del pavimento para el Tramo comprendido entre El redondel del Choclo y Colibri, se encuentra reflejado indirectamente en la cantidad de fallas superficiales.

5.2.3. Analisis de Granulometria Mezcla.

5.2.3.1. Granulometría Obtenida Núcleos Asfalto.

A continuación se indica la curva granulométrica Promedio obtenida para las nueve muestras ensayadas en el laboratorio.

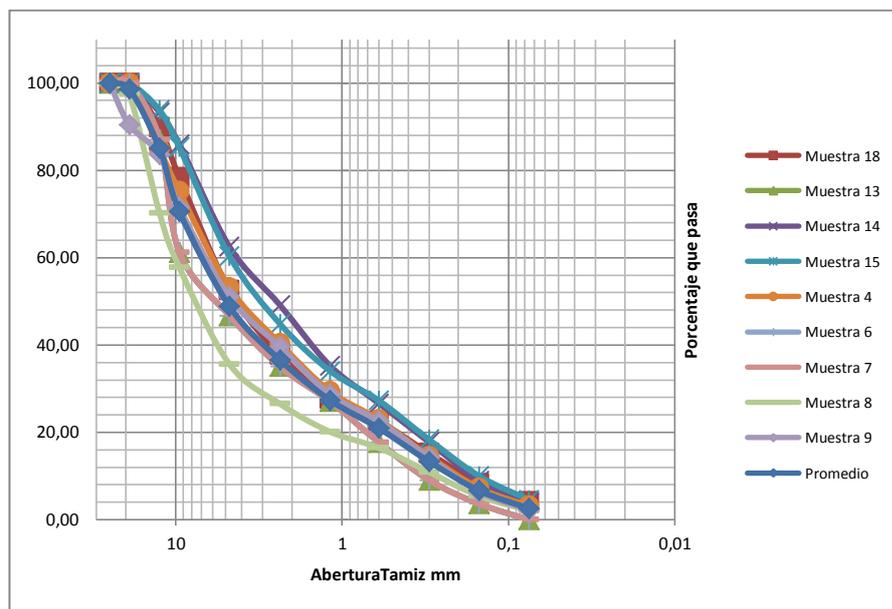


Figura 95. Curvas Granulométricas Mezcla Asfáltica.

En la tabla 43. Se indica los valores de la curva promedio establecido para las muestras ensayadas en el laboratorio.

Tabla 43.
Valores Curva Granulométrica Promedio

Abertura Tamiz mm	Promedio mm
25	100,00
19	98,64
12,5	85,03
9,5	70,58
4,75	48,86
2,36	36,58
1,18	27,36
0,6	20,92
0,3	13,33
0,15	6,66
0,075	2,57
-	0,00

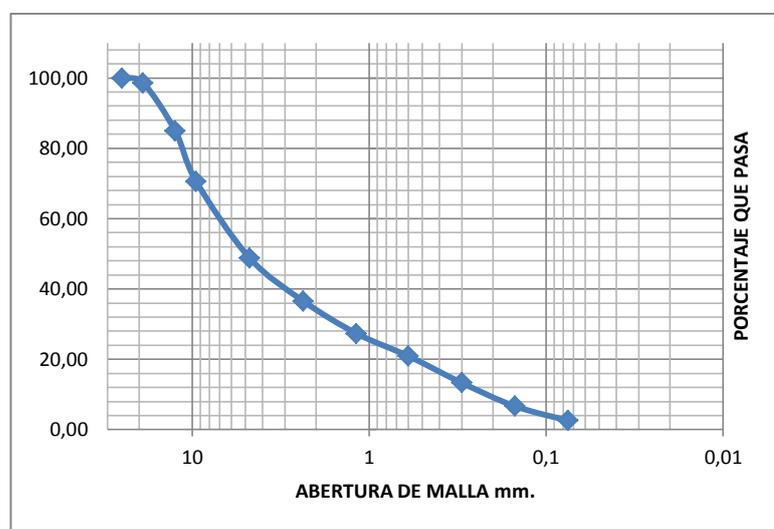


Figura 96. Curva Granulométrica Promedio.

5.2.3.2. Granulometría Diseño.

La curva granulométrica establecida para el diseño de la Ampliación de la Avenida General Rumiñahui de acuerdo Gobierno de la Provincia de Picincha(2003) para carpeta de graduación en porcentaje de ½” es la que se indica a continuación. Tabla 44.

Tabla 44.
Curvas Granulométricas de Diseño

Abertura Tamiz mm	Curva N°1	Curva N°2
25,4	-	-
19	100	100
12,5	90	100
4,75	44	74
2,36	28	58
0,3	5	21
0,075	2	10

Nota: Curvas Granulométricas de acuerdo al Diseño Previsto 2003

Fuente: MOP-001F-2002 /405-5-1.

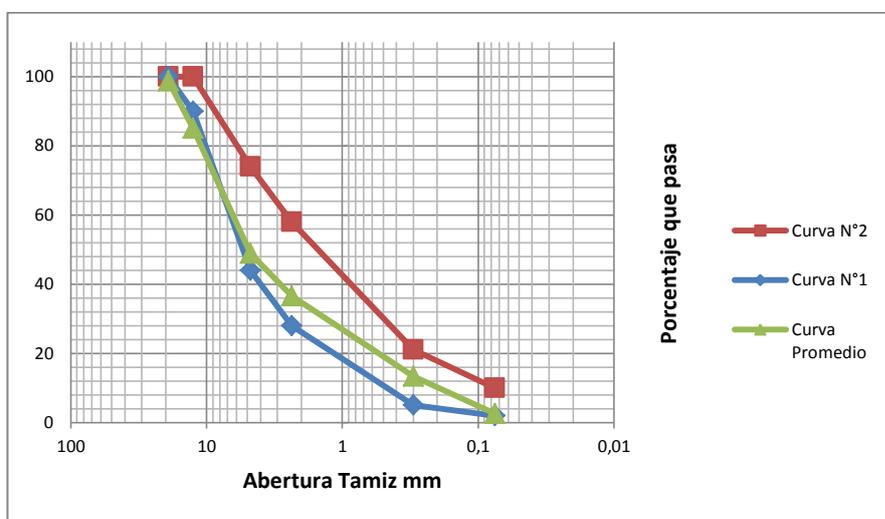


Figura 97. Análisis Curva Granulométrica de diseño.

Fuente: MOP-001F-2002 /405-5-1.

La mezcla asfáltica utilizada se encuentra dentro de los rangos establecidos de diseño para una gradación de finos de hasta 12.5 mm con tendencia hacia valores bajos, sin embargo para valores de gradación superiores a 12.5mm tiende a encontrarse fuera del rango permitido eso se puede atribuir al porcentaje de agregado fino fracturado al momento de su obtención en campo.

De acuerdo al análisis de las muestras individuales de cada núcleo de asfalto se pudo valorar que las muestras N° 13, 14 y 15 correspondiente al sector de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE se encuentran dentro del rango establecido por el tipo de mezcla de diseño.

De acuerdo a la curva granulométrica de la muestra N°18 esta presenta poca cantidad de material de granulometría fina de abertura de tamiz 0.3mm por ese motivo se encuentra en el límite inferior de las curvas granulométricas de diseño del MOP-001F-2002 /405-5-1.

Las muestras N° 7, 8 y 9 se encuentran por debajo del límite inferior de la curva granulométrica de diseño de la mezcla asfáltica, indicando un bajo porcentaje de agregado de granulometría comprendido en el rango de 4.75 mm y 0.075 mm

Las muestras N° 4 y 6 de acuerdo al análisis granulométrico presenta una gradación uniforme de agregados, sin embargo para granulometría fina esta se encuentra al límite inferior de la curva de diseño.

5.2.3.3. Granulometría Normativa Vigente.

A continuación se indica la gradación para la normativa vigente de acuerdo al Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador(2013), correspondiente a una mezcla Asfáltica Normal MAC-2 Tabla 45.

Tabla 45.
Curvas granulométricas de diseño normativa vigente

Abertura Tamiz mm	Curva N°1	Curva N°2
25,4	-	-
19	100	100
12,50	80	100
4,75	51	68
2,36	38	52
0,3	17	28
0,15	8	17
0,075	5	8

Nota: Curvas granulométricas de acuerdo normativa vigente

Fuente: Norma Ecuatoria Vial NEVI-12.

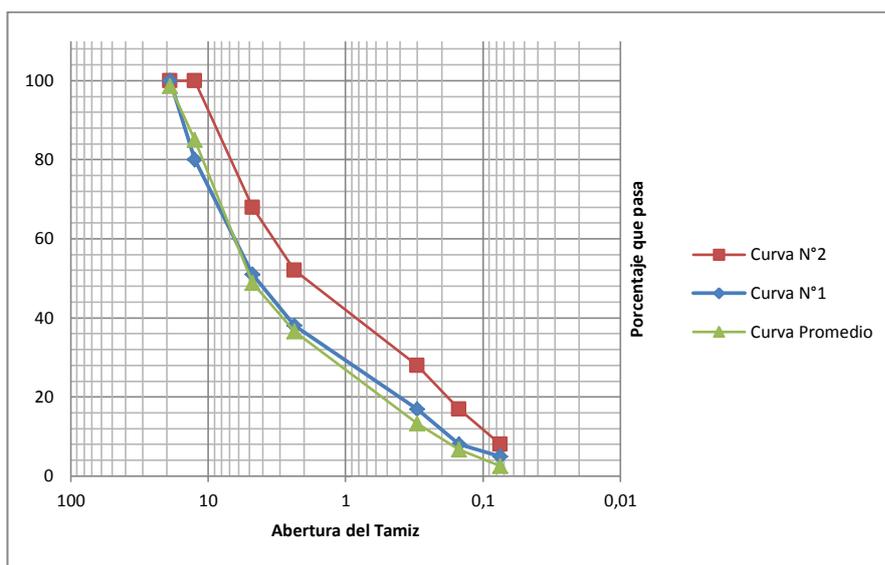


Figura 98. Análisis Curva granulométrica Normativa Vigente

Fuente: Norma Ecuatoria Vial NEVI-12.

Se determina que la granulometría utilizada para la construcción de la Avenida General Rumiñahui no es aceptable para una gradación tipo MAC-2, esto debido a que la actual Norma vial NEVI-12 considera parámetros más estrictos en gradación de los agregados para fines con mezcla Superpave.

5.2.3.4. Análisis Porcentaje de Asfalto.

De acuerdo a las nueve muestras ensayadas en el laboratorio referenciada en la norma ASTM –D 2172 no existe un porcentaje estable o fijo de asfalto en la mezcla, el porcentaje promedio de Asfalto presente es de 6.41% sin embargo existe sectores en la vía en los cuales el porcentaje de asfalto se encuentra en menos del 5%, de acuerdo al control en campo de la formula maestra al momento de tendido esta se encontraba en 7.20%, la diferencia de asfalto presente para las condiciones de diseño se encuentra en 13% valor que no es aceptable en lo establecido por la Norma Ecuatoriana Vial- NEVI 405-5.18.d

5.2.3.5. Análisis de Porcentaje de Vacíos de aire en mezcla.

De acuerdo a los resultados de la

Tabla 34, el porcentaje de Vacíos promedio presente en la mezcla asfáltica para los núcleos obtenidos de la Avenida General Rumiñahui se encuentra en 7.76% porcentaje no aceptable dentro de los rangos permitidos por el MOP-001F-2002 para el tráfico previsto del diseño de mezcla Asfáltica el mismo que establece un valor mínimo 3% y máximo 5%.

5.2.3.6. Análisis de Ensayo Peladura.

De acuerdo al diseño inicial de la mezcla asfáltica se deberá incluir aditivo de adherencia, los resultados obtenidos para la 5 muestras ensayadas reflejan que existe una adecuada adherencia entre en Agregado mineral y el material bituminoso con aproximadamente del 95% de adherencia valor que es aceptable para las condiciones iniciales de colocación de carpeta asfáltica la misma que se encontraba en un 96%.

5.3. Fallas Pavimento Articulado.

Mediante el proceso de Auscultación realizado en la Avenida Mariana de Jesús, la falla con mayor incidencia es la producida por Desgaste superficial del adoquín con un porcentaje del 37% de área total analizada con un área de 567.88m² de daño , dicha falla se puede atribuir a la calidad de granulometría y material ligante constitutivos del mismo. Se pudo apreciar que existe un mayor porcentaje de fallas sobre el carril derecho de cada sentido de circulación.

5.4. Análisis Pavimento Articulado.

5.4.1. Espesores Pavimento.

A continuación se indica los espesores para los diferentes elementos estructurales constitutivos del Pavimento de la avenida Mariana de Jesús y un estimado de espesores de acuerdo al método de diseño del ICPI “Interlocking Concrete Pavement Institute” y la guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993, para las condiciones actuales de uso de la vía, para el diseño se utilizó el valor de CBR medido in situ como se puede observar en la Figura 72 y mediante un conteo de tráfico desarrollado para las condiciones actuales de la vía como se puede observar en el ANEXO IV.

Tabla 46.
Espesores Av. Mariana de Jesús.

Estructura	Espesor de Diseño	Espesor medido en campo
Base mm	^a 300	^b 320
Arena		
Estabilización	40	40
Adoquín	^c 80	86

^a espesor de diseño para tráfico actual.

^b Medición Estudio de campo.

^c Espesor mínimo de diseño del adoquín.

Se pudo determinar que el espesor de diseño previsto y los espesores medido in situ no presenta una variación significativa a lo previsto con apenas un variación en cuanto al Material de Base con un 6% de diferencia dicho parametro podría considerarse aceptable de acuerdo a (Carrion Estupiñan , 2015).

5.4.2. Análisis Ensayo a compresión.

De acuerdo a los resultados del ensayo a la compresión para los adoquines obtenidos directamente de la Avenida Mariana de Jesús se obtuvo una resistencia característica a la compresión de 25Mpa de acuerdo a la

Tabla 35. Valor que se encuentra por debajo del límite permitido para la clasificación de tránsito presente de 40 MPa de acuerdo a la Norma INEN 1488.

5.4.3. **Análisis Ensayo de Absorción.**

De acuerdo a los resultados del ensayo de absorción se tiene un porcentaje promedio de absorción de 3.11% valor que de acuerdo a la Normativa Española UNE-EN1338 es un valor aceptable para condiciones climáticas por cambios bruscos de temperatura y heladas.

5.4.4. **Análisis Área y Dimensiones.**

De acuerdo a los espesores registrados para los 10 adoquines ensayados Tabla 19, el 40% del lote no cumple con la tolerancia de espesor nominal establecida por la Normativa INEN 1488. El área de desgaste para las diferentes muestras ensayadas presenta una diferencia máxima del 8%

De acuerdo a los resultados para la longitud de los adoquines el 20% del lote inspeccionado no cumple con la tolerancia especificada establecida por la Normativa INEN 1488.

De acuerdo a los resultados para el ancho de los adoquines el 40% del lote inspeccionado no cumple con la tolerancia especificada establecida por la Normativa INEN 1488.

CAPITULO VI

ANALISIS EN CONTROL DE OBRA.

6.1. Inventario de fallas en pavimento Flexible.

A continuación se indica el resumen de daño para cada tipo de falla encontrado en el proceso de auscultación superficial para la totalidad de la Avenida General Rumiñahui en el tramo comprendido entre la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y el Redondel del Choclo, a continuación se indica el abscisado de la avenida general Rumiñahui ver Figura 99.

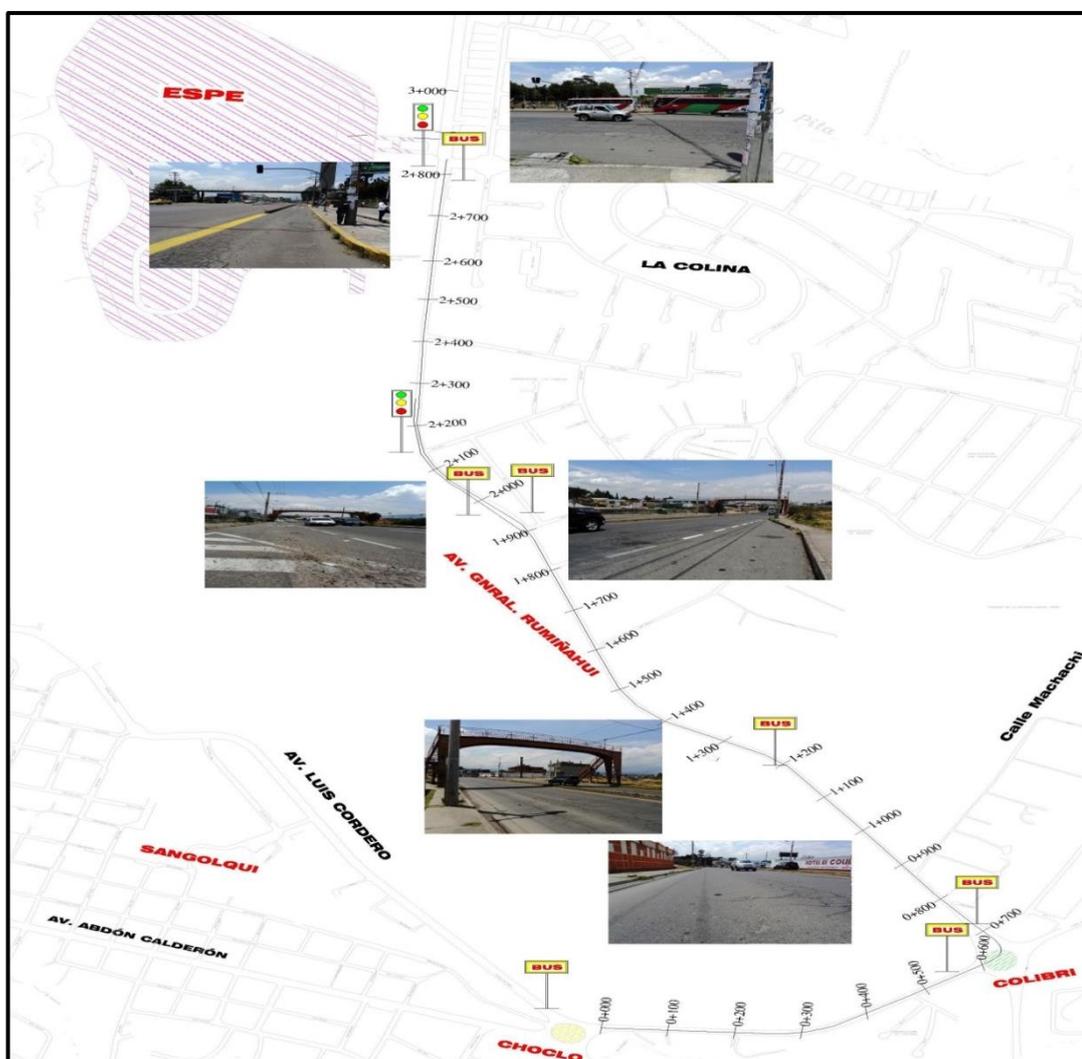


Figura 99. Abscisado trabajo Avenida General Rumiñahui.

6.1.1. Falla tipo piel de cocodrilo.

Es evidente el daño tipo piel de cocodrilo en casi la totalidad de la Avenida General Rumiñahui, el mismo que indica fatiga del cemento asfáltico, dicha falla se encuentra en la totalidad de la calzada lo que indica que está sujeta a cargas repetidas de carga, se puede apreciar que el daño más representativo se encuentra en sectores de parada vehicular como semáforos, paradas de buses y la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

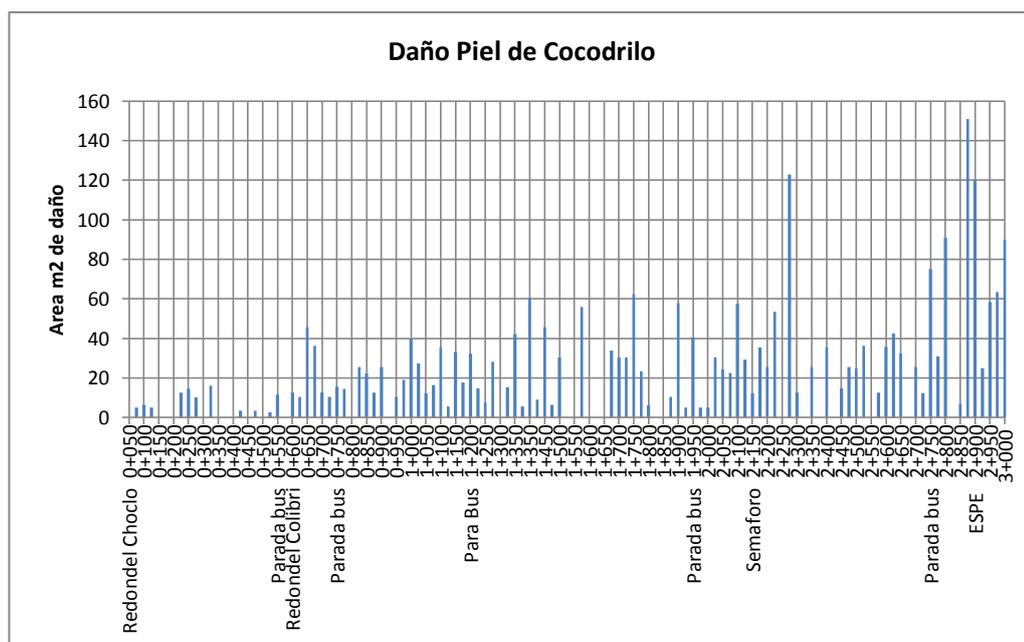


Figura 100. Daño piel de cocodrilo.



Figura 101. Daño representativo tipo Piel de cocodrilo.

6.1.2. Falla tipo agrietamiento en bloque.

El daño tipo agrietamiento en bloque, se puede apreciar con una mayor incidencia en el sector inicial del abscisado hasta la parte intermedia de la vía de estudio, dicha falla presenta valores altos en el sector del choclo y el redondel del colibrí que puede ser atribuido al escaso mantenimiento vial sobre el drenajes superficial que causa ciclos diarios de temperatura a nivel de la carpeta de rodadura.

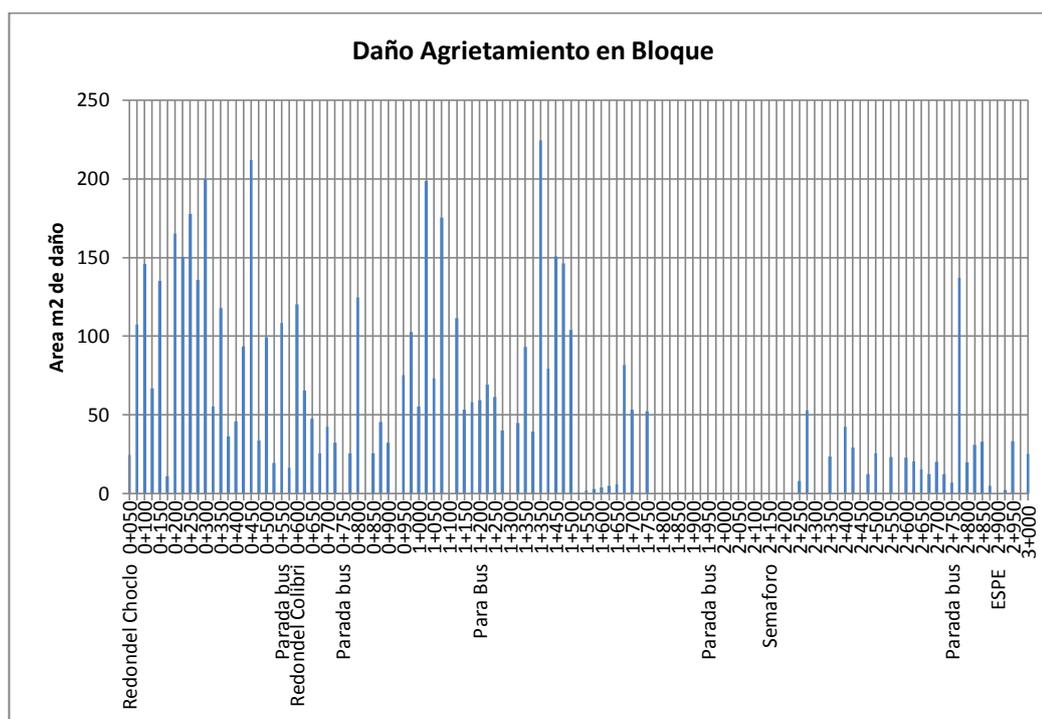


Figura 102. Daño agrietamiento en bloque.



Figura 103. Daño representativo tipo agrietamiento en bloque.

6.1.3. Falla tipo hundimiento.

El daño tipo hundimiento no fue apreciable con un gran porcentaje en la vía de análisis, se pudo valorar la aparición de esta falla en los sectores característicos por otro tipo de fallas como es piel de cocodrilo

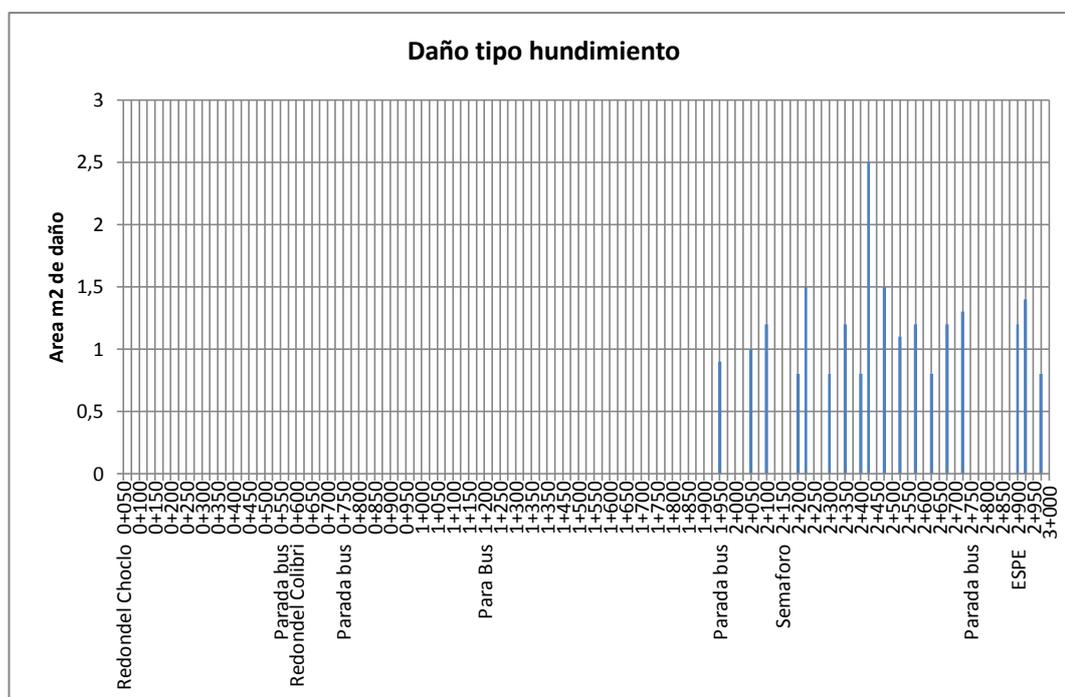


Figura 104. Daño tipo hundimiento.



Figura 105. Daño representativo tipo Hundimiento.

6.1.4. Falla tipo grieta de borde.

Este tipo de falla es común en el tramo entre el redondel del choclo y el redondel del colibrí producido por la ausencia de confinamiento lateral en ciertos sectores de la vía como se puede apreciar en la Figura 107, se puede apreciar este tipo de falla con un alto porcentaje de ocurrencia en sectores de parada de buses por el desnivel presente en las mismas.

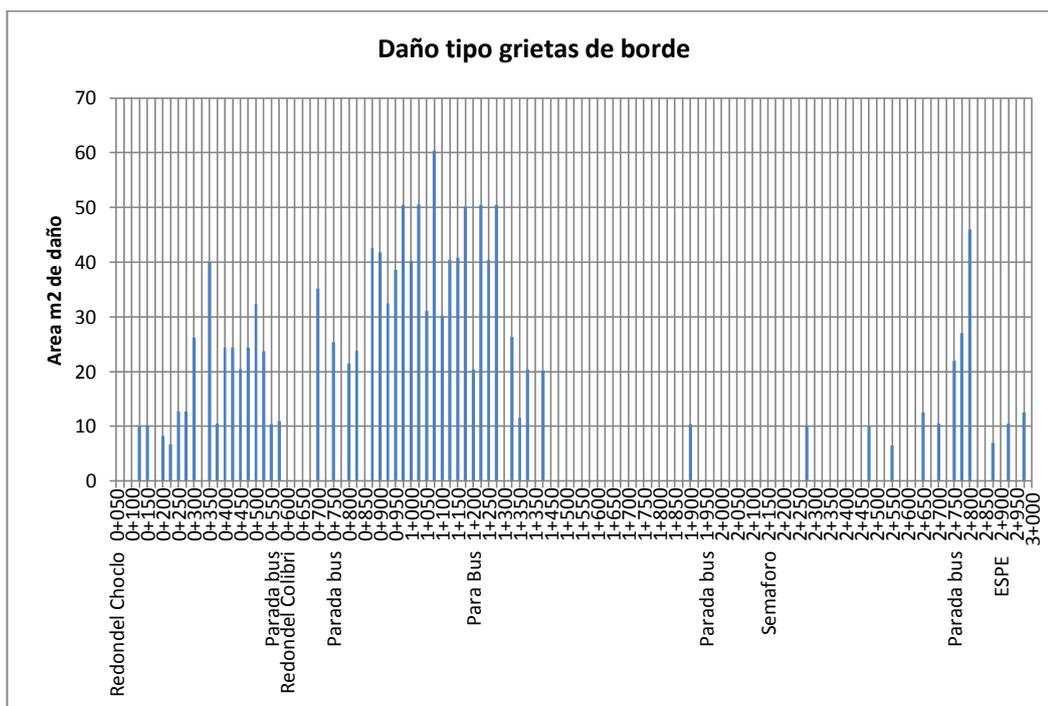


Figura 106. Daño tipo grietas de borde



Figura 107. Daño representativo tipo grieta de borde.

6.1.5. Falla tipo grietas longitudinales.

Este tipo de fallas fue encontrado directamente en el carril de circulación vehicular en la dirección del tráfico, este daño viene acompañado en un gran porcentaje de fallas tipo piel de cocodrilo lo que podría indicar fatiga del asfalto.

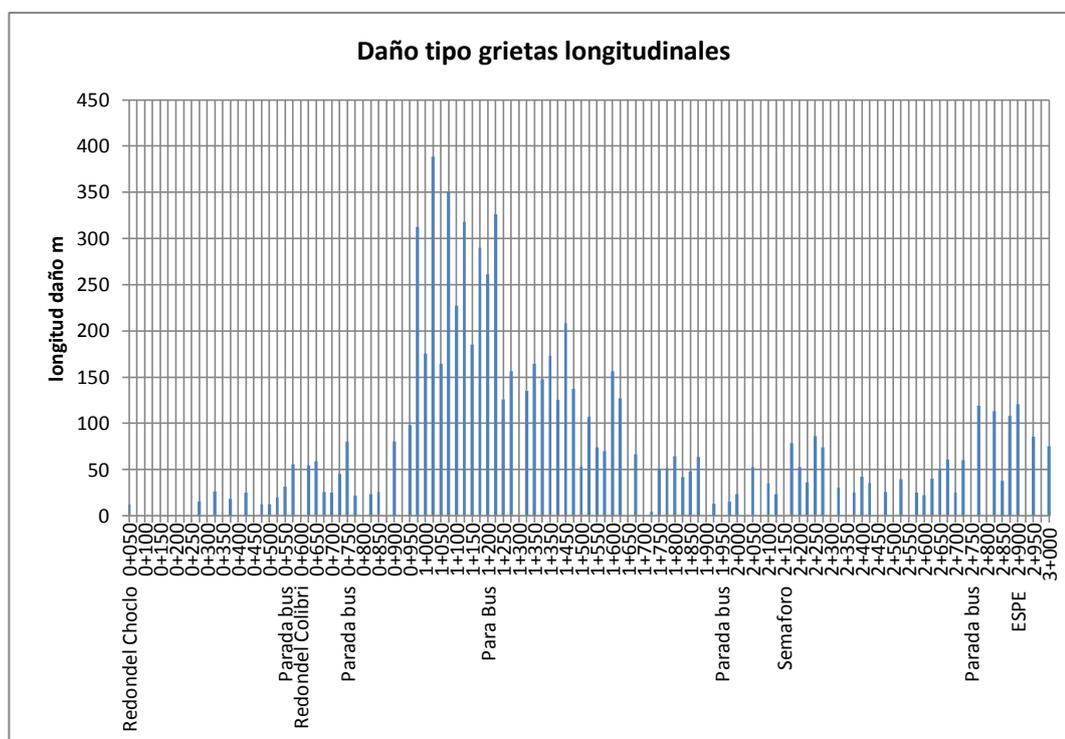


Figura 108. Daño tipo grietas longitudinales.



Figura 109. Daño representativo tipo grietas longitudinales.

6.1.6. Daño tipo parcheo de corte.

Este tipo de daño es común en el sector entre el colibrí y el choclo por los procesos de reparación que hay se ejecutan por la severidad de baches, sin embargo el proceso de parchado no garantiza una correcta conservación de la carpeta de rodadura.

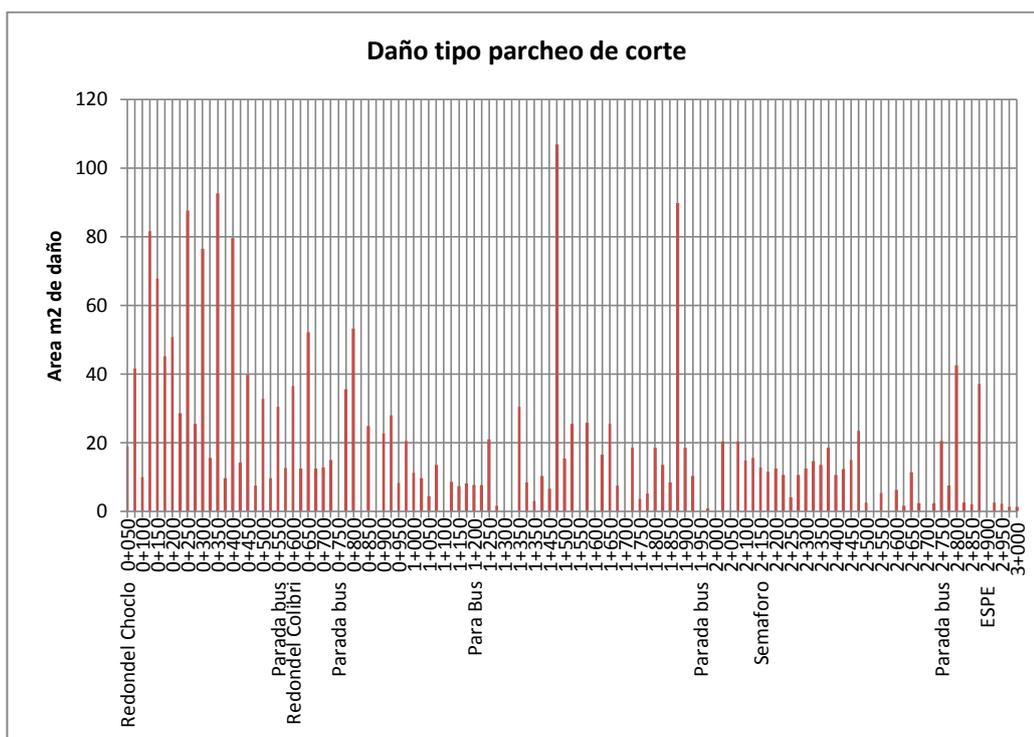


Figura 110. Daño tipo parcheo de corte



Figura 111. Daño representativo tipo Parcheo de corte

6.1.7. Falla tipo pulimento de agregado.

Este tipo de patologías se pudo encontrar con mayor incidencia en sectores que involucran frenado y arranque de vehículos como es el caso de la vía en estudio semáforos, entrada redondel colibrí, parada de buses.

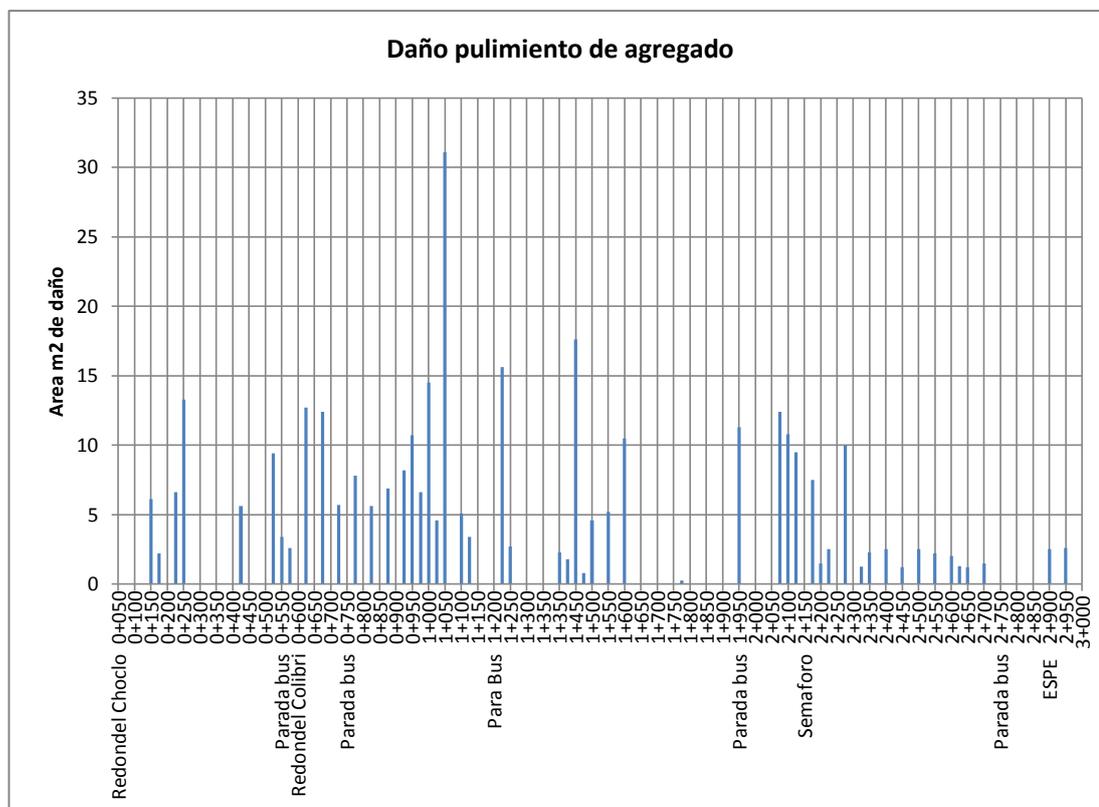


Figura 112. Daño tipo pulimento de agregado.



Figura 113. Daño representativo tipo pulimento de agregado.

6.1.8. Falla tipo Desnivel carril berma.

Este tipo de falla es común entre el sector comprendido entre el redondel del choclo y colibrí principalmente por la falta de elementos de confinamiento lateral del asfalto y las entradas creadas para los moradores del sector.

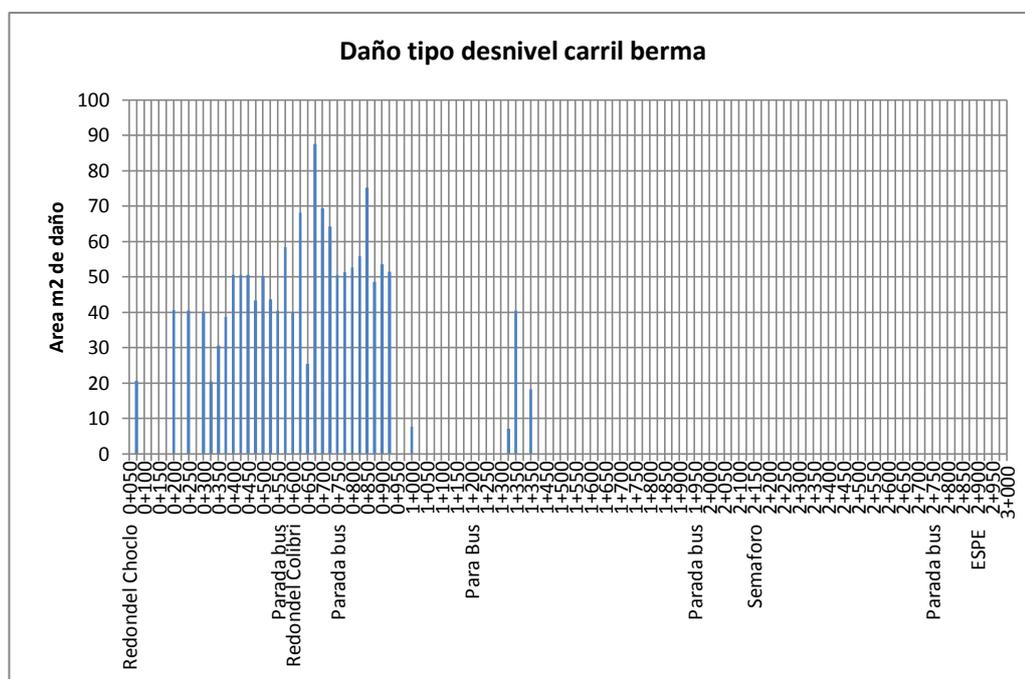


Figura 114. Daño tipo Desnivel Carril-berma.



Figura 115. Daño representativo tipo Desnivel Carril - berma

6.1.9. Daño tipo Bache.

Los daños del tipo bache se encuentran en sectores localizados de la vía en estudio con un gran porcentaje de ocurrencia en sectores próximos a paradas esta patología no es tan común en la vía debido al proceso de parcheo que es una mediada de mantenimiento preventivo.

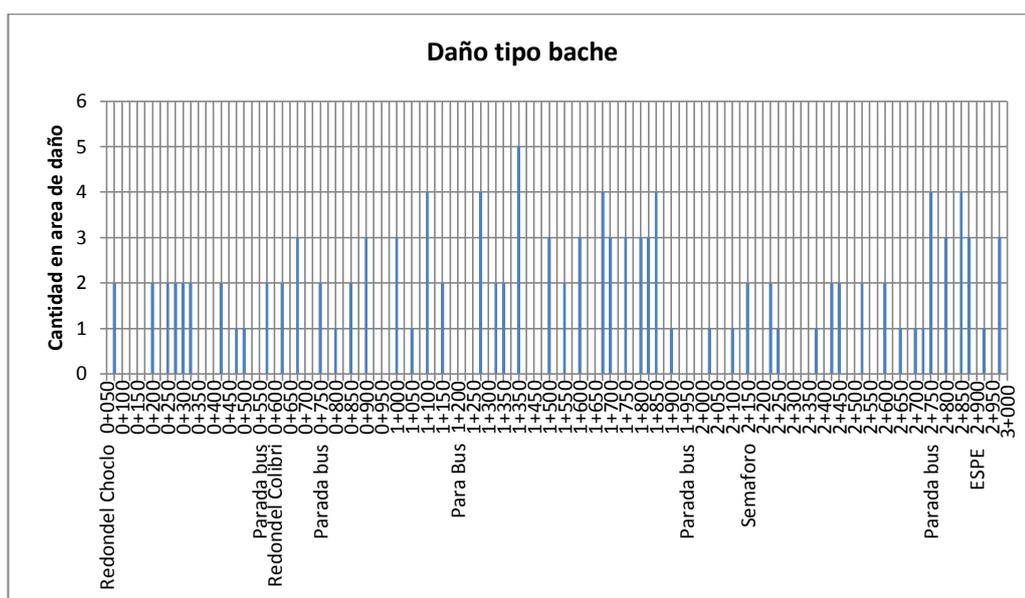


Figura 116. Daño tipo Bache.



Figura 117. Daño representativo tipo Bache.

6.1.10. Daño tipo surco de huella.

Dicha patología es atribuida al excesivo tráfico en zonas de frenado y arranque de vehículos, en la vía en cuestión se puede encontrar en paradas de buses y semáforos, se debe tener especial cuidado en este tipo de fallas debido a que solo es visible en caso de lluvias la misma que produce acumulación de agua que produce hidroplaneamiento.

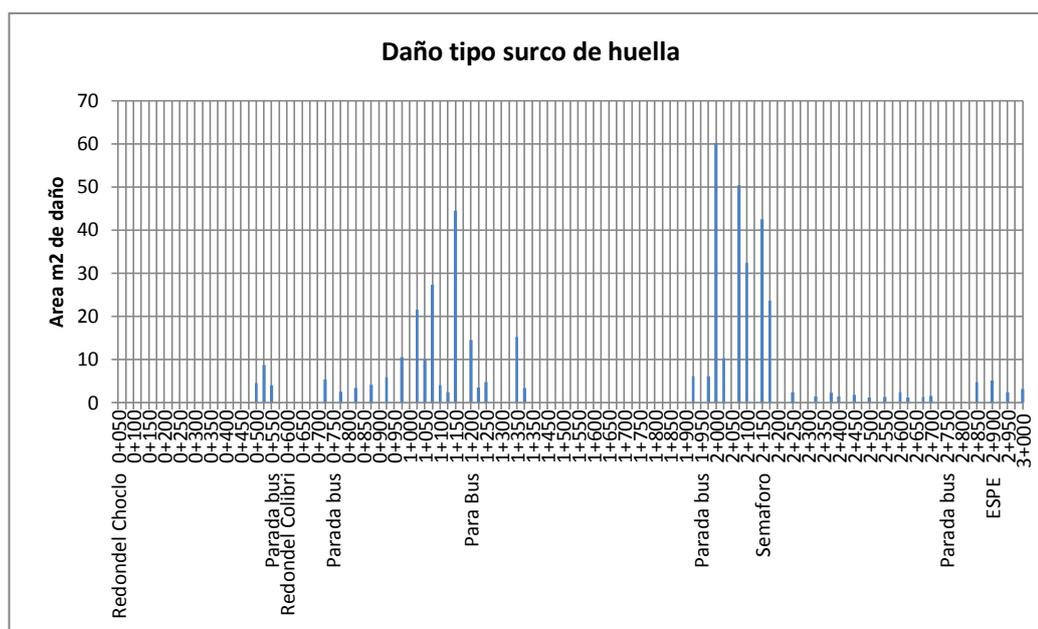


Figura 118. Daño tipo surco de huella.



Figura 119. Daño representativo surco de huella

6.1.11. Daño tipo grietas parabólicas.

Este tipo de patologías no es muy ocurrente en la vía en estudio simplemente en sitios puntuales como aproximaciones a paradas de buses.

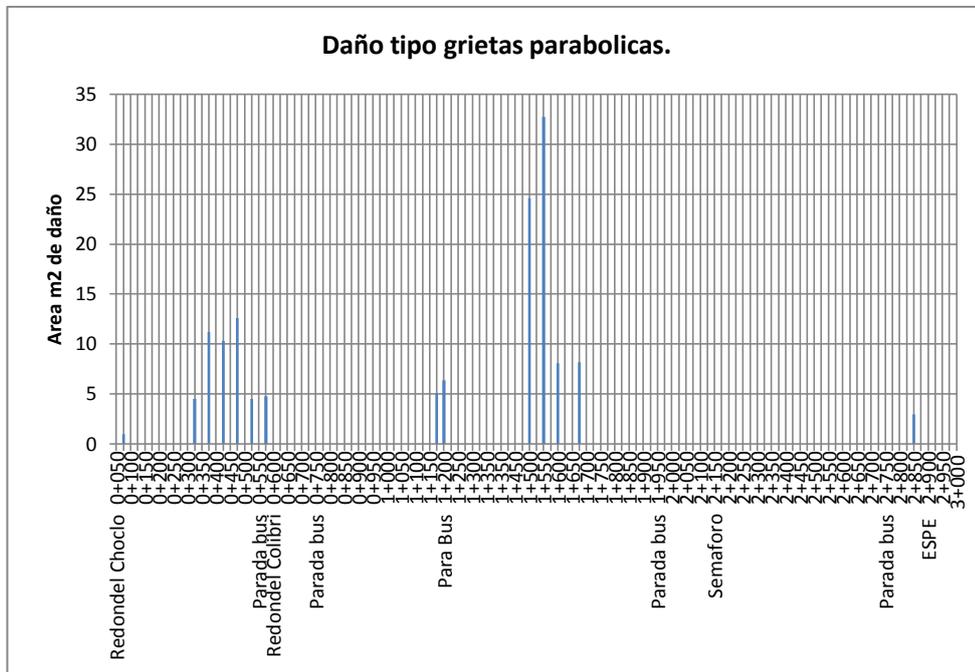


Figura 120. Daño tipo grietas parabólicas



Figura 121. Daño representativo tipo grieta parabólica

6.2. Inventario de fallas en pavimento Articulado.

A continuación se indica el resumen de daño para cada tipo de falla encontrado en el proceso de auscultación superficial para la totalidad de la Avenida Mariana de Jesús.

6.2.1. Daño tipo abultamiento.

Este tipo de daño no es muy visible en la vía, se puede encontrar en sitios puntuales de la misma, el nivel de severidad del daño es del tipo bajo con una flecha menor de 20mm

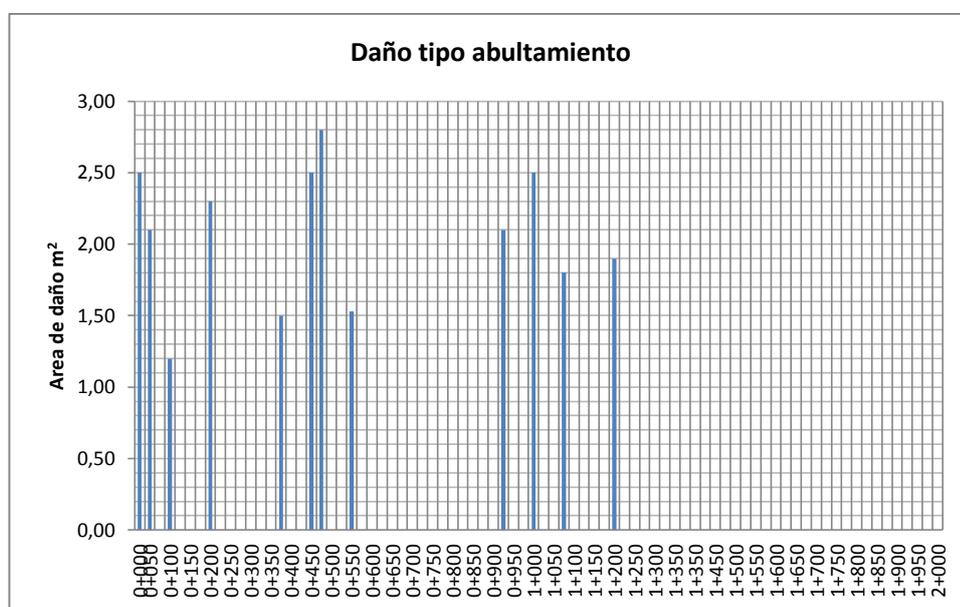


Figura 122. Falla tipo Abultamiento

6.2.2. Daño tipo Ahuellamiento.

Este tipo de daño es visible en sectores de circulación vehicular, dirigido en sentido del tráfico el sector predominante con este tipo de falla es la parte inicial del tramo de estudio, el nivel de severidad es bajo con una flecha menor de 20mm, se pudo identificar la existencia de Ahuellamiento en proximidades a reductores de velocidad.

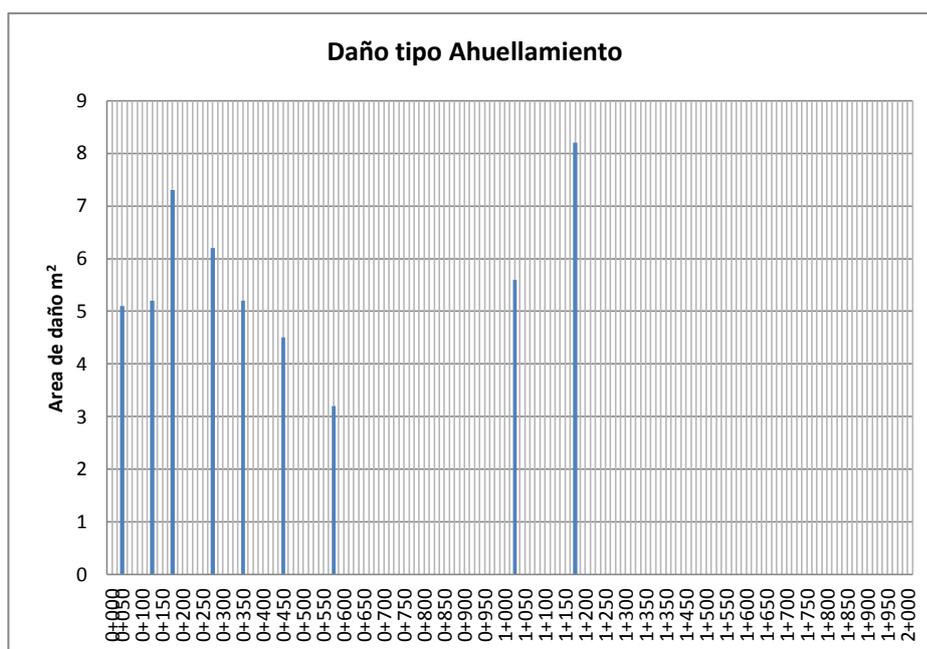


Figura 123. Falla tipo Ahuellamiento.

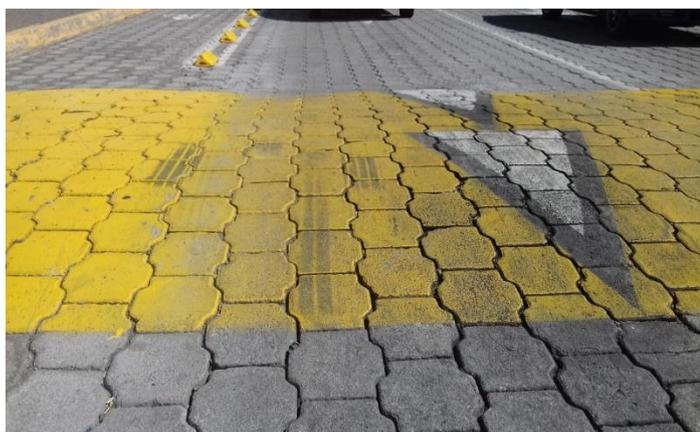


Figura 124. Daño representativo tipo Ahuellamiento.

6.2.3. Daño tipo desgaste superficial.

Este tipo de daño es predominante en la totalidad de la vía analizada la severidad de daño es baja, el daño es del tipo desgaste superficial aislado conjuntamente con esta patología se combina la del tipo pérdida de arena que ocasiona abrasión de las llantas sobre los adoquines, de acuerdo a Higuera y Pacheco (2010) este tipo de daño es ocasionado por la baja calidad de fabricación de los adoquines.

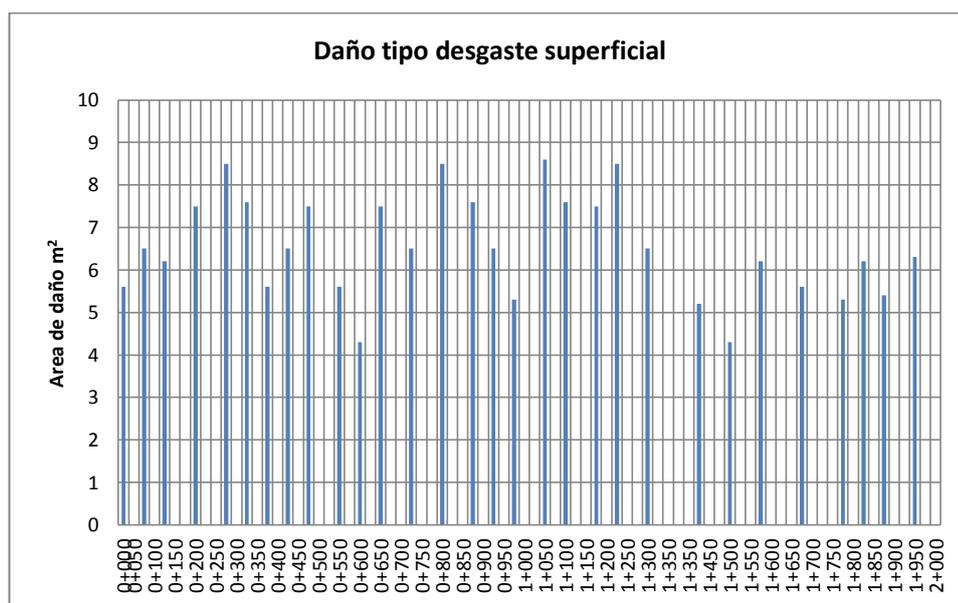


Figura 125. Falla tipo Desgaste superficial.

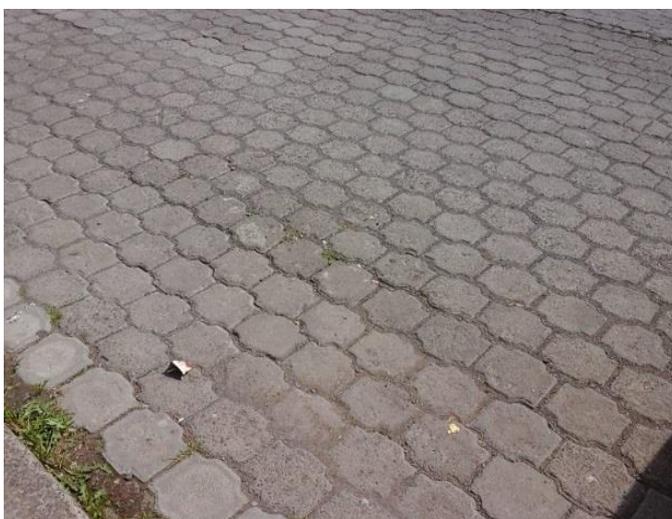


Figura 126. Daño representativo tipo Desgaste superficial

6.2.4. Daño tipo pérdida de arena.

Este tipo de falla se encuentra en la totalidad de la vía con un nivel de severidad bajo, la principal causa de la patología es la presencia de juntas de sellado de arena abiertas en ciertos sectores de la vía y el arrastre de material fino.

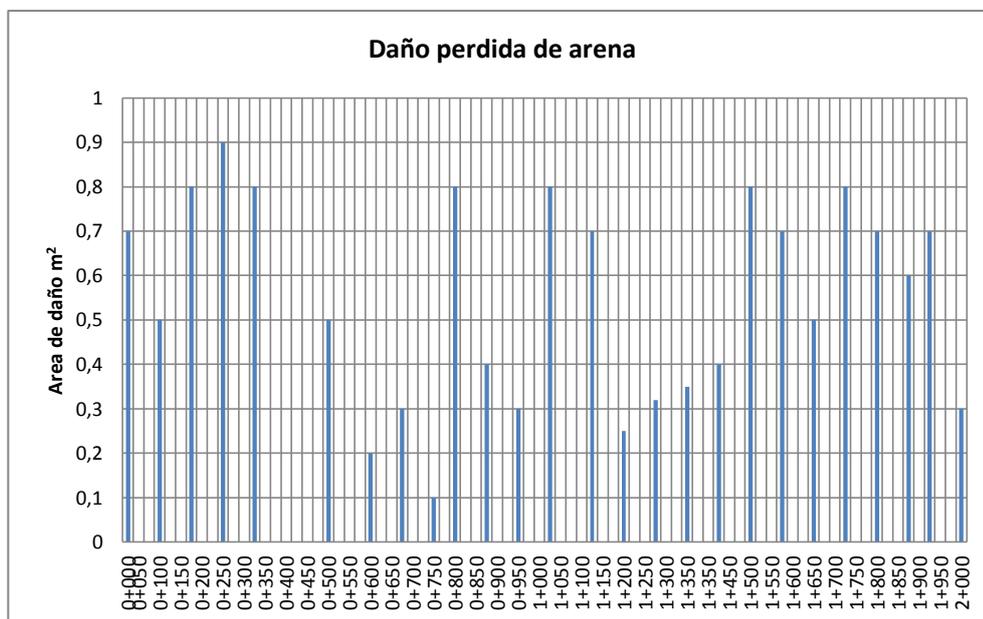


Figura 127. Falla tipo Pérdida de Arena.



Figura 128. Daño representativa tipo pérdida de arena

6.2.5. Daño tipo fracturamiento.

Este tipo de daño se presenta en intersecciones de la vía como desvío para calles paralelas, el nivel de severidad encontrado es bajo se puede atribuir este tipo de falla debido al excesivo tráfico de vehículos pesados en la zona

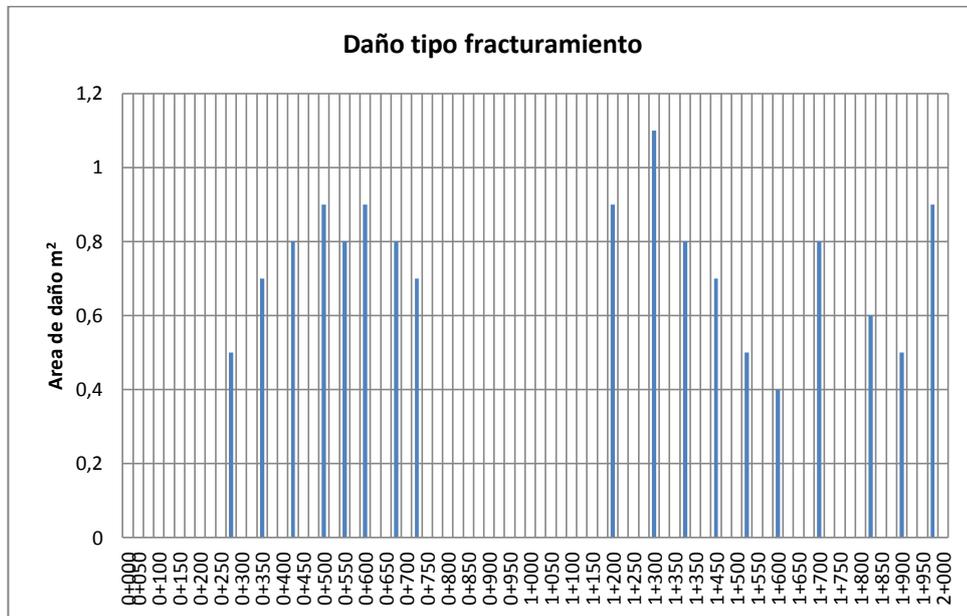


Figura 129. Falla tipo Fracturamiento.



Figura 130. Daño representativo tipo fracturamiento.

6.2.6. Daño tipo vegetación en calzada.

Este tipo de daño es presente en zonas de poca circulación, para el caso concreto de la vía de estudio esta se encontró con un gran porcentaje de ocurrencia hacia la parte final de la vía de estudio

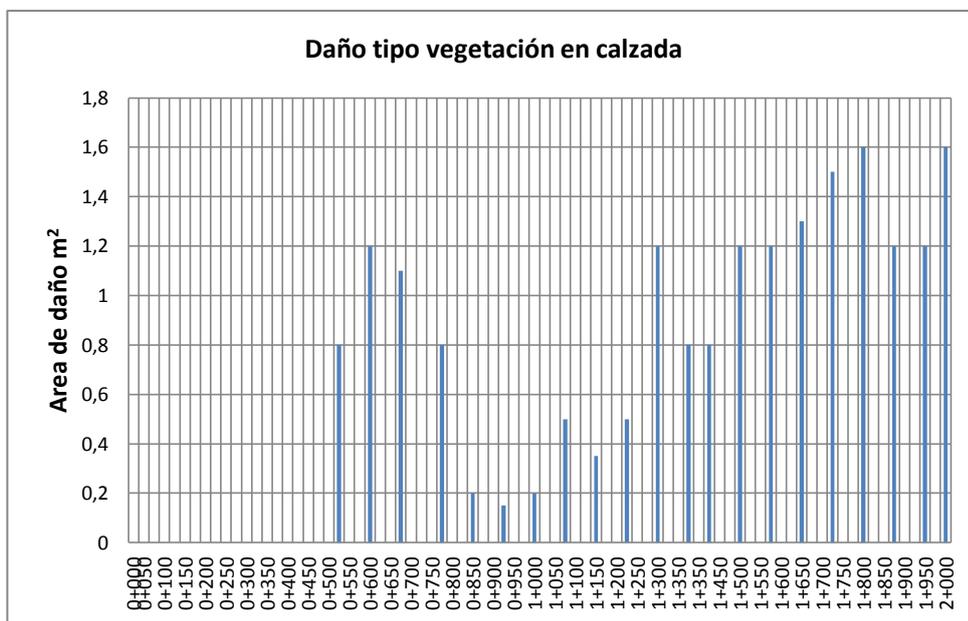


Figura 131. Falla tipo vegetación en calzada.



Figura 132. Daño representativo tipo vegetación en calzada.

6.3. Análisis de fallas en fiscalización.

6.3.1. Análisis para pavimento Flexible.

A continuación se indica la tabla resumen con los controles básicos que se deberá realizar in situ con el tipo de control por parte de fiscalización para evitar los diferentes tipos de fallas en pavimento flexible en la vía analizada y el porcentaje ocurrencia para cada control.

Tabla 47.
Resumen controles en Pavimento Flexible.

TIPO DE CONTROL	Porcentaje de ocurrencia
Control de valor de CBR	13,27%
Control de porcentaje de compactación.	17,35%
Verificación de tipo de Granulometría	9,18%
Verificación de espesores de diseño.	20,41%
Verificación de porcentaje de asfalto.	6,12%
Verificación de adherencia de la mezcla	2,04%
Verificación de adherencia entre base y carpeta	1,02%
Verificar cantidad de riego de imprimación.	1,02%
Verificar tipo de solución de imprimación	1,02%
Verificar barrido de superficie de imprimación	1,02%
Verificación de penetración de imprimación.	1,02%
Falta de mantenimiento Vial.	3,06%
Verificación de dosificación en planta.	1,02%
Verificación de viscosidad cemento asfáltico en planta	1,02%
Controlar riego de imprimación.	1,02%
Verificar juntas de construcción.	3,06%
Verificar riego de liga carpeta	2,04%
Verificar propiedades geotécnicas del suelo	2,04%
Verificación de porcentaje de vacíos mezcla asfáltica	2,04%
Controlar exceso de agregado fino en mezcla.	1,02%
Controlar el uso de asfaltos de baja penetración.	1,02%
Verificación de temperatura de tendido de carpeta asfáltica.	1,02%
controlar tipo de asfalto de acuerdo a condiciones Climáticas	1,02%
Verificar drenaje superficial.	3,06%
Controlar pendiente del proyecto.	1,02%
Controlar porcentaje de Filler.	1,02%
Verificar existencia de bordillos	1,02%
Verificar sellado de juntas	1,02%

Tabla 48.
Principales controles en pavimento flexible.

FALLAS PAVIMENTO FLEXIBLE		
FALLA	ESTRUCTURA	CONTROL FISCALIZACIÓN
PIEL DE COCODRILO	SUB RASANTE	Controlar valor de CBR de acuerdo a categoría de subrasante. Controlar porcentaje de compactación. Verificar Granulometría de material de mejoramiento. Verificar propiedades geotécnicas del suelo
	BASE	Controlar valor de CBR diseño. Controlar porcentaje de compactación. Verificar granulometría de diseño Verificación de espesor de diseño
	SUB BASE	Controlar valor de CBR diseño. Controlar porcentaje de compactación. Verificar granulometría de diseño Verificación de espesor de diseño
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificación espesor de diseño. Porcentaje de asfalto (alto porcentaje hace deformable la mezcla, deficiencia reduce el módulo de elasticidad) Verificación de porcentaje de vacíos. Verificar compactación de la capa. Verificación de juntas de mantenimiento.
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	SUB RASANTE	
	BASE	Verificación de espesor de diseño. Verificación de porcentaje de compactación. Control de granulometría diseño.
	SUB BASE	Verificación de espesor de diseño. Porcentaje de asfalto (alto porcentaje hace deformable la mezcla, deficiencia reduce el módulo de elasticidad) Verificar espesor de Diseño en mezcla.
	CARPETA DE RODAUDRA	Controlar tipo de asfalto de acuerdo a condiciones climáticas de la zona Verificación de temperatura de tendido de carpeta asfáltica. Controlar el uso de asfaltos de baja penetración. Controlar exceso de agregado fino en mezcla.

CONTINUA



FALLA	ESTRUCTURA	CONTROL FISCALIZACIÓN
HUNDIMIENTO O DEPRESIÓN	SUB RASANTE	Verificar CBR de acuerdo a nivel de subrasante. Verificar porcentaje de compactación. Verificar propiedades geotécnicas suelo. Verificar espesores de mejoramiento.
	BASE	Verificación de drenaje superficial. Verificación de porcentaje de compactación. Verificación de granulometría de diseño. Verificación CBR diseño.
	SUB BASE	Verificación de drenaje superficial. Verificación de porcentaje de compactación. Verificación CBR diseño
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificar deficiencia de compactación capa Verificación de porcentaje de asfalto
GRIETA DE BORDE	SUB RASANTE	Verificación de sistema de drenaje
	BASE	Controlar porcentaje de compactación. Verificar granulometría de diseño Verificación de espesor de diseño
	SUB BASE	Controlar porcentaje de compactación. Verificar granulometría de diseño Verificación de espesor de diseño
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificar existencia de bordillo. Inadecuado proceso de sellado de juntas
EXUDACIÓN	SUB RASANTE	
	BASE	Verificar cantidad de riego de Imprimación. Verificar tipo de solución de imprimación. Verificar barrido de superficie de imprimación.
	SUB BASE	
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificar porcentaje de asfalto mezcla. Verificar porcentaje de vacíos en mezcla. Verificar viscosidad cemento asfáltico en planta (asfaltos Blandos). Falta de Manteniendo (limpieza de solventes)

CONTINUA 

FALLA	ESTRUCTURA	CONTROL FISCALIZACIÓN
GRIETAS LONGITUDINALES	SUB RASANTE	
	BASE	Controlar riego de Imprimación
	SUB BASE	Controlar porcentaje de compactación. Verificar granulometría de diseño. Verificación de espesor de diseño
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificar exceso de filler en mezcla asfáltica. Verificar espesor de carpeta. Verificar porcentaje de asfalto. Controlar juntas de existente para mantenimiento. Controlar riego de liga.
PARCHEO DE CORTE	SUB RASANTE	
	BASE	
	SUB BASE	
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificar juntas de construcción. Verificar riego de liga carpeta
PULIMIENTO DE AGREGADO	SUB RASANTE	
	BASE	
	SUB BASE	
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificar adherencia del asfalto con los agregados. Verificación de dosificación de mezcla en planta. Verificar porcentaje de compactación de capa asfáltica Falta de mantenimiento (limpieza de agentes abrasivos)
DESNIVEL CARRIL - BERMA	SUB RASANTE	Controlar porcentaje de compactación. Verificar valor de CBR.
	BASE	Verificar espesor de diseño. Verificar porcentaje de compactación
	SUB BASE	Verificar espesor de diseño. Verificar porcentaje de compactación
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificar espesor de diseño.
BACHE	SUB RASANTE	Verificar valor de CBR de acuerdo a tipo de subrasante.
	BASE	Verificar la penetración de la imprimación. Verificación de espesores de diseño. Verificación CBR de diseño Verificación de porcentaje de compactación.
	SUB BASE	Verificación de espesores de diseño. Verificación CBR de diseño.
	CARPETA DE RODAUDRA	Falta de mantenimiento vial. Verificación de espesores de diseño.

CONTINUA



FALLA	ESTRUCTURA	CONTROL FISCALIZACIÓN
SURCO DE HUELLA	SUB RASANTE	Controlar valor de CBR de diseño
	BASE	Verificar espesor de diseño.
	SUB BASE	Verificar espesor de diseño.
	CARPETA DE RODAUDRA	Controlar pendiente del proyecto. Verificar espesor de diseño.
GRIETAS PARABOLICAS	SUB RASANTE	
	BASE	Verificar riego de adherencia entre base y carpeta asfáltica.
	SUB BASE	
	CARPETA DE RODAUDRA	Verificación de granulometría de mezcla asfáltica. Verificar porcentaje de asfalto de mezcla. Verificación adherencia de la mezcla

6.3.2. Análisis para pavimento Articulado.

A continuación se indica la tabla resumen con los controles básicos que se deberá realizar in situ con el tipo de control por parte de fiscalización para evitar los diferentes tipos de fallas en pavimento Articulados encontrados en la vía de análisis y el porcentaje ocurrencia para cada control.

Tabla 49.
Resumen controles pavimento Articulado.

Tipo de control	Porcentaje de ocurrencia
Insuficiente espesor de plantilla	2,86%
Insuficiente cantidad de material de emporado	2,86%
Verificar porcentaje de sedimento y arcillas en plantilla	2,86%
Insuficiente longitud de aparejo	2,86%
Falta de Guarnición lateral	5,71%
Aparejo de diámetro mayor al de diseño (2-3mm)	5,71%
Insuficiente pendiente	2,86%
Limpiar y reparar áreas defectuosas en sub base antes del tendido	2,86%
Controlar humedad, granulometría y compactación de la Capa de arena de plantilla	5,71%
Controlar tendido y compactación irregular de plantilla de arena	2,86%

CONTINUA 

Tipo de control	Porcentaje de ocurrencia
Inadecuado corte de adoquines en borde	2,86%
Mala colocación de primera hilera de adoquines	5,71%
Controlar vibración adoquines con placa vibradora	5,71%
Controlar humedad contaste en la arena en obra	2,86%
Verificar enrasado de arena	8,57%
Controlar transporte de adoquines	2,86%
Controlar valor de soporte california CBR	5,71%
Control de porcentaje de compactación.	5,71%
Verificación de tipo de Granulometría	2,86%
Verificación de espesores de diseño.	8,57%
Falta de mantenimiento Vial.	2,86%
Control de calidad de adoquín	5,71%
Verificación de propiedades geotécnicas del suelo	2,86%

Tabla 50.
Principales controles en pavimento articulado.

FALLAS PAVIMENTO ARTICULADO		
FALLA	ESTRUCTURA	CONTROL FISCALIZACIÓN
ABULTAMIENTO	SUB RASANTE	Verificar propiedades geotécnicas del suelo.
	SUB BASE	Controlar humedad, granulometría y Compactación de la capa de arena de plantilla.
	CAPA DE ADOQUIN	Verificar porcentaje de sedimento y arcillas en plantilla.
AHUELLAMIENTO	SUB RASANTE	Controlar valor de soporte californio CBR. Control de porcentaje de compactación.
	BASE	Limpiar y reparar áreas defectuosas en sub base antes del tendido. Control de porcentaje de compactación. Verificación de espesores de diseño.
	CAPA DE ADOQUIN	Controlar humedad, granulometría y compactación de la capa de arena de plantilla. Insuficiente espesor de plantilla verificar enrasado de arena. Control de porcentaje de compactación. controlar vibración adoquines con placa vibradora

CONTINUA



FALLA	ESTRUCTURA	CONTROL DE FISCALIZACIÓN
DESGASTE SUPERFICIAL	SUB RASANTE	
	BASE	
PERDIDA DE ARENA	CAPA DE ADOQUIN	Control de calidad de adoquín. Falta de mantenimiento Vial. Verificar enrasado de arena
	SUB RASANTE	
FRACTURAMIENTO	BASE	Verificar cantidad de material de emporado. Verificar longitud de aparejo. Insuficiente pendiente Aparejo de diámetro mayor al de diseño (2-3mm) Falta de Guarnición lateral. Controlar tendido y compactación Irregular de plantilla de arena.
	CAPA DE ADOQUIN	Mala colocación de primera hilera de adoquines Controlar valor de soporte california CBR
	BASE	Verificación de espesores de diseño. Verificación de tipo de Granulometría. Control de porcentaje de compactación. Verificación de espesores de diseño. Control de calidad de adoquín. <u>Inadecuado corte de adoquines en borde</u> Aparejo de diámetro mayor al de diseño (2-3mm) Mala colocación de primera hilera de adoquines Controlar vibración adoquines con placa vibradora
	CAPA DE ADOQUIN	Verificar enrasado de arena Controlar transporte de adoquines
VEGETACIÓN EN LA CALZADA	SUB RASANTE	
	BASE	Falta de mantenimiento Vial. Aparejo de diámetro mayor al de diseño (2-3mm). Verificar colocación de primera hilera de adoquines.
	CAPA DE ADOQUIN	Falta de Guarnición lateral

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. CONCLUSIONES.

- Se determinó que la condición actual en cuanto a control de calidad establecido para dimensiones y resistencia a la compresión para los adoquines extraídos de la Avenida Mariana de Jesús no cumple con las recomendaciones planteadas por la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-2012.
- Se determinó que la mezcla de diseño Promedio, planteado para la Avenida General Rumiñahui cumple para granulometría de agregado Grueso sin embargo para granulometría de agregado fino esta se encuentra fuera del rango previsto por la Norma de diseño MTOP F001 , lo mismo que se puede ver reflejado en problemas de falta de compactación.
- Se valoró la condición actual del pavimento flexible para la Avenida General Rumiñahui, de acuerdo a la metodología VIZIR y PAVER con una calificación de regular lo mismo que indica un inmediato proceso de mantenimiento para evitar un aumento de costo y tiempo para los usuarios que utilizan esta vía.
- Se determinó que el contenido alto de asfalto influye directamente en las propiedades volumétricas de la mezcla, alcanzando variaciones y expansiones volumétricas bajo temperatura de trabajo sobre los 50°C.
- La metodología Propuesta por Higuera y Pacheco (2010) fue probada con el fin de poder realizar su valoración para el territorio Nacional y comprobar la coherencia de resultados reflejado en el Índice de Condición del Pavimento, se realizó un Inventario en la Vía Mariana de Jesús en una longitud de 2000 m y los resultados obtenidos se encuentran de acuerdo con el estado real del tramo en análisis a simple vista.

- Se determinó que la condición de soporte CBR establecido por el ensayo DCP para la avenida General Rumiñahui en el tramo del redondel del choclo es ineficiente lo mismo que indica que se realice un proceso mejoramiento de la Subrasante, la condición ineficiente de la Sub rasante se refleja en su alto porcentaje de fallas superficiales.
- Se determinó que el uso de la metodología propuesta por Higuera y Pacheco (2010), puede ser empleada para su uso en territorio nacional mediante la modificación de las curvas de calificación para cada tipo de falla de acuerdo a una valoración más amplia en un número mayor de carreteras nacionales.

7.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda se realice estudios de tráfico periódicamente, debido a que en sectores de alta crecimiento poblacional como es el caso del Cantón Rumiñahui las estimaciones del TPDA para el periodo de diseño pueden sub estimarse, lo que puede ocasionar un deterioro acelerado del Pavimento.
- Se recomienda se realice un proceso de mantenimiento frecuente, debido a que en sectores de la vía General Rumiñahui existe alcantarillas que no cuentan con sus respectivas tapas, lo mismo que puede ocasionar molestias y accidentes para los usuarios viales.
- Se recomienda el uso de la Metodología PAVER conjuntamente al método descrito por la Norma NEVI – 2012 para procesos de auscultación en pavimento flexible debido a que la metodología propuesta por NEVI – 2012 no completa ciertas Fallas y condiciones especiales a nivel de Geotecnia.
- Se recomienda emplear la Metodología propuesta por Higuera y Pacheco (2010) para diferentes vías del territorio Nacional , con el fin de poder realizar ajustes en parametros de calificación y de acuerdo a los datos de la experiencia poder plantear una Metodologia propia para uso en territorio Nacional.

- Se recomienda se realice un proceso de recapeo y reposición de mezcla asfáltica en caliente de la Avenida General Rumiñahui con un espesor aproximado de 7.5 cm debido a que se pudo valorar mediante el estudio estadístico de campo de la fisuras características presentes en la vía se encuentra a una profundidad máxima de 5cm.
- Se recomienda realizar diferentes tipos de mezclas asfálticas en la vía, considerando mezclas con un espesor mayor en zonas de parada vehicular para evitar fallas del tipo surco de huella y Ahuellamiento, de la misma manera se recomienda el uso de mezclas asfálticas con aditivos mejoradores de adherencia para evitar el alto contenido de asfalto el mismo que produce que la mezcla sea deformable.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.

- ASTM INTERNATIONAL . (2015). *Metodo de Prueba Estandar para el uso del Cono Dinamico Penetrómetro*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM INTERNATIONAL. (2008). *ASTM D 6433-07 Standart Practice for Roads and Parking lots Pavement Condition Index Surveys*. West Conshohocken: ASTM International.
- Ayala Trujillo, O. (2006). *ESTADÍSTICA FINANCIERA*. IBARRA, Imbabura, Ecuador : La Científica - Filosofía Empresarial.
- Carrion Estupiñan , E. (5 de Octubre de 2015). Mantenimiento Vial. (L. Arcos Ribadeneira , Entrevistador)
- Carrión Estupiñán, E. (2007). *Matenimiento Vial*. Quito, Pichincha, ECUADOR: LECE.
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia de Iberoamérica. (2002). *Catálogo de Deterioros de Pavimento Flexible* (Vol. XXI). Mexico, Mexico: Consejo de directores de carreteras de iberia e iberoamerica.
- Coronado, J. (2000). *Catalogo Centroamericano de daños a pavimento viales*. Guatemala: Consejo sectorial de ministros de transporte de Centro America .
- Federal Highway Administration. (2003). *Distress Indentification Manual*. Georgetown pike, EEUU: U.S. Department of Transportation.
- Gobierno de la Provincia de Pichincha. (2003). *Documento Técnico Ampliación a cuatro Carriles de la Vía Colibri - San Luis*. QUITO: GEOVIAL CIA. LTDA.
- Higuera Sandoval, C., & Pacheco Merchán, Ó. (2010). Patología de Pavimentos Articulados. *Ingenierias Universidad de Medellín*, 94.
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion INEN . (1986). *NTE INEN 1483 Adoquines Terminologia y Clasificación* . QUITO: INEN .
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1986). *INEN 1485 Determinación de la Resistencia a la Compresión* . Quito : INEN .

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1986). *INEN 1486 Determinación de las Dimensiones, Area Total y Area de Desgaste* . Quito: INEN .
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (1986). *INEN 1484 Adoquines Muestreo*. Quito : INEN.
- Jácome Mantilla, H. (2013). *Rendición de Cuentas 2013*. Gobierno Autonomo y Descentralizado del Cantón Rumiñahui. Sangolqui: Dirección de Comunicación GADMUR.
- Jácome Mantilla, H. (2014). *Plan de transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial*. Gobierno Autonomo y Descentralizado del Cantón Rumiñahui. Sangolqui: Dirección de Comunicación Social GADMUR.
- León, B., & Curco, C. (2013). *Influencia de aditivos mejoradores de adherencia en la resisitencia de hormigones asfálticos diseñados con agregados provenientes de las canteras de Pintag y Guallabamba*. Sangolqui: ESPE.
- Marrugo, C. (Junio de 2014). *Evaluación de la Metodología VIZIR como herramienta para la toma de Decisiones en la Intervenciones a realizar en los pavimentos Flexible*. Bogota, Colombia, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada .
- Ministerio de Obras publicas del Paraguay. (2009). *Manual de Carreteras del Paraguay, Normas para materiales y Ensayos de Materiales* (Vol. III). Asunción, Paraguay: Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones del Paraguay.
- Ministerio de transporte Instituto Nacional de Vías Colombia. (2006). *Manual para inspección visual de pavimentos flexibles*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia .
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Peru. (2014). *Manual de Carreteras:"Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos"*. (C. Arestegui Baca, Ed.) Lima, Peru: MACRO.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS DEL ECUADOR. (2013). *NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12* (Vol. III). QUITO: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS DEL ECUADOR.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR.
(2013). *NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12* (VOL. VI). QUITO,
ECUADOR: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS
DEL ECUADOR.

Municipio de Cantón Rumiñahui . (3 de agosto de 2006). Red Vial del Cantón
Rumiñahui. (M. d. Rumiñahui, Ed.) Sangolquí, Pichincha, Ecuador.

Pinilla Valencia, J. (9 de febrero de 2007). Auscultación, Calificación del estado
superficial y Evaluación económica de la carretera sector puente de la
Libertad. Manizales, Manizales, Colombia.

Radio Super K. (9 de 10 de 2010). *Radio Super K*. Obtenido de
http://radiosuperk1200am.blogspot.com/2009_07_01_archive.html

Rojas, F. (1 de Marzo de 2011). *Pavimentos* (Vol. 1). (I. F. Rojas, Ed.) Quito,
Pichincha, Ecuador: ESPE.

Yang, N. c. (1972). *Design of Funtional Pavements*. New York: McGraw Hill.