



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

Título del proyecto:

Evaluación del ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Chauca Chauca Milton Alfredo
Pomatoca Guamán Byron Rolando

Tutor:

Ing. Víctor Velásquez

Cotutor:

Ing. Milton Aldas

Riobamba – Ecuador

Año 2021 – 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, **Chauca Chauca Milton Alfredo, Pomatoca Guamán Byron Rolando**, con cédula de ciudadanía **060519166-7, 060481989-6**, autores del trabajo de investigación titulado: **“Evaluación del ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba”** certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 24 de noviembre del 2022



Chauca Chauca Milton Alfredo

ESTUDIANTE

C.I. 0605191667



Pomatoca Guamán Byron Rolando

ESTUDIANTE

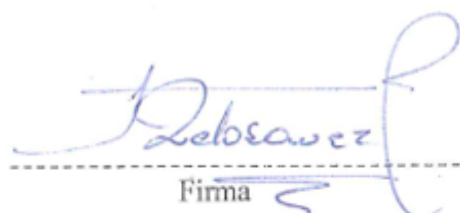
C.I. 0604819896

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Evaluación del ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba”, presentado por **Chauca Chauca Milton Alfredo, Pomatoca Guamán Byron Rolando**, con cédula de identidad número **060519166-7, 060481989-6**, certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 24 de Agosto del 2022.

Ing. Víctor Velásquez B, MsC.
Tutor



Firma

Ing. Ángel Paredes, MsC.
Miembro del Tribunal de Grado



Firma

Ing. Vladimir Pazmiño, MsC.
Miembro del Tribunal de Grado



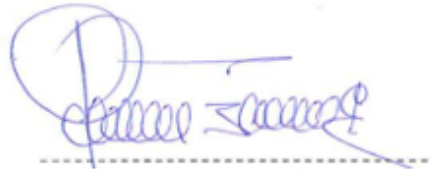
Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Evaluación del ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba”, presentado por **Chauca Chauca Milton Alfredo, Pomatoca Guamán Byron Rolando**, con cédula de identidad número **060519166-7, 060481989-6**, bajo la tutoría de Mg Víctor Rene Velásquez ; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 24 de noviembre del 2022.

Ing. Javier Palacios, MsC.
Presidente del tribunal



Ing. Ángel Paredes, MsC.
Miembro del Tribunal de Grado



Firma

Ing. Vladimir Pazmiño, MsC.
Miembro del Tribunal de Grado



Firma

CERTIFICACIÓN

Que, **POMATOCA GUAMÁN BYRON ROLANDO Y CHAUCA CHAUCA MILTON ALFREDO** con CC: **060481989-6; 060519166-7**, estudiantes de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN VÍAS ARTERIALES Y COLECTORAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA"**, cumple con el 5%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 24 de Noviembre de 2022



Ing. Víctor Velásquez B, MSc
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Quiero dedicar principalmente este trabajo a mis padres Teresa y José y mis hermanos, primos y tíos, por el apoyo incondicional en la formación de mi persona como profesional.

De igual manera quiero dedicar este trabajo a mi abuelita Mercedes por formar parte de mi vida, y los consejos que me brindaba, para alcanzar este sueño, y llenar de orgullo a mi madre, a mi abuelito Pedro allá en el cielo.

Byron Rolando Pomatoca Guamán

A mi madre en reconocimiento por la paciencia, dedicación, el acompañamiento y la enseñanza lo más valioso que pudo otorgarme y que me impulso a cada día querer mejorar. Por cada noche sin dormir, cada inversión, cada consejo.

A mis ejemplares docentes quienes forman parte principal de la educación pública mi sincero reconocimiento.

Milton Alfredo Chauca Chauca

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos alcanzar este sueño tan anhelado, de igual manera agradecemos a la Universidad Nacional de Chimborazo por habernos abierto las puertas y permitirnos formarnos como profesionales y seres humanos dispuestos a ayudar a la humanidad,

Agradecemos a nuestros tutores Ing. Víctor Velásquez y Ing. Milton Aldas por compartir sus conocimientos, en el desarrollo de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	21
1.1. Antecedentes.....	21
1.2. Planteamiento Del Problema.....	22
1.3. Justificación.....	22
1.4. Objetivos.....	23
1.4.1. General.....	23
1.4.2. Específicos.....	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Pavimento Rígido.....	24
2.2. Elementos de un Pavimento Rígido.....	24
2.2.1. Losa.....	24
2.2.2. Base y Sub-base.....	24
2.2.3. Sub-rasante.....	24
2.3. Tipos de Pavimentos Rígidos.....	25
2.3.1. Pavimento de Hormigón Simple.....	25
2.3.2. Pavimento de Hormigón Simple con Barras de Transferencia de Carga.....	25
2.3.3. Pavimento de Hormigón Reforzado.....	25
2.3.4. Pavimento de Hormigón con Refuerzo Continuo.....	26
2.3.5. Pavimento de Hormigón Pres-forzado.....	26
2.3.6. Pavimento de Hormigón Fibroso.....	26
2.4. Tipos de Fallas en Pavimentos Rígidos.....	26
2.4.1. Elevación.....	26
2.4.2. Grieta de Esquina.....	27
2.4.3. Losa Dividida.....	28
2.4.4. Grieta de Durabilidad “D”.....	29

2.4.5.	Escala.....	30
2.4.6.	Daño del Sello de la Junta	31
2.4.7.	Desnivel Carril / Berma.....	32
2.4.8.	Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, Transversales y Diagonales).....	33
2.4.9.	Parche Grande (Mayor de 0.5 m2) y Acometidas de Servicios Públicos.....	34
2.4.10.	Parche Pequeño (Menor de 0.5 m2).	35
2.4.11.	Pulimento de Agregados.....	36
2.4.12.	Desprendimiento.....	37
2.4.13.	Bombeo.....	38
2.4.14.	Punzonamiento	39
2.4.15.	Cruce de Vía Férrea.....	40
2.4.16.	Mapa de Grietas, Craquelado.	41
2.4.17.	Grietas de Retracción.....	42
2.4.18.	Rotura de Esquina.....	43
2.4.19.	Rotura de Junta.....	44
2.5.	Pavimentos Flexibles	45
2.5.1.	Definición	45
2.5.2.	Características.....	45
2.5.3.	Descripción de las capas según su funcionalidad.....	46
2.6.	Tipos de Fallas en Pavimentos Flexibles.	46
2.6.1.	Piel de Cocodrilo.	46
2.6.2.	Exudación.....	47
2.6.3.	Agrietamiento en Bloque.....	48
2.6.4.	Abultamientos y Hundimientos.....	49
2.6.5.	Corrugación.	50
2.6.6.	Depresión.....	51
2.6.7.	Grieta de Borde.....	52

2.6.8.	Grieta de Reflexión de Junta (Losas de Concreto de Cemento Portland).	52
2.6.9.	Desnivel Carril / Berma.	53
2.6.10.	Grietas Longitudinales y Transversales (No Son De Reflexión de Losas de Concreto de Cemento Portland).	54
2.6.11.	Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos.	55
2.6.12.	Pulimento de Agregados.	56
2.6.13.	Huecos.	57
2.6.14.	Cruce de Vía Férrea.	58
2.6.15.	Ahuellamiento.	59
2.6.16.	Desplazamiento.	60
2.6.17.	Grietas Parabólicas.	61
2.6.18.	Hinchamiento.	61
2.6.19.	Meteorización / Desprendimiento de Agregados.	62
2.7.	Índice de Condición Del Pavimento (PCI).	63
2.8.	Ciclo de Vida de los Pavimentos	64
2.8.1.	Construcción (Fase A).	64
2.8.2.	Deterioro Imperceptible (Fase B).	64
2.8.3.	Deterioro Acelerado (Fase C).	64
2.8.4.	Deterioro Total (Fase D).	64
2.9.	Tipos de Mantenimientos	65
2.9.1.	Mantenimiento Rutinario.	65
2.9.2.	Mantenimiento Periódico.	65
2.9.3.	Rehabilitación.	66
2.9.4.	Construcción.	66
2.10.	Nivel de servicio en las vías.	66
2.11.	Nivel de Servicio.	66
2.12.	Índice de Servicio Presente (Psi).	66

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	69
3.1. Tipo de Investigación	69
3.2. Diseño de Investigación	69
3.2.1. Revisión Bibliográfica	70
3.2.2. Determinación de las Vías Arteriales y Colectoras Para Estudiar de la Ciudad de Riobamba.	70
3.2.3. Recolección de Datos	73
3.2.4. Procedimiento Para Determinar el Estado de La Vía Método PCI	74
3.2.5. Rangos Establecidos por la Norma Para la Clasificación del PCI	78
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
4.1. Descripción de las vías según su orden y material que están conformados.....	79
4.2. Evaluación del estado funcional y estructural de las vías mediante el método PCI. .	79
4.2.1. Análisis de resultados de la vía arterial Licto – Riobamba.	79
4.2.2. Análisis de resultados de la vía arterial Leopoldo Freire	86
4.2.3. Análisis de resultados de la vía colectora José Joaquín de Olmedo	88
4.2.4. Análisis de resultados de la vía colectora Gaspar de Villaroel.....	91
4.2.5. Análisis de resultados de la vía colectora José Orozco	93
4.2.6. Análisis de resultados de la vía colectora José Veloz	95
4.2.7. Análisis de resultados de la vía arterial de pavimento rígido (Anillo Vial) ..	98
4.3. Análisis de nivel de servicio de las vías en estudio.	117
4.4. Posibles soluciones a las fallas existentes en las vías.	118
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122
5.1. Conclusiones	122
5.2. Recomendaciones.....	123
6. Bibliografía.....	124
7. Anexos	126
7.1. Anexo 1: Ficha de inspección pavimentos flexibles.....	126

7.2. Anexo 2: Ficha de inspección pavimento rígidos	127
7.3. Anexo 3: Ábacos para determinar el valor deducido en pavimentos flexibles.....	128
7.4. Anexo 4: Ábacos para determinar el valor deducido en pavimentos rígidos.....	131
7.5. Anexo 5: Calculo tipo de PCI para la vías en estudio.....	134
7.6. Anexo 6: Fotografías de levantamiento de datos de las vías en estudio.....	135

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Rangos de calificación para losa dividida	28
Tabla 2: Niveles de severidad para Escala	31
Tabla 3: Nivel de severidad para Punzonamiento	39
Tabla 4: Niveles de severidad para la rotura de esquina	43
Tabla 5: Niveles de Severidad rotura de Junta	44
Tabla 6: Niveles de severidad para huecos.....	57
Tabla 7: Rangos de calificación del PCI	63
Tabla 8: Intervención en base al PCI.....	66
Tabla 9: Rango de calificación PSI	67
Tabla 10: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI.....	68
Tabla 11: Distanciamiento de unidades de muestra	75
Tabla 12: Calificación mediante el método del PCI.....	78
Tabla 13: Vías arteriales según su orden y material.....	79
Tabla 14: Vías colectoras según su orden y material	79
Tabla 15: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Licto – Riobamba del tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km.	81
Tabla 16: Determinación del estado de la vía Licto – Riobamba tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km	82
Tabla 17: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Licto – Riobamba del tramo II 4+00 a 5+00 km.....	83
Tabla 18: Determinación del estado de la vía tramo II 4+00 a 5+00 km.	84
Tabla 19: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Licto – Riobamba del tramo III 8+00 a 9 km.....	85
Tabla 20: Determinación del estado de la vía tramo III 8+00 a 9 km.....	85

Tabla 21: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Leopoldo Freire.	87
Tabla 22: Determinación del estado de la vía Leopoldo Freire.	88
Tabla 23: Determinación del PCI para cada una de las muestras se la vía Olmedo.....	90
Tabla 24: Determinación del estado de la vía José Joaquín de Olmedo.	90
Tabla 25: Determinación del PCI para cada una de las muestras se la vía Gaspar de Villarroel.	92
Tabla 26: Determinación del estado de la vía Gaspar de Villarroel.....	93
Tabla 27: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía José Orozco ...	94
Tabla 28: Determinación del estado de la vía José Orozco.....	95
Tabla 29: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía José Veloz.....	97
Tabla 30: Determinación del estado de la vía José Veloz.	97
Tabla 31: Determinación del PCI para cada una de las muestras Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril derecho)	99
Tabla 32: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+205.....	100
Tabla 33: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho).....	102
Tabla 34: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.....	103
Tabla 35: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho)	104
Tabla 36: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.....	105
Tabla 37: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho).....	106
Tabla 38: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.	107
Tabla 39: Determinación del PCI para cada una de las muestras Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril Izquierdo).....	109
Tabla 40: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril izquierdo) km 00+00 hasta km 2+205.	110

Tabla 41: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo)	111
Tabla 42: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril izquierdo) km 00+00 hasta km 1+00.	112
Tabla 43: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo)	114
Tabla 44: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril izquierdo) km 00+00 hasta km 1+00.	115
Tabla 45: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo)	116
Tabla 46: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.	117
Tabla 47: Nivel de serviciabilidad de las vías en estudio en base a la norma AASHO y la relación con el PSI e IRI.....	118
Tabla 48: Matriz de alternativas de intervención en las diferentes vías analizadas de pavimento flexible	118
Tabla 49: Matriz de alternativas de intervención en las diferentes vías analizadas de pavimento rígido.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Losa de concreto	24
Figura 2: Partes del pavimento rígido	25
Figura 3: Falla tipo Elevación de severidad baja, media, alta.....	27
Figura 4: Falla tipo grieta de severidad baja, media, alta.....	28
Figura 5: Falla tipo Losa dividida con severidad baja, media, alta.	29
Figura 6: Falla tipo grieta de durabilidad "D" de severidad baja, media, alta.....	30
Figura 7: Falla tipo escala de severidad baja, media, alta.	31
Figura 8: Daño de sello en la junta severidad baja, media y alta.	32
Figura 9: Falla tipo desnivel carril/berma severidad baja, media, alta.....	33
Figura 10: Falla tipo grietas lineales de severidad baja, media, alta.....	34
Figura 11: Falla tipo parche grande severidad baja, media y alta.	35
Figura 12: Falla tipo parche pequeño de severidad baja, media, alta.....	36

Figura 13: Falla tipo pulimientos de agregados	37
Figura 14: Falla tipo desprendimiento.	38
Figura 15: Falla por bombeo	39
Figura 16: Falla tipo punzonamiento severidad baja, media, alta.....	40
Figura 17: Falla tipo cruce de vía férrea severidad baja, media, alta.....	41
Figura 18: Falla tipo, Mapa de Grietas, Craquelado severidad baja, media, alta.....	42
Figura 19: Falla tipo grietas de contracción o retracción.....	42
Figura 20: Falla tipo rotura de esquina severidad baja, media, alta.....	44
Figura 21: Rotura de junta severidad baja, medio, alta.....	45
Figura 22: Esquema de pavimento flexible.....	46
Figura 23: Falla piel de cocodrilo severidad baja, media, alta.....	47
Figura 24: Falla tipo exudación de severidad baja, media, alta.....	48
Figura 25: Falla tipo grietas en bloque de severidad baja, media, alta.....	49
Figura 26: Falla tipo abultamientos y hundimientos de severidad baja, media, alta.....	50
Figura 27: Falla tipo corrugación de severidad baja, media, alta.....	51
Figura 28: Falla tipo depresión de severidad baja, media, alta.....	51
Figura 29: Falla tipo grieta de borde severidad baja, media, alta.....	52
Figura 30: Falla tipo grieta de reflexión de junta de severidad baja, media, alta.....	53
Figura 31: Falla tipo desnivel de carril severidad baja, medio, alta.....	54
Figura 32: Falla tipo grietas longitudinales y transversales de severidad baja, medio, alta.	55
Figura 33: Falla tipo parcheo de acometidas de servicio públicos de severidad baja, media, alta	56
Figura 34: Falla tipo pulimientos de agregados	57
Figura 35: Falla tipo hueco de severidad baja, media, alta.....	58
Figura 36: Falla tipo cruce de vía férrea de severidad baja, media, alta.....	59
Figura 37: Falla tipo ahuellamiento de severidad baja, media, alta.....	60
Figura 38: Falla tipo desplazamiento de severidad baja, media, alta.....	60
Figura 39: Falla tipo grieta parabólica de severidad baja, media, alta.....	61
Figura 40: Falla tipo hinchamiento	62
Figura 41: Falla tipo meteorización / desprendimiento de agregados de severidad baja, media, alta.....	63
Figura 42: Ciclo de vida del pavimento	65

Figura 43: Calidad del pavimento para valores dados de IRI o PCI.....	67
Figura 44: Diagrama metodológico	70
Figura 45: Vía arterial Licto – Riobamba con una longitud de 10 km	71
Figura 46: Vía Arterial Leopoldo Freire con una longitud de 2.3 km	71
Figura 47: Vía Arterial Anillo vial con una longitud de 22 km	71
Figura 48: Vía colectora Gaspar de Villarroel con una longitud de 1.8 km	72
Figura 49: Vía colectora José Joaquín de Olmedo con una longitud de 2.7 km	72
Figura 50: Vía colectora José Veloz con una longitud de 2.4 km.....	72
Figura 51: Vía colectora José Orozco con una longitud de 3 km	73
Figura 52: Valor Deducido Total pavimento flexible	77
Figura 53: Valor Deducido Total pavimento rígido.....	77
Figura 54: Vía arterial Licto - Riobamba a ser analizada con una longitud de 10 km.....	80
Figura 55: Fallas en porcentajes de la vía Licto – Riobamba del tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km en estudio.....	80
Figura 56: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Licto – Riobamba del tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km	82
Figura 57: Fallas en porcentajes de la vía Licto – Riobamba del tramo II 4+00 a 5+00 km en estudio.....	83
Figura 58: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Licto – Riobamba del tramo II 4+00 a 5+00 km.	84
Figura 59: Fallas en porcentajes de la vía Licto – Riobamba del tramo III 8+00 a 9 km ..	84
Figura 60: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Licto – Riobamba del tramo III 8+00 a 9 km.	85
Figura 61: Vía Arterial Leopoldo Freire con una longitud de 2.3 km	86
Figura 62: Fallas en porcentajes de la vía Leopoldo Freire	87
Figura 63: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Leopoldo Freire.....	88
Figura 64: Vía Colectora José Joaquín de Olmedo a ser analizada con una longitud de 2.7 km.....	89
Figura 65: Fallas en porcentajes de la Vía José Joaquín de Olmedo	89
Figura 66: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía colectora José Joaquín de Olmedo	90
Figura 67: Vía Colectora Gaspar de Villarroel a ser analizada con una longitud de 1.8 km.	91

Figura 68: Fallas en porcentajes de la Vía José Joaquín de Olmedo	91
Figura 69: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía colectora Gaspar de Villaroel.....	92
Figura 70: Vía José Orozco a ser analizada	93
Figura 71: Fallas en porcentajes de la vía José Orozco	94
Figura 72: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía José Orozco	95
Figura 73: Vía José Veloz a ser analizada.....	96
Figura 74: Fallas en porcentajes de la vía José Veloz.....	96
Figura 75: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía José Veloz	97
Figura 76: Tramo Mayorista – Redondel de San Luis a ser analizada.....	98
Figura 77: Fallas en porcentajes del Tramo Mayorista – Redondel de san Luis a ser analizada.	99
Figura 78: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril derecho)	100
Figura 79: Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho) a ser analizada	101
Figura 80: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho) a ser analizada.....	101
Figura 81: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho)	103
Figura 82: Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho) a ser analizada	103
Figura 83: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho) a ser analizada.....	104
Figura 84: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho).....	105
Figura 85: Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) a ser analizada	105
Figura 86: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) a ser analizada.....	106
Figura 87: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho)	107
Figura 88: Tramo Mayorista – Redondel de san Luis a ser analizada.	108

Figura 89: Fallas en porcentajes del Tramo Mayorista – Redondel de San Luis a ser analizada.	108
Figura 90: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril Izquierdo).....	109
Figura 91: Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo) a ser analizada	110
Figura 92: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo) a ser analizada.....	111
Figura 93: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo)	112
Figura 94: Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo) a ser analizada	113
Figura 95: Fallas en porcentaje del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo) a ser analizada.....	113
Figura 96: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo)	114
Figura 97: Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo) a ser analizada	115
Figura 98: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo) a ser analizada.....	116
Figura 99: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo)	117

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivos evaluar el ciclo de vida de los pavimentos, clasificar las vías según su tipología y material, valorar el estado funcional y estructural mediante el método PCI (Índice de Condición Del Pavimento) además se verificará el PSI (Índice de Serviciabilidad Presente) de los pavimentos flexibles y rígidos de las vías arteriales (Anillo vial, Leopoldo Freire, Licto-Riobamba) y colectoras (Gaspar de Villarroel, José Orozco, José Veloz, Olmedo) de La ciudad de Riobamba.

Para evaluar los pavimentos aplicamos la normativa ASTM 6433-11, la cual se basa en el método PCI, de forma criteriosa se realizó la recolección de datos la cual llevaría mucho tiempo y recursos por esta razón aplicamos el proceso de muestreo para que el diagnóstico de la infraestructura vial pueda alcanzar un número determinado de unidades de muestra.

Realizamos fichas técnicas con el fin de identificar las patologías de los pavimentos flexibles y de igual manera para el caso de los pavimentos rígidos. El nivel de severidad será en porcentaje (%) este resultado es conocido como la densidad por unidad de muestreo. Para el cálculo de los valores deducidos se debe determinar el índice de condición del pavimento este se obtiene mediante los ábacos según la patología superficial del pavimento.

En cuanto al número máximo de fallas permitidas serán ordenados de mayor a menor con un máximo de 10 deducciones. Una vez establecido el número de fallas permitidas se determina el número máximo de puntos a corregir para ejecutar la deducción se suma los valores de deducción y luego se interseca con el valor de q (número deducidos mayores que 2), y se obtiene el valor máximo corregido CDV (valor deducido corregido).

De acuerdo con los rangos que establece la ASTM 6433-11. La clasificación del PCI para pavimentos rígidos y flexibles se determina con la ecuación; $PCI = (100 - CVD)$ este valor se encuentra en el rango de 0 a 100 y corresponde a la calificación de la estimación realizada.

Con la tabulación de datos y análisis de resultados se procedió a verificar la calificación de cada una de las vías de estudio y el estado funcional en el que se encuentra el pavimento para vías arteriales (Anillo vial-96.05-Excelente, Licto-Riobamba-60.72-Buena, Leopoldo Freire-46.85-Regular, Olmedo-89.79-Excelente, Gaspar de Villarroel-91.83-Excelente, José Veloz-75.54-Excelente, José Orozco-74.93-Excelente) de la ciudad de Riobamba.

Palabras claves: Pavimento, PCI, Patologías, Psi, Severidad, L (Bajo), M (Medio), H (Alto).

ABSTRACT

The research's general objective was to evaluate the life cycle of the rigid and flexible pavement of the arterial roads (Anillo vial, Licto – Riobamba, Leopoldo Freire) and collectors (Olmedo, Gaspar de Villaroel, José Veloz, José Orozco) of Riobamba city.

The following methodology was used, a non-experimental type, because it is only responsible for observing the damage in the natural state of the pavement, to then be studied, without the use of a laboratory. The research technique that will be used is the direct visual inspection (observation) in the study area, and the instrument is a manual of the different damages existing in the rigid and flexible pavements and the method of verification of the state of the pavement PCI (Pavement Condition Index), which is based on the North American standard ASTM D6433-11, by means of which the quality of the pavement can be determined according to the existing damages in the roads and its level of severity qualifying it in a range of (0- Failed to 100- Excellent). The study population is all arterial and collecting routes of the city of Riobamba and the sample is represented by arterial routes (Anillo vial, Licto – Riobamba, Leopoldo Freire) and collectors (Olmedo, Gaspar de Villaroel, José Veloz, José Orozco).

The functional and structural status of the arterial and collecting roads of the city of Riobamba was determined by the PCI verification method (Pavement Condition Index), resulting in values for each of the roads under study (Anillo Vial-95.6-Excellent, Licto-Riobamba-60.72-Buena, Leopoldo Freire-46.85-Regular, Olmedo-89.71Excellent, Gaspar de Villaroel-91.83-Excellent, José Orozco-70.64,-Very Good, José Veloz-72-Very good.), according to the curve of deterioration of the pavement need a periodic maintenance the Licto – Riobamba, Leopoldo Freire roads, in the same way for the Olmedo, Gaspar de Villaroel, José Orozco and José Veloz roads must be intervened with routine maintenance with the aim of prolonging the useful life cycle of the pavement and reducing operation and maintenance costs to users and the state.

Keywords: Pavement, PCI, Pathologies, PSI, Severity, L (Low), M (Medium), H (High).



Reviewed by:
Danilo Yépez Oviedo
English professor UNACH
0601574692

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

La Dirección de Vialidad del (MTO) Ministerio de transporte Obras Públicas es la institución responsable de la conservación del patrimonio vial del país, teniendo entre sus funciones, ejecutar distintas obras de construcción, reconstrucción o mantenimiento vial, con el fin de brindar a los usuarios seguridad y confort al transitar por las distintas vías del país (Miranda, 2010).

La Red Vial facilita a los usuarios desplazarse de un lugar a otro; desde el punto de vista económico se convierte en uno de los pilares principales que dan movimiento a la economía, a través de ella se transportan toda clase de producción agrícola, de igual manera la industria moviliza sus materias primas y sus productos. Todas estas actividades a las que está sujeta una Red Vial genera una circulación vehicular a gran escala, provocando el deterioro total o parcial del pavimento flexible o rígido con el paso del tiempo, en ocasiones a ritmos acelerados (Bardales & Cheng, 2013).

Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación de las estructuras de pavimentos rígidos y flexibles se van haciendo cada vez más complicados, a medida que se deterioran con el tiempo y con el tránsito. El énfasis en la administración de pavimentos es la preservación de la inversión inicial mediante la aplicación oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y rehabilitación para prolongar la vida del pavimento (Martinez, 2015).

El PCI permite calificar al pavimento mediante una inspección visual del tipo de daños superficiales, identificándolos, cuantificándolos y evaluando su nivel de incidencia sobre el pavimento y se calcula en base al método estandarizado de la norma ASTM D6433-11 (Chavez & Peñarreta, 2019).

La investigación pretende evaluar como es el ciclo de vida útil del pavimento rígido y flexible, elaborar curvas o diagramas de barras en función del deterioro del pavimento a lo largo del tiempo, el cual facilitará la toma de decisiones, respecto a la planificación de mantenimiento vial, prolongando la vida útil de las vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba.

1.2. Planteamiento Del Problema

Un sistema vial urbano desempeña dos funciones, da acceso a las propiedades colindantes, permite la circulación, creando los intercambios entre las diversas funciones que se desarrollan en una ciudad y facilita la movilización de sus habitantes (Ingeniería de transporte, 2016).

Las vías arteriales permiten ligaciones interurbanas, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales (Ingeniería de transporte, 2016).

Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes (Ingeniería de transporte, 2016).

El sistema vial es el principal soporte de los flujos generados por las actividades urbanas, determinando la localización de las actividades urbanas y sus limitaciones de expansión, por lo que es de gran importancia tener las vías en excelentes condiciones en base a una planificación adecuada del mantenimiento de las vías a lo largo del tiempo.

1.3. Justificación

Ante el incremento del parque automotor en la ciudad de Riobamba, de forma acelerada debido al comercio, turismo. etc., resulta de interés conocer el estado estructural y de serviciabilidad de las distintas vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba, y a partir de estos estudios adoptar medidas que permitan prevenir el deterioro acelerado de las vías prolongando su vida útil para el cual fueron diseñados.

La presente investigación surge de la necesidad de estudiar el ciclo de vida útil del pavimento rígido y flexible, con el propósito de identificar los diferentes daños a lo largo de las diferentes vías de la ciudad de Riobamba, y crear estrategias para reducir el deterioro acelerado de las vías arteriales o colectoras de la ciudad.

La investigación busca proporcionar información que será útil a las entidades públicas de la ciudad, encargadas de brindar seguridad y confort a los usuarios de las distintas vías de la ciudad, y de esta manera tomen decisiones para prolongar la vida útil del pavimento.

La investigación es viable pues se dispone de los recursos necesarios para determinar el estado de las vías, con los diferentes conocimientos adquiridos en las aulas de clase como son el método de PCI (Índice de condición de pavimento).

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Evaluar el ciclo de vida del pavimento rígido y flexible de las vías arteriales (Anillo vial, Licto – Riobamba, Leopoldo Freire) y colectoras (Olmedo, Gaspar de Villarroel, José Veloz, José Orozco) de la ciudad de Riobamba.

1.4.2. Específicos

- Clasificar las vías según su orden y material con el que se encuentra construida, para su posterior análisis del ciclo de vida.
- Evaluar el estado funcional y estructural de las vías en estudio, mediante el método de verificación PCI.
- Determinar el nivel de servicio de las vías en estudio.
- Proponer soluciones según los daños existentes en las diferentes vías analizadas en la presente investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos son estructuras de concreto hidráulico que poseen una alta resistencia a esfuerzos provocados por el tránsito vehicular y son capaces de resistir ciertos esfuerzos a tensión (Monsalve Escobar et al., 2012).

En la **figura 1** se representa el esquema de la losa de pavimento de concreto

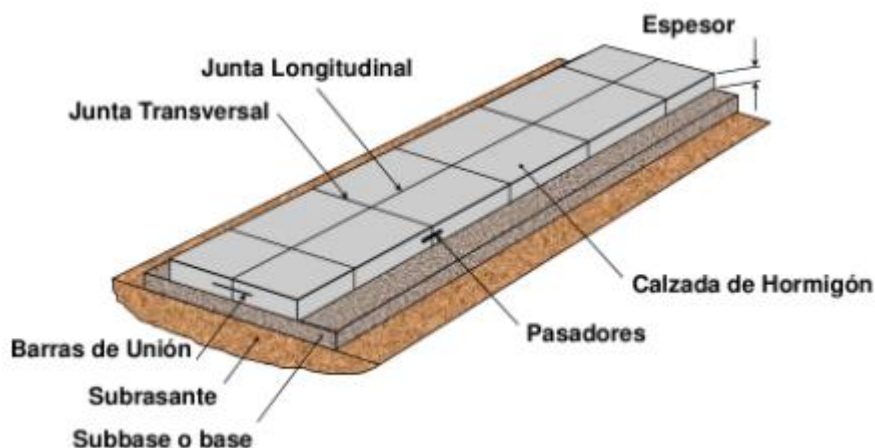


Figura 1: Losa de concreto

Fuente: (Monsalve Escobar et al., 2012)

2.2. Elementos de un Pavimento Rígido.

2.2.1. Losa.

La losa se refiere a la parte superior del pavimento, en el cual los esfuerzos están distribuidos de acuerdo con la rigidez de la losa, provocando que los esfuerzos generados por el tránsito lleguen con menor intensidad a las capas inferiores base y sub-base (Montalvo, 2015).

2.2.2. Base y Sub-base.

Estas capas son las encargadas de recibir los esfuerzos generados por el tránsito, pero en estos casos los esfuerzos que reciben son de menor intensidad por ser un pavimento rígido, de igual manera tiene como función drenar y proteger a la capa superior evitando el ascenso del agua (Montalvo, 2015).

2.2.3. Sub-rasante.

Esta es la capa de suelo natural donde se apoya el pavimento, el cual tiene como función principal brindar estabilidad a la estructura de pavimento rígido (Montalvo, 2015). En la siguiente **figura 2** se observa cómo está conformado un pavimento rígido.

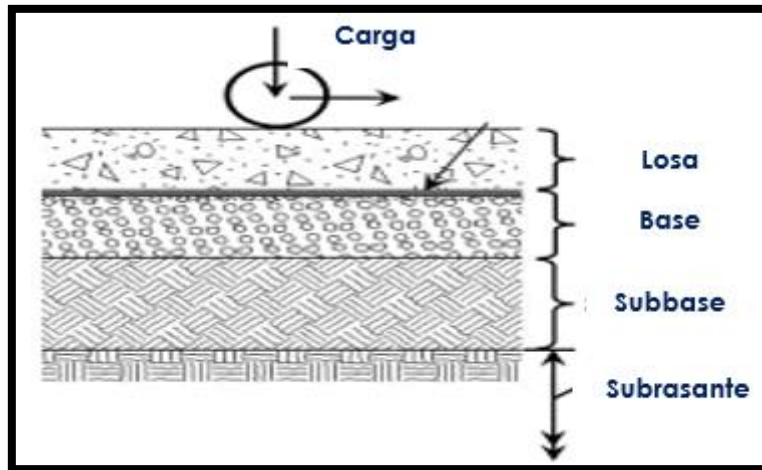


Figura 2: Partes del pavimento rígido

Fuente: (Montalvo, 2015)

2.3. Tipos de Pavimentos Rígidos

Existen 5 tipos de pavimentos rígidos:

2.3.1. Pavimento de Hormigón Simple.

Su elaboración se lo realiza sin acero de refuerzo y sin barras de transmisión de cargas en las juntas. Esta transmisión se logra a través de la interacción entre los agregados de las dos caras agrietadas de las losas continuas formadas por el corte de la junta. Para que la transmisión de la carga sea eficaz, es preciso tener losas cortas. Este tipo de pavimento es recomendable para volúmenes de tráfico bajo (Montiel, 2010).

2.3.2. Pavimento de Hormigón Simple con Barras de Transferencia de Carga.

Su elaboración se lo realiza sin acero de refuerzo; pero están compuestas por barras de acero lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transmisión de cargas, para lo cual se requiere losas cortas para evitar el agrietamiento (Montiel, 2010).

2.3.3. Pavimento de Hormigón Reforzado.

Su elaboración se lo realiza con acero de refuerzo y pasa-juntas en las juntas de contracción, este tipo de pavimento se realiza con separaciones entre juntas superiores, a diferencia de los pavimentos convencionales. Debido a esto se generen fisuras transversales entre las juntas, las cuales se mantienen cerradas gracias al acero de refuerzo, generando una excelente transmisión de cargas a través de ellas (Montiel, 2010).

2.3.4. Pavimento de Hormigón con Refuerzo Continuo.

Este tipo de pavimento esta construidos sin juntas de contracción. Por estar compuestos de acero en la dirección longitudinal, estos pavimentos tienden a generar fisuras transversales en intervalos muy cortos. Sin embargo, por el hecho de contar con acero de refuerzo, se genera una gran transmisión de cargas en las caras de las fisuras (Montiel, 2010).

Por lo general el espaciamiento de juntas no excederá los 4.5m, debido a que en este rango tiene un excelente comportamiento en pavimentos de hormigón simple, así como no mayor a 6m en pavimentos con pasa juntas, ni superior a 12 m en pavimentos reforzados. Espaciamientos mayores a estos ocasionan deterioros en las juntas y fisuras transversales intermedias (Montiel, 2010).

2.3.5. Pavimento de Hormigón Pres-forzado.

Su elaboración se lo realiza a base de losas que han sido previamente esforzadas, y de esta forma no contienen juntas de contracción. Se han puesto a prueba varios sistemas de pres-fuerzo y postensado, con el objetivo de llegar a obtener pavimentos excelentes con espesores reducidos, gran elasticidad, capacidad de soporte de cargas, y reducción de juntas. Gracias a este sistema se ha logrado construir losas con más de 120 m de longitud con una reducción de 50% del espesor de la losa. Sin embargo, en la colocación de estas losas en carreteras trajo más dificultades que ventajas (Montiel, 2010).

2.3.6. Pavimento de Hormigón Fibroso.

Su elaboración se lo realiza a base de fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio distribuidos aleatoriamente, gracias a esto se obtienen beneficios como aumento de la resistencia a la tensión y a la fatiga, figuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad. Etc. con una dosificación de 40 kg/m³ de hormigón, se puede llegar a reducir un 30% del espesor de la losa y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que este pavimento es muy atractivo para su ejecución a pesar de su costo (Montiel, 2010).

2.4. Tipos de Fallas en Pavimentos Rígidos

2.4.1. Elevación.

Este tipo de falla es más frecuente en las épocas de clima cálido, por lo general ocurre en una fisura o junta transversal el cual no tiene el espacio necesario para que la losa pueda expandirse. La abertura se vuelve insuficiente por el ingreso de materiales sólidos en el espacio de la junta o grieta, la losa tiende a elevarse en sus bordes. (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

Baja: El tránsito se ve afectado con un nivel de severidad bajo.

Media: El tránsito se ve afectado con un nivel de severidad medio.

Alta: El tránsito se ve afectado con un nivel de severidad alto.

Medida

En una grieta la falla tipo elevación se contabiliza como afectación a una losa. Pero, en el caso que ocurra en una junta está debe ser considerados como afectación a dos losas. Cuando la severidad de la elevación permite que el pavimento ya no se pueda utilizar, este debe arreglarse inmediatamente (Mendoza & Vasquez, 2020).

Opciones de Reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se ejecuta un parcheo profundo.

Alta: Se cambiará la losa

En la figura 3 podemos observar el tipo de falla elevación según el nivel de severidad.



Figura 3: Falla tipo Elevación de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.2. Grieta de Esquina.

Este tipo de falla es considerada como una grieta en las esquinas de las juntas de las losas donde su longitud es menor o igual a la de sus lados y son generados por el constante cambio de carga (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

Baja: Tiene una grieta de baja severidad o no presenta ninguna.

Media: Presentan una grieta de severidad media

Alta: Está presenta una grieta de severidad alta y en las juntas se observa grandes agrietamientos.

Medida

La losa dañada es considerada como una cuando:

1. Si presenta una grieta en los bordes de la losa.
2. Presenta más de una grieta con un nivel de severidad media.
3. Presenta dos o más grietas con niveles de severidades alto, medio, bajo.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún trabajo de mantenimiento.

Media: Se realiza un sellado de grietas de más de 3 milímetros.

Alta: Se realiza un parcheo profundo.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo grieta en esquina según el nivel de severidad.

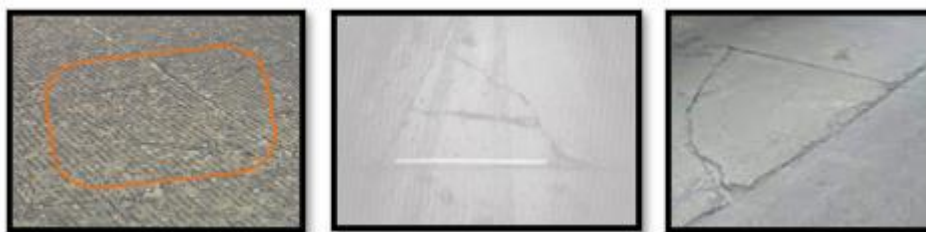


Figura 4: Falla tipo grieta de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.3. Losa Dividida

Este tipo de falla aparece en una losa en forma de grietas, dividiéndola en más de cuatro pedazos, debido a la sobrecarga del tránsito. (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de severidad

En la **tabla 1** se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Tabla 1: Rangos de calificación para losa dividida

Severidad de la mayoría de las grietas	Numero de pedazos en la losa agrietada		
	2 a 3	4 a 5	5 o más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: (ASTM D 6433-11,2011).

Medida

Si la losa dividida es de nivel de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de falla.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún trabajo de mantenimiento.

Media: Se ejecutará un sellado de grietas de ancho mayor de 3 milímetros.

Alta: Reemplazo de la losa

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo losa dividida según el nivel de severidad.



Figura 5: Falla tipo Losa dividida con severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.4. Grieta de Durabilidad “D”

Este tipo de falla es provocado por el agrandamiento de los agregados grandes, ocasionados por el congelamiento y el descongelamiento, el mismo que al paso de los años fisura de forma gradual el pavimento rígido. Por lo general este tipo de falla aparece en forma de grietas paralelas y cerca de una junta o grieta lineal. Debido a que el concreto se colma en cerca de las juntas y se forman este tipo de grietas oscuras o “D”, el cual es capaz de generar el destrozo parcial o total de la losa (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de severidad

Baja: Las grietas “D” cubren un área menor al quince por ciento de la losa.

Media: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Las grietas “D” cubren un área menor al quince por ciento de la losa y los pedazos pueden ser retirados con facilidad.
2. Las grietas “D” están presentes en más del quince por ciento del área de la losa. En su gran mayoría las grietas se encuentran cerradas, pero ciertos pedazos se han desprendido o pueden ser removidos con mucha facilidad.

Alta: Las grietas “D” están presentes en más del quince por ciento del área de la losa y la gran mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden ser removidos con mucha facilidad.

Medida

Cuando la falla es localizada y se determina la severidad, se lo realiza como una losa. Y si se determina más de un nivel de severidad, la losa se tomará en cuenta con un nivel de severidad alto.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún trabajo de mantenimiento.

Media: Se ejecutará un parcheo profundo.

Alta: Reconstrucción de juntas o reemplazo de la losa

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo Grieta “D” según el nivel de severidad.



Figura 6: Falla tipo grieta de durabilidad "D" de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.5. Escala.

Es la diferencia de nivel a través de la junta. Estas son las causas más frecuentes que dan origen a esta falla (Mendoza & Vasquez, 2020):

1. Asentamiento provocado por la construcción de la vía en suelos blandos.
2. Bombeo o erosión del material por la parte inferior de la losa de concreto hidráulico.
3. Desniveles de los bordes de la losa ocasionados por una temperatura inestable.

Niveles de Severidad

En la **tabla 2** se expresa los niveles de severidad según su elevación.

Tabla 2: Niveles de severidad para Escala

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 20 mm
H	Mayor a 20 mm

Fuente: (ASTM D 6433-11,2011).

Medida

La falla tipo escala a través de una junta, es considerado como afectación a una losa.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento

Media: Se ejecuta un fresado.

Alta: Se ejecuta un fresado.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo escala según el nivel de severidad.



Figura 7: Falla tipo escala de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Vásquez, 2002)

2.4.6. Daño del Sello de la Junta

Este tipo de falla se da por la acumulación de materiales sólidos en las juntas que permite la infiltración de agua en forma considerable, rotura de los bordes de la losa por la expansión. Los típicos daños que ocurren en las juntas son: (Mendoza & Vasquez, 2020):

1. El sellante se desprende de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. La vegetación aparece en las juntas.
4. El material presente en las juntas presentan oxidación.
5. Pierde el poder de adherencia a los bordes de la losa.
6. Es visible la ausencia de sellante en la junta.

Niveles de Severidad

Baja: El sellante se encuentra en excelentes condiciones.

Media: El sellante se encuentra en una condición media a lo largo de la sección con más de un daño visible a simple vista de toda la junta. El sellante será remplazo en un periodo de dos años.

Alta: El sellante necesita ser reemplazado de forma inmediato.

Medida

La medida se lo realiza en base a toda el área de afectación.

Opciones de reparación

Baja: No es necesario trabajos de mantenimiento.

Media: Se ejecuta un resellado de juntas.

Alta: Se ejecuta un resellado de juntas.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo sello de junta según el nivel de severidad.

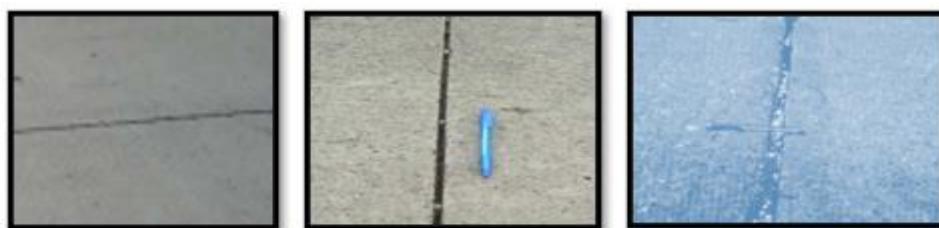


Figura 8: Daño de sello en la junta severidad baja, media y alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.7. Desnivel Carril / Berma.

Esta falla es la diferencia existente entre la berma y el borde de la losa y es causada por la infiltración de agua en la losa (Mendoza & Vasquez, 2020).

Nivel de severidad

Baja: La diferencia entre el borde del pavimento y la berma va de 26.0 a 52.0 milímetros.

Media: La diferencia de niveles están entre 51.0 a 102.0 milímetros.

Alta: El desnivel está por encima de los 102.0 milímetros.

Medida

El desnivel carril / berma se determina mediante el promedio de los desniveles máximos y mínimos a lo largo de la losa de concreto. Cada losa afectada es contabilizada como una sola.

Opciones de reparación

Baja, Media, Alta: Renivelación y se vuelven a llenar las bermas al mismo nivel del carril.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo desnivel carril/ berma según el nivel de severidad.



Figura 9: Falla tipo desnivel carril/berma severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.8. Grietas Lineales (Grietas Longitudinales, Transversales y Diagonales).

Este tipo de falla es ocasionado por la combinación repetitiva de carga de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de la humedad (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de severidad

Losas sin refuerzo

Baja: Grietas con ancho menor que 12.0 milímetros.

Media: Se establece las siguientes condiciones:

- El ancho de la grieta no sellada oscila entre 12.0 y 51.0 milímetros.
- El ancho de la grieta no sellada, como máximo de 51.0 mm con escala menor que 10.0 milímetros.
- La grieta tiene un ancho menor a 10.0 milímetros.

Alta: Se establece las siguientes condiciones:

- La grieta no sellada posee un ancho mayor que 51.0 milímetros.
- La grieta no sellada posee un ancho mayor que 10.0 milímetros.

Losas con refuerzo

Baja: La grieta no sellada con ancho entre 3.0 y 25.0 milímetros.

Media: Se establece las siguientes condiciones:

1. La grieta no sellada con un ancho entre 25.0 y 76.0 milímetros.
2. La grieta no sellada de espesor de 76.0 mm con escala menor que 10.0 milímetros.
3. La grieta sellada con un espesor de 10.0 milímetros.

Alta: Se establece las siguientes condiciones:

1. La grieta no sellada mayor a 76.0 milímetros de ancho.
2. La grieta sellada o no con un espesor mayor que 10.0 milímetros.

Medida

Determinado el nivel de severidad, la falla se registra como una losa. En el caso que se presente dos o más grietas con niveles de severidad media o alta, esta se debe considerar el de mayor severidad (Mendoza & Vasquez, 2020).

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún trabajo de mantenimiento.

Media: Se realiza un sellado de grietas más anchas que 3.0 milímetros.

Alta: Se realiza un parcheo profundo y si es el caso reemplazo de la losa

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo grietas lineales según el nivel de severidad.

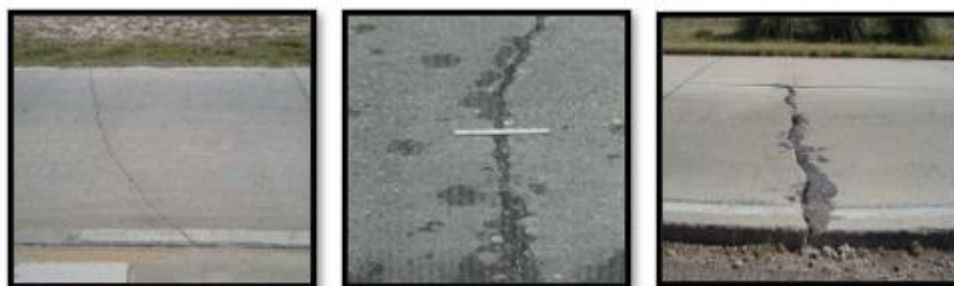


Figura 10: Falla tipo grietas lineales de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.9. Parche Grande (Mayor de 0.5 m²) y Acometidas de Servicios Públicos.

Se conoce como parche a la sección que fue retirado y reemplazado por un material mejorado con características similares o iguales (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de severidad

Baja: El parche aparece con poco o ningún daño.

Media: Los daños se pueden visualizar sin dificultad y sus bordes se encuentran afectados

Alta: El parche está destruido y debe ser remplazado.

Medida

En el caso que una losa posea varios parches con diferente nivel de severidad, a esta se deberá tomar en cuenta con el nivel de daño más alto

Opciones para Reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un sellado de grietas.

Alta: Se realiza un cambio del parche

En las siguientes figuras se observa fallas de parche grande según el nivel de severidad.



Figura 11: Falla tipo parche grande severidad baja, media y alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.10. Parche Pequeño (Menor de 0.5 m²).

Es una parte de la superficie del pavimento rígido que ha sido remplazado por un material nuevo con las mismas características (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

Baja: El parche se encuentra en excelentes condiciones.

Media: El material del parche se desprende con facilidad.

Alta: El parche se encuentra destruido debe ser remplazado.

Medida

En el caso que una losa posea varios parches con diferente nivel de severidad, a esta se deberá tomar en cuenta con el nivel de daño más alto

Opciones para Reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se debe reemplazar el parche.

Alta: Se debe reemplazar el parche.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo parche pequeño según el nivel de severidad.



Figura 12: Falla tipo parche pequeño de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.11. Pulimento de Agregados.

Este tipo de falla es ocasionado por las cargas simultáneas del tránsito. Cuando los materiales en la parte superior del pavimento se vuelven suaves al tacto, disminuye de forma considerable la conexión de las llantas. Cuando la porción del agregado es poca no afecta a la velocidad del vehículo (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

Este tipo de falla no presenta nivel de severidad, pero de ser el caso se deberá tomar en cuenta en un inventario vial.

Medida

Se debe considerar como una losa afectada.

Opciones de reparación

Baja, Media y Alta: Alisado de la superficie del pavimento.

En la siguiente figura se observa falla de tipo pulimientos de agregados según el nivel de severidad.



Figura 13: Falla tipo pulimientos de agregados

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.12. Desprendimiento.

Este tipo de falla es una porción pequeña de pavimento que se desprende del mismo. Esto es ocasionado por la presencia de partículas blandas o fragmentos de madera rotos o desgastados por el tránsito. Su diámetro esta entre 25 mm a 102 mm y su espesor esta entre 13 mm a 51mm (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de severidad

Se debe determinar el nivel de severidad mediante la densidad, el cual debe ser mayor a tres por metro cuadrado en toda la superficie de la losa.

Medida

La unidad de medida se lo realizará en base a los desprendimientos existentes en la losa, se deberá analizar al menos tres muestras.

Opciones de reparación

Baja, Media y Alta: No se realiza ningún trabajo mantenimiento.

En la siguiente figura se observa falla de tipo desprendimiento según el nivel de severidad.



Figura 14: Falla tipo desprendimiento.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.13. Bombeo.

Es el proceso mediante el cual expulsa material de la losa de fundación a través de juntas o grietas, esto se debe a la deflexión de la losa provocada por las cargas de tránsito. Al momento de circular los vehículos por la superficie del pavimento y pasar por la junta esta genera un esfuerzo tanto en la losa delantera como en la trasera por la presencia del agua, generando movimientos de las partículas del suelo, el cual conlleva a la pérdida del soporte del pavimento rígido. El bombeo se puede visualizar en forma de manchas en las juntas o grietas por lo general el bombeo en las juntas se da por un sellante pobre, que conlleva a la pérdida de resistencia del pavimento rígido (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

No se tiene nivel de severidad, pero es necesario que se mencione de su existencia en la losa de pavimento.

Medida

El bombeo en las juntas de la losa se considera para las dos losas, pero si es el caso que afecte a todas las juntas de la losa se debe asumir una losa adicional.

Opciones de reparación

Baja, Media y Alta: Se realiza un sellado de juntas y grietas y una restauración de la transferencia de cargas.

En la siguiente figura se observa falla de tipo bombeo.



Figura 15: Falla por bombeo

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.14. Punzonamiento

Este tipo de daño se localiza en un área de la losa que se encuentra fracturada en varias partes. Puede ser de diferente forma, se ubican entre una junta y dos grietas, con una longitud de 1.52 metros entre sí. Este daño es ocasionado por las cargas pesadas y el espesor incorrecto de la losa de concreto (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

Tabla 3: Nivel de severidad para Punzonamiento

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	2 a 3	4 a 5	Mas de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Fuente: (Vásquez, 2002)

Medida

En el caso de visualizarse uno o más punzonamientos en la losa, se debe considerar con el nivel de severidad más alto.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un sellado de grietas.

Alta: Se realiza un parcheo profundo.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo punzonamiento según el nivel de severidad.

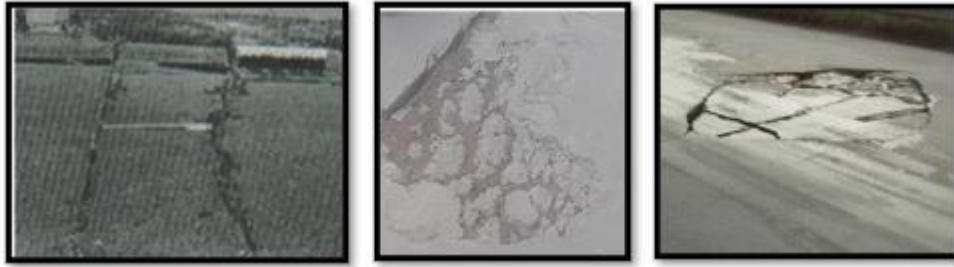


Figura 16: Falla tipo punzonamiento severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.15. Cruce de Vía Férrea.

Este tipo de daño se considera por los asentamientos alrededor de los rieles del tren.

Niveles de severidad

Baja: Genera un flujo vehicular de baja severidad.

Media: Genera un flujo vehicular de severidad media.

Alta: Genera un flujo vehicular de alta severidad.

Medida

Se contabiliza en base a el número de losas atravesadas por los rieles del tren.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un parcheo parcial de la aproximación.

Alta: Se realiza una reconstrucción del cruce.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo cruce de vía férrea según el nivel de severidad.



Figura 17: Falla tipo cruce de vía férrea severidad baja, media, alta.

Fuente: Chauca & Pomatoca, (2022)

2.4.16. Mapa de Grietas, Craquelado.

Es una serie de grietas pequeñas que se extienden en la superficie del pavimento, las cuales se cruzan formando ángulos de 120 grados, ocasionados por la manipulación en el terminado y puede producir descamado con una profundidad de 6 mm hasta 13 mm, de igual forma puede ser ocasionado por la calidad de los materiales y una mala construcción del pavimento rígido (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

Baja: El craquelado se visibiliza en la mayor parte del área de la losa; la superficie se encuentra en buena condición con solo un descamado menor presente.

Media: La losa está descamada, en un rango menor al 15 por ciento de la losa.

Alta: La losa se encuentra descamada en más del 15 por ciento de su área.

Medida

Se debe considerar como área de afectación a toda el área de la losa.

Opciones para Reparación

Bajo: No se realiza ningún trabajo de mantenimiento.

Medio: Se realiza un cambio de la losa.

Alto: Se puede realizar un parcheo profundo o parcial o reemplazar la losa.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo, Mapa de Grietas, Craquelado según el nivel de severidad.



Figura 18: Falla tipo, Mapa de Grietas, Craquelado severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.17. Grietas de Retracción.

Son grietas que aparecen en la superficie del pavimento rígido, los cuales no se extienden a lo largo de toda la losa, se forman durante el fraguado y curado del hormigón sus longitudes son pequeñas tanto en su espesor como en la superficie de la losa (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de Severidad

No se define un nivel de severidad, pero es necesario que se lo mencionen en el caso de existir.

Medida

Si aparecen una o más grietas de retracción en la superficie de la losa, se debe tomar como área de afectación a toda losa.

Opciones de reparación

Baja, Media y Alta: No se realiza ningún mantenimiento.

En la siguiente figura se observa falla de tipo grieta de retracción.



Figura 19: Falla tipo grietas de contracción o retracción

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.18. Rotura de Esquina

La rotura se genera a una longitud de 0.6 m medida desde su esquina, la grieta se proyecta verticalmente a través de la esquina de la losa una rotura menor a 127 mm medida en ambos lados desde la grieta hasta la esquina, no debe ser considerado (Mendoza & Vasquez, 2020).

Niveles de severidad

En la **tabla 4** se visibiliza los niveles de severidad para la rotura de esquina con un área menor de 6452 mm² no deberá ser tomado en cuenta.

Tabla 4: Niveles de severidad para la rotura de esquina

Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	130 x 130 mm a 300 x 300 mm	Mayor a 300 x 300 mm
Menor de 25 mm	L	L
>25mm a 50mm	L	M
Mayor a 50 mm	M	H

Fuente: (ASTM D 6433-11,2011).

Medida

Si al inspeccionar la losa se observa varias fallas tipo rotura con diferente nivel de severidad, se debe considerar el nivel de severidad más alto.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un parcheo parcial.

Alta: Se realiza un parcheo parcial

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo rotura de esquina según el nivel de severidad.

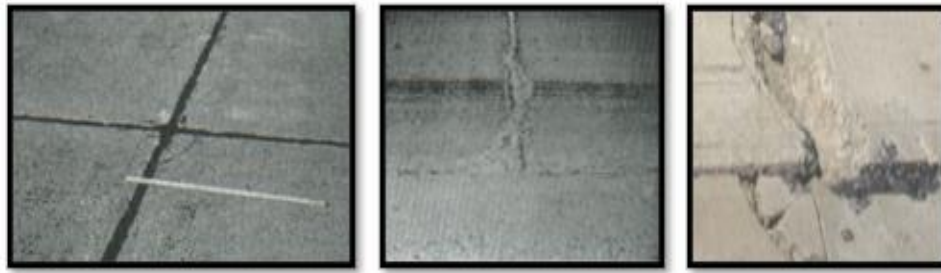


Figura 20: Falla tipo rotura de esquina severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.4.19. Rotura de Junta.

Este tipo de falla está determinada por la rotura de los bodes de la losa a una distancia de 0.6 m de la junta. Esta no se proyecta de forma vertical a través de la losa, sino que lo hace formando un ángulo ocasionado por (Mendoza & Vasquez, 2020):

- 1.- Esfuerzos excesivos en la junta, ocasionados por la carga del tránsito o por la infiltración de materiales incomprensibles en las juntas (Mendoza & Vasquez, 2020).
- 2.- Se encuentra un concreto débil debido al exceso en la manipulación del mismo.

Niveles de Severidad

En la **tabla 5** se ilustran los niveles de severidad para rotura de junta.

Tabla 5: Niveles de Severidad rotura de Junta

Fragmentos del descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.5m	> 0.5m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 100 mm	L	L
	> 100 mm	L	L
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 100 mm	L	M
	> 100 mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 100 mm	L	M
	> 100 mm	M	H

Fuente: (ASTM D 6433-11,2011).

Medida

Si se observa el daño a lo largo del borde la losa, se debe considerar como área de afectación a una losa con rotura en junta.

Opciones para Reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un parcheo parcial.

Alta: Se realiza una reconstrucción de la junta

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo rotura de junta según el nivel de severidad.

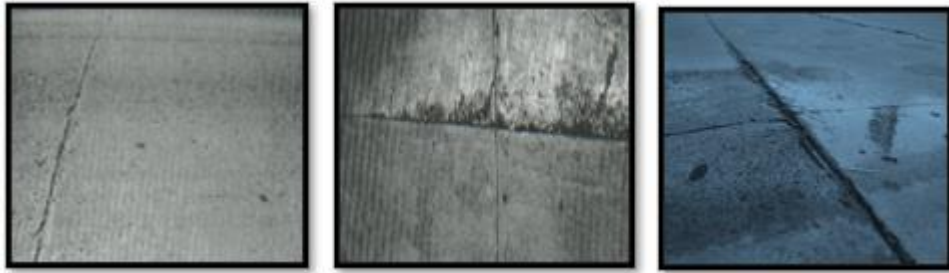


Figura 21: Rotura de junta severidad baja, medio, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.5. Pavimentos Flexibles

2.5.1. Definición

Los pavimentos flexibles son aquellos cuya estructura, puede flexionar al ser sometidas a diferentes cargas. Estos tipos de pavimentos son usados en lugares con alto tráfico.

2.5.2. Características

- Absorber y resistir la acción de las cargas repetitivas del tránsito.
- Resistir ante agentes atmosféricos.
- Tener una superficie apta de circulación de acuerdo con un diseño previsto, brindando seguridad y confort a los usuarios.
- Resistir el desgaste generado por los neumáticos.
- Tener una vida larga y duradera.
- El ruido que genera al transitar sobre la capa de rodadura no afectara al conductor o usuario de la vía.
- Poseer un color adecuado el cual sirva como guía para el usuario al transitar por la vía.

2.5.3. Descripción de las capas según su funcionalidad

2.5.3.1. Carpeta o capa de rodadura. Esta capa tiene como principal función brindar una superficie segura y cómoda para los ocupantes de la vía, e evitar el descenso del agua hacia las demás capas inferiores de la estructura del pavimento rígido

2.5.3.2. Base. Esta capa es la encargada de recibir los esfuerzos generados por el tránsito y distribuir de manera uniforme hacia las capas inferiores.

2.5.3.3. Capa Sub base. Esta capa se considera la más económica al momento de la construcción, debido que los materiales que los conforman son muy asequibles, su función es la transición entre la base y sub-rasante, ya que impide el paso de materiales finos hacia la sub-rasante y de igual manera impide ascensión del agua por capilaridad.

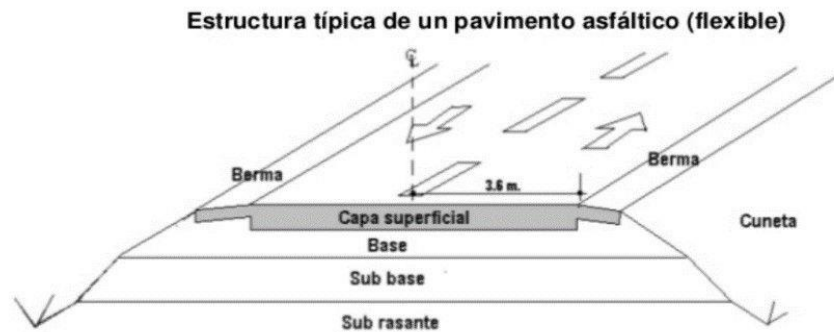


Figura 22: Esquema de pavimento flexible

Fuente: (Sanchez Sabogal, 2009)

2.6. Tipos de Fallas en Pavimentos Flexibles.

2.6.1. Piel de Cocodrilo.

La falla piel de cocodrilo está conformada por una serie de grietas ocasionadas por la fatiga de la capa de rodadura. Por lo general el lado más grande de las piezas no supera los 50 cm (ASTM D 6433-11,2011).

La falla piel de cocodrilo es considerado como un daño importante en la vía, y en ocasiones va acompañado de hundimientos o ahuellamientos.

Niveles de severidad

Baja: Se visualiza grietas finas en forma paralela sin interconexiones y no presentan descascaramiento en las grietas.

Media: Las grietas aparecen en forma paralela y se visualiza materiales en las grietas

Alta: Se observa material en las grietas y se puede desprender pedazos del asfalto con dificultad.

Medida

La unidad de medida de la falla por piel de cocodrilo es metros cuadrados. Suele haber dificultad al medir cuando se encuentra con los tres niveles de severidad en una misma área, por lo que se deberá tomar el de nivel de severidad más alto.

Opciones de reparación

Baja: Sellado superficial.

Media: Se debe realizar un parcheo parcial o profundo.

Alta: Reconstrucción.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo piel de cocodrilo según el nivel de severidad.



Figura 23: Falla piel de cocodrilo severidad baja, media, alta

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.2. Exudación.

La exudación es una capa bituminosa brillante que aparece en la capa de rodadura, esto ocurre por demasiado asfalto en la mezcla, demasiada aplicación de sellante o posee un contenido de vacíos aire. Y esta falla es irreversible durante el tiempo frío por lo que el asfalto se acumulara en la superficie (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad.

Baja: La exudación aparece durante unos pocos días del año y no se encuentra pegajoso.

Media: La exudación aparece durante varias semanas del año y ya se encuentra pegajoso para los neumáticos.

Alta: La exudación aparece en un grado alto durante varias semanas del año y se pega con mucha facilidad a los neumáticos de los vehículos.

Medida

La unidad de medida de la falla por exudación es metros cuadrados.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún trabajo de mantenimiento.

Media: Se aplica en la superficie del pavimento algún tipo de agregado fino

Alta: Se aplica algún tipo de agregado fino (precalentando si fuera necesario).

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo exudación según el nivel de severidad.



Figura 24: Falla tipo exudación de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Calo, 2016)

2.6.3. Agrietamiento en Bloque.

Está formada por una serie de grietas interconectadas en forma de bloques de 0.3m x 0.3m hasta de 3m x 3m, se da por la contracción del hormigón asfáltico y los ciclos de temperatura, las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido (ASTM D 6433-11,2011).

Este tipo de falla aparece por lo general en lugares sin tránsito.

Niveles de severidad.

Baja: Se puede visualizar grietas pequeñas en forma de bloque.

Media: Se puede visualizar grietas de mayor tamaño a las de tipo bajo en forma de bloque.

Alta: Las grietas tienen un tamaño considerable visible a simple vista.

Medida

La unidad de medida de la falla por grietas en bloque es en metros cuadrados, en el caso de que hubiera varios niveles de severidad en la misma área, se deberá considerar el de mayor severidad.

Opciones de reparación

Baja: Se realizará un sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 milímetros, riego de sello.

Media: Se realizará un sellado de grietas, reciclado superficial.

Alta: Se realizará un sellado de grietas, reciclado superficial, escarificado en caliente.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo agrietamiento en bloque según el nivel de severidad.



Figura 25: Falla tipo grietas en bloque de severidad baja, media, alta

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.4. Abultamientos y Hundimientos.

Son elevaciones pequeñas a lo largo de la superficie del pavimento, y es diferente a los desplazamientos los cuales son ocasionados por la inestabilidad del pavimento (ASTM D 6433-11,2011).

Los abultamientos son causados por varios factores entre ellos:

1. Por el desprendimiento de las losas de concreto sobre el cual se encuentra una carpeta asfáltica.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Es causado por la infiltración del material

Los hundimientos son depresiones pequeñas hacia debajo de la superficie del pavimento.

Niveles de severidad

Baja: Los abultamientos o hundimientos generan una calidad de tránsito de baja severidad.

Media: Los abultamientos o hundimientos generan una calidad de tránsito de severidad media.

Alta: Los abultamientos o hundimientos generan una calidad de tránsito de severidad alta.

Medida

La unidad de medida de este tipo de falla es en metros lineales

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún tipo de mantenimiento

Media: Se realiza un reciclado en frío.

Alta: Se realiza reciclado (fresado) en frío, parcheo profundo o parcial.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo abultamientos y hundimientos según el nivel de severidad.



Figura 26: Falla tipo abultamientos y hundimientos de severidad baja, media, alta
Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.5. Corrugación.

Está formado por elevaciones y depresiones que ocurren a una distancia menor a 3m, las son perpendiculares en dirección al tránsito, se da por el tránsito combinado sobre una carpeta o base inestable (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad

Baja: Las corrugaciones generan un confort de tránsito de baja severidad.

Media: Las corrugaciones generan un confort de tránsito de mediana severidad.

Alta: Las corrugaciones generan un confort de tránsito de alta severidad.

Medida

La unidad de medida es en metros cuadrados.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún tipo de mantenimiento.

Media: Es recomendable la reconstrucción.

Alta: Lo más factible es la reconstrucción.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo corrugación según el nivel de severidad.



Figura 27: Falla tipo corrugación de severidad baja, media, alta
Fuente: (Vásquez, 2002)

2.6.6. Depresión.

Son depresiones suaves que son visibles después de la lluvia, en donde se almacena el agua en forma de charcos.

Niveles de severidad.

Espesor de profundidad de las depresiones:

Baja: 13.0 a 25.0 milímetros.

Media: 25.0 a 51.0 milímetros.

Alta: > a 51.0 milímetros.

Medida

La unidad de medida es metros cuadrados.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún tipo de mantenimiento

Media: Se realiza un parcheo superficial.

Alta: Se realiza un parcheo parcial o profundo.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo depresión según el nivel de severidad.



Figura 28: Falla tipo depresión de severidad baja, media, alta.
Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.7. Grieta de Borde.

Este tipo de falla son grietas en forma de paralelo a una distancia de 0.3m y 0.5m del borde exterior (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad.

Baja: Existe un agrietamiento bajo o medio sin quebrantamiento.

Media: Grietas medias con algo de quebrantamiento.

Alta: Considerable quebrantamiento a lo largo del borde.

Medida

La unidad de medida es metros lineales.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún tipo de mantenimiento.

Media: Sellado de grietas con ancho mayor a 3 milímetros.

Alta: Se realiza un parcheo parcial – profundo.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo grieta de borde según el nivel de severidad.



Figura 29: Falla tipo grieta de borde severidad baja, media, alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.8. Grieta de Reflexión de Junta (Losas de Concreto de Cemento Portland).

Esta falla ocurre cuando un pavimento asfáltico es construido sobre una losa de concreto. Estas grietas por lo general son causadas por el movimiento de las losas, este tipo de grieta no está relacionado con cargas, sin embargo, la acción de cargas puede ocasionar la rotura del concreto asfáltico (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de Severidad

Baja: Existe una de las siguientes condiciones de grietas:

1. Posee ancho menor que 10.0 milímetros.
2. Se encuentra rellena de cualquier material.

Media: Existe una de las siguientes condiciones de grietas:

1. Posee un ancho entre 10.0 mm y 75.0 milímetros sin relleno.
2. Posee un ancho ≤ 75.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio sin relleno.
3. Posee un ancho cualquiera con un ligero agrietamiento aleatorio con relleno.

Alta: Existe una de las siguientes condiciones de grietas:

1. Posee un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad puede estar rellena o no.
2. Posee un ancho > 75.0 milímetros sin relleno.
3. Se encuentra severamente fracturada de espesor cualquiera.

Medida

La unidad de medida es metros lineales.

Opciones de Reparación.

Baja: Se realiza un sellado de grietas con ancho superiores a 3.00 milímetros.

Media: Se realiza un parcheo de profundidad parcial.

Alta: Se realiza una reconstrucción de la junta.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo grieta de reflexión de junta (De losa de concreto de cemento Portland) según el nivel de severidad.



Figura 30: Falla tipo grieta de reflexión de junta de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.9. Desnivel Carril / Berma.

Este tipo de falla se puede visualizar un desnivel entre el borde del pavimento y berma, provocado por la erosión de la berma, asentamiento berma (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad.

Baja: Posee un desnivel entre el borde y la berma entre 25 y 50 milímetros.

Media: Posee un desnivel entre el borde y la berma entre 50.0 mm y 100 milímetros.

Alta: Posee un desnivel entre el borde y la berma >102.00 milímetros.

Medida

La unidad de medida es metros lineales.

Opciones de reparación

Baja, Media, Alta: Se realiza una re-nivelación de las bermas para llegar al nivel del carril de pavimento flexible.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo desnivel de carril/ berma según el nivel de severidad.



Figura 31: Falla tipo desnivel de carril severidad baja, medio, alta.
(Calo, 2016)

2.6.10. Grietas Longitudinales y Transversales (No Son De Reflexión de Losas de Concreto de Cemento Portland).

Se forma en dirección paralela hacia al eje del pavimento los cuales pueden ser ocasionados por (ASTM D 6433-11,2011):

1. Una junta de carril mal construida.
2. Por la contracción del concreto asfáltico debido al cambio constante de temperatura.
3. Por el agrietamiento en la capa base.

Niveles de Severidad

Baja: Se debe considerar las siguientes condiciones de grietas:

1. Posee un ancho menor que 10.0 milímetros sin relleno.
2. Posee un ancho cualquiera rellena

Media: Se debe considerar las siguientes condiciones de grietas:

1. Posee un ancho entre 10.0 mm y 75.0 milímetros sin relleno.
2. Posee un ancho ≥ 75.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas sin relleno.
3. Posee un ancho cualquiera, rodeada de grietas aleatorias pequeñas rellena.

Alta: Existe una de las siguientes condiciones de grietas:

1. Posee un ancho cualquiera rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta rellena o no.
2. Posee un ancho > 75.0 mm sin relleno.
3. Posee un ancho de medida cualquiera que se encuentra severamente fracturada.

Medida

La unidad de medida es metros lineales.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún tipo de mantenimiento.

Media: Se realiza un sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 milímetros.

Alta: Se realiza un sellado de grietas, parcheo parcial.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo grietas longitudinales y transversales según el nivel de severidad.



Figura 32: Falla tipo grietas longitudinales y transversales de severidad baja, medio, alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.11. Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos.

Es una parte del pavimento que ha sido remplazado por un material nuevo con las mismas características (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de Severidad.

Baja: El parche se encuentra en buenas condiciones y la calidad del flujo vehicular es buena.

Media: El parche se encuentra parcialmente afectado y la calidad del flujo vehicular se ve afectada gradualmente.

Alta: El parche se encuentra deteriorado y debe ser remplazado y el flujo vehicular se ve afectado severamente.

Medida.

La unidad de medida es en metros cuadrados.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún tipo de mantenimiento.

Media: Se realiza el remplazo del parche.

Alta: Se realiza el remplazo del parche.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo parcheo y acometidas de servicio públicos según el nivel de severidad.



Figura 33: Falla tipo parcheo de acometidas de servicio públicos de severidad baja, media, alta

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.12. Pulimento de Agregados.

Este tipo de daño es ocasionado por las cargas repetitivas del tránsito, lo que genera el desprendimiento de los agregados de la superficie del pavimento, reduciendo la adherencia de las llantas con el pavimento (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad.

No se tiene un nivel de severidad sin embargo al realizar una evaluación esta debe ser considerado como una falla.

Medida

La unidad de medida es metros cuadrados.

Opciones de reparación

Baja, Media, Alta: Se realiza un tratamiento superficial, fresado.

En la siguiente figura se observa falla de tipo pulimientos de agregados según el nivel de severidad.



Figura 34: Falla tipo pulimientos de agregados

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.13. Huecos.

Los huecos son agujeros que aparecen en la superficie del pavimento, que va desde diámetros menores a 0.75m, estos van en crecimiento por la acumulación de agua y por lo general estos daños están asociados a la condición de la estructura (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad

Los niveles de severidad se calificarán de acuerdo con la **tabla 6**

Tabla 6: Niveles de severidad para huecos

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	100 a 200 mm	200 a 450 mm	450 a 750 mm
13 a 25.mm	L	L	M
>25 a 50 mm	L	M	H
>50 mm	M	M	H

Fuente: (ASTM D 6433-11,2011).

Medida

Las medidas se lo hacen en base a la severidad del hueco.

Opciones de reparación

Baja: Se realiza un parcheo parcial

Media: Se realiza un parcheo parcial o profundo.

Alta: Se realiza un parcheo profundo.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo hueco según el nivel de severidad.



Figura 35: Falla tipo hueco de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.14. Cruce de Vía Férrea.

Son aquellas fallas generadas alrededor o entre los rieles del tren (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad

Baja: Se genera un flujo vehicular de baja severidad.

Media: Se genera un flujo vehicular de severidad media.

Alta: Se genera un flujo vehicular de severidad alta.

Medida

La unidad de medida es en metros cuadrados, pero si el área afectada no afecta la calidad del tránsito esta no debe ser considerada.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún tipo de mantenimiento.

Media: Se realiza un parcheo superficial o parcial de la aproximación.

Alta: Se realiza la reconstrucción del cruce.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo cruce de vía férrea según el nivel de severidad.



Figura 36: Falla tipo cruce de vía férrea de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.15. Ahuellamiento.

El ahuellamiento son depresiones que aparecen por donde circulan los neumáticos de los vehículos a lo largo de la vía, el cual es derivado de una deformación permanente de una de las capas del pavimento o sub-rasante debido a los esfuerzos generados por el tránsito vehicular.

Niveles de severidad

La profundidad del ahuellamiento:

Baja: Oscila de 6.0 a 13.0 mm.

Media: > a 13.0 mm a 25.0 mm.

Alta: <= a 25.0 milímetros.

Medida

La unidad de medida es en metros cuadrados y en función a su profundidad se determinará la severidad de la falla.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un parcheo superficial.

Alta: Se realiza un parcheo parcial o profundo, fresado y sobre-carpeta.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo ahuellamiento según el nivel de severidad.



Figura 37: Falla tipo ahuellamiento de severidad baja, media, alta
Fuente: (Vásquez, 2002)

2.6.16. Desplazamiento.

Es aquel desplazamiento longitudinal y permanente de un área de pavimento producido por el tránsito, en forma de una onda corta y abrupta de la superficie, por lo general esto ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad

Baja: Se genera un flujo vehicular de baja severidad.

Media: Se genera un flujo vehicular de severidad media.

Alta: Se genera un flujo vehicular de severidad alta.

Medida

La unidad de medida es en metros cuadrados

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento

Media: Se realiza un fresado.

Alta: Se realiza un parcheo parcial o profundo

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo desplazamiento según el nivel de severidad.



Figura 38: Falla tipo desplazamiento de severidad baja, media, alta.
Fuente: (Vásquez, 2002)

2.6.17. Grietas Parabólicas.

Son un tipo de grieta en forma de medialuna creciente, son ocasionados por el frenado y giro de las ruedas induciendo a la deformación del pavimento y de igual manera ocurre por la baja resistencia de la mezcla asfáltica (ASTM D 6433-11,2011).

Nivel de severidad

Baja: La grieta tiene un ancho menor que 10.0 milímetros.

Media: Existe una de las siguientes condiciones de grietas:

1. Posee un ancho promedio entre 10.0 & 40 milímetros.
2. Se encuentra fracturada

Alta: Existe una de las siguientes condiciones:

1. La grieta tiene un ancho mayor que 40 milímetros.
2. El área de la grieta se encuentra fracturada con pedazos fácilmente removibles.

Medida

La unidad de medida es en metros cuadrados según su nivel de severidad.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un parcheo parcial.

Alta: Se realiza un parcheo parcial.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo grietas parabólicas según el nivel de severidad.



Figura 39: Falla tipo grieta parabólica de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.18. Hinchamiento.

Se observa en la superficie del pavimento una elevación o pandeo, con una longitud mayor a 3m, acompañado de agrietamientos superficiales provocados por el congelamiento de la sub – rasante o por la construcción en suelos expansivos (ASTM D 6433-11,2011).

Nivel de severidad

Baja: Se genera un flujo vehicular de baja severidad.

Media: Se genera un flujo vehicular de severidad media.

Alta: Se genera un flujo vehicular de severidad alta.

Medida

La unidad de medida es en metros cuadrados.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza la reconstrucción.

Alta: Se realiza la reconstrucción.

En la siguiente figura se observa falla tipo hinchamiento según el nivel de severidad.



Figura 40: Falla tipo hinchamiento
Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.6.19. Meteorización / Desprendimiento de Agregados.

Esta falla está relacionado a la pérdida de la superficie de pavimento y las partículas sueltas de agregados, este daño indica que el ligante asfáltico ha endurecido y por la circulación de maquinaria pesada por la superficie del pavimento (ASTM D 6433-11,2011).

Niveles de severidad

Baja: Se visualiza la pérdida de los agregados o el ligante.

Media: Se visualiza la pérdida de los agregados o el ligante. La textura superficial del pavimento es moderadamente rugosa y ahuecada.

Alta: Se visualiza el desprendimiento de los agregados o el ligante y su superficie es rugosa, y las áreas ahuecadas poseen un diámetro de 10 mm y su profundidad menores a 13 mm, mayores a estos diámetros son considerados como falla tipo hueco.

Medida

La unidad de medida es metros cuadrados.

Opciones de reparación

Baja: No se realiza ningún mantenimiento.

Media: Se realiza un sellado superficial.

Alta: Se realiza un tratamiento superficial, reciclaje, reconstrucción.

En las siguientes figuras se observa fallas de tipo meteorización / desprendimientos de agregados según el nivel de severidad.



Figura 41: Falla tipo meteorización / desprendimiento de agregados de severidad baja, media, alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

2.7. Índice de Condición Del Pavimento (PCI)

La metodología PCI es norteamericana; esta identifica el estado actual y el grado de deterioro en vías existentes, de una forma cualitativa. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Solis, 2020).

Tabla 7: Rangos de calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Fuente: (Solis, 2020)

2.8. Ciclo de Vida de los Pavimentos

El ciclo de vida del pavimento, sin considerar un mantenimiento y rehabilitación, se puede representar mediante una curva de comportamiento, la cual es una representación histórica de la calidad del pavimento. Dicha curva evidencia cuatro etapas, las cuales se describen a continuación:

2.8.1. Construcción (Fase A).

En esta etapa el pavimento se encuentra en un excelente estado y cumple los estándares de calidad sin ningún problema. El costo que se ha incurrido hasta esta etapa es el de la construcción estructural del pavimento (Leonardo, Alonso, Dustin, & Cristian, 2018).

2.8.2. Deterioro Imperceptible (Fase B).

En esta etapa el pavimento ha sufrido daños progresivos al transcurrir el tiempo, pero no es muy visible para los usuarios y por lo general el mayor impacto sufre la superficie de rodadura provocado por el clima y el tránsito. En esta etapa es lo más recomendable realizar tareas de mantenimiento para proyectar la vida útil del pavimento (Leonardo, Alonso, Dustin, & Cristian, 2018).

2.8.3. Deterioro Acelerado (Fase C).

Al transcurrir el tiempo, los elementos del pavimento están muy deteriorados, y la resistencia del tránsito se ve reducida. La estructura básica del pavimento se encuentra dañada y son muy perceptibles a simple vista en la capa de rodadura. Esta etapa es pequeña debido a que la destrucción del pavimento es acelerada, el estado de la vía se encuentra en un rango de regular a pobre (Leonardo, Alonso, Dustin, & Cristian, 2018).

2.8.4. Deterioro Total (Fase D).

Esta etapa puede estar durante varios años, en el cual el pavimento se encuentra dañado por completo. Y afecta de gran manera a los usuarios de la vía en costos de mantenimiento a sus vehículos e incremento en el tiempo de viaje (Leonardo, Alonso, Dustin, & Cristian, 2018).

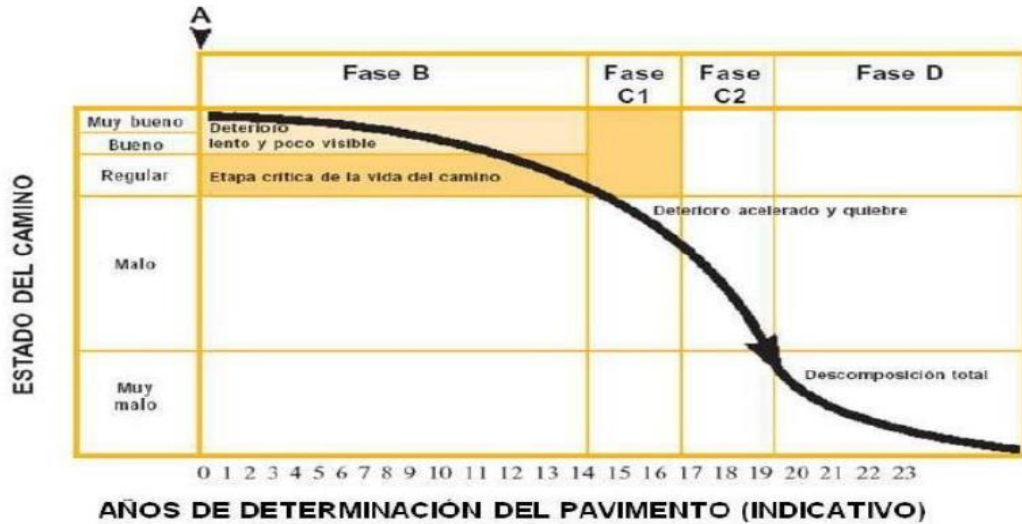


Figura 42: Ciclo de vida del pavimento

Fuente: (Leonardo, Alonso, Dustin, & Cristian, 2018)

2.9. Tipos de Mantenimientos

Los trabajos de mantenimiento están agrupados en las siguientes categorías:

2.9.1. Mantenimiento Rutinario.

Son cada una de las actividades que se realiza con frecuencia para que la vía mantenga un nivel de servicio entre bueno y regular para la comodidad de usuarios (Navarro, 2016).

Dentro de las actividades tenemos las siguientes:

- Limpieza de calzada y pequeños deslaves.
- Reparación localizada de pequeñas fallas en la superficie del pavimento.
- Mantenimiento de los sistemas de drenaje a lo largo de la sección de la vía.
- Control de la vegetación y mantenimiento de señalización horizontal y vertical.

2.9.2. Mantenimiento Periódico.

Son aquellas actividades que se realizan con una frecuencia mayor a un año, el cual busca brindar una textura adecuada de la capa de rodadura, asegurando una estabilidad estructural, y evitando el deterioro prematuro (Navarro, 2016).

Dentro de las actividades tenemos:

- Recuperación de las características de la capa de rodadura.
- Reparación de las obras de arte.

- Reparación de los sistemas de drenaje a lo largo de la sección de la vía.

2.9.3. Rehabilitación.

Se llega a esta etapa cuando se observa en la vía un deterioro masivo e intransitable, de igual manera se incluye la reparación de los sistemas de drenajes y de contención (Navarro, 2016).

Dentro de las actividades tenemos:

- Mejorar los sistemas de drenaje de aguas lluvias.
- Determinar la capacidad estructural y la calidad de la capa de rodadura
- Reponer sistemas de señaléticas horizontal y vertical.

2.9.4. Construcción.

Este tipo de mantenimiento se lo realiza en el caso de que la vía requiera un aumento de ancho de carril, sobre-anchos en curvas, incluidos los de renovación de la superficie de pavimento y rehabilitación (Navarro, 2016).

Tabla 8: Intervención en base al PCI

Rango	Calificación	Tipo de mantenimiento
100 - 85	Excelente	Mantenimiento Rutinario
85 - 70	Muy bueno	
70 - 55	Bueno	Mantenimiento Periódico
55 - 40	Regular	
40 - 25	Malo	Rehabilitación
25--10	Muy malo	Construcción
10 - 0	Fallado	

Fuente: Elaboración propia en base a ASTM D6433-11, (2011)

2.10. Nivel de servicio en las vías

2.11. Nivel de Servicio

El nivel de servicio está definido como una manera cualitativa, mediante el cual se describe las condiciones de operación de tránsito y la percepción por parte de los usuarios, relacionado a varios factores (Velocidad, detenciones, libertad de maniobras, seguridad y comunidad y economía) al soportar cierto volumen de tráfico (Rondón, 2015).

2.12. Índice de Servicio Presente (Psi)

Es un índice de seguridad y confort que puede percibir un usuario al transitar por una vía de pavimento rígido o flexible, con un rango de calificación de 0(pésimo) y 5 (excelente o muy bueno).

Tabla 9: Rango de calificación PSI

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

Fuente: (Homero, 2021)

Según (Park, Thomas, & and K. Wayne Lee, 2007) determinaron la correlación existente entre el PCI e IRI, en la evaluación de pavimentos, para lo cual realizaron estudios en cinco estados Delaware, Maryland, New Jersey, New York.

A continuación, se observa en la **figura 43** los valores para cada estado del pavimento.

PCI		IRI
100	Excelente	0,727
85	Muy bueno	1,055
70	Bueno	1,65
55	Regular	2,87
40	Malo	5,947
25	Muy malo	17,5
10	Fallado	>20

Figura 43: Calidad del pavimento para valores dados de IRI o PCI

Fuente: (Park, Thomas, & and K. Wayne Lee, 2007)

Tabla 10: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHTO)			Pavimentos Rígidos (Modelos AASTHO)			Clasificación	Descripción AASTHO
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI		
5.0	0.0	0-1.0	5.0	0.0	0-1.4	Muy bueno	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos son lo suficiente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificaría como muy buenos.
4.2	0.8		4.5	0.97			
4.0	1.0		3.0	2.3			
3	1.9	1.0-1.9	3.0	2.3	1.4-2.3	Bueno	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los “Muy buenos”, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desprendimientos y fisuras menores.
2.5	2.6	1.9-3.6	2.5	2.9	2.3-3.6	Regular	En esta categoría la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo de finos.
2.0	3.6		2.0	3.6			
1.5	4.9	3.6-6.4	1.5	4.6	3.6-6.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamientos y ahuellamiento y ocurre en un 50% o más de la superficie: el deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0	6.4		1.0	6.0			
0.0	9.5	>6.4	0.0	11.2	>6.0	Muy malo	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente: (Homero, 2021)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

Este proyecto de investigación, de acuerdo con la metodología a emplear es de tipo no experimental, debido a que solo se encarga de observar los daños en el estado natural del pavimento, para luego ser estudiados, sin la necesidad del uso de un laboratorio.

3.2. Diseño de Investigación

El proyecto de investigación será: diseños transversales, teórico / descriptivos porque se observará y después se describirá los daños tal como se apreciaron en el ambiente por lo tanto no se elabora hipótesis y su diseño es:

- Revisar bibliografía que nos permita interpretar el ciclo de vida de las vías, tanto para pavimento rígido como flexible.
- Determinar las vías a ser analizadas el ciclo de vida de las carreteras arteriales y colectoras.
- Recopilar información de cada una de las vías arteriales y colectoras a ser estudiadas, mediante el método de PCI, para la evaluación del estado del pavimento.
- Análisis y tabulación de resultados de los datos obtenidos en campo mediante el método de evaluación de pavimento rígidos o flexibles PCI.
- Determinar en qué condiciones se encuentra el pavimento.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.
- Elaboración del informe final.

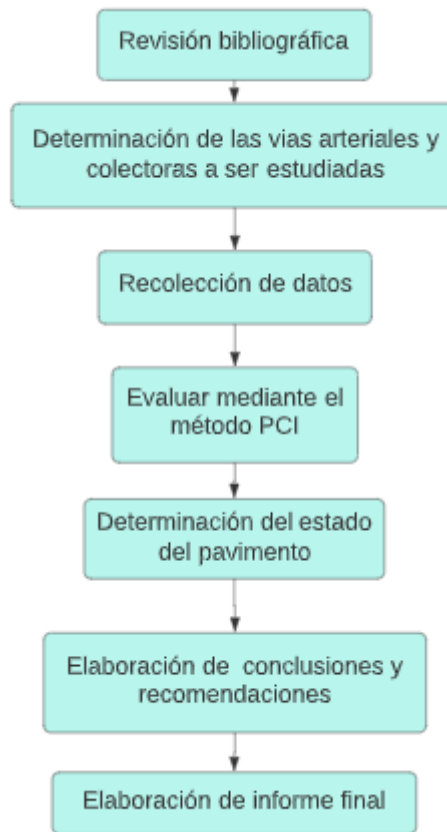


Figura 44: Diagrama metodológico

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

3.2.1. Revisión Bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica, misma que nos permitió cumplir con los objetivos planteados.

3.2.2. Determinación de las Vías Arteriales y Colectoras Para Estudiar de la Ciudad de Riobamba.

Se realizó la delimitación de las vías a ser estudiadas

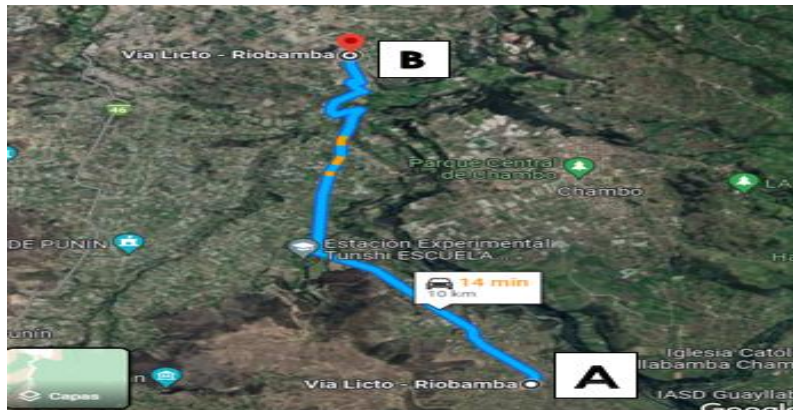


Figura 45: Vía arterial Licto – Riobamba con una longitud de 10 km

Fuente: (Google, s.f)

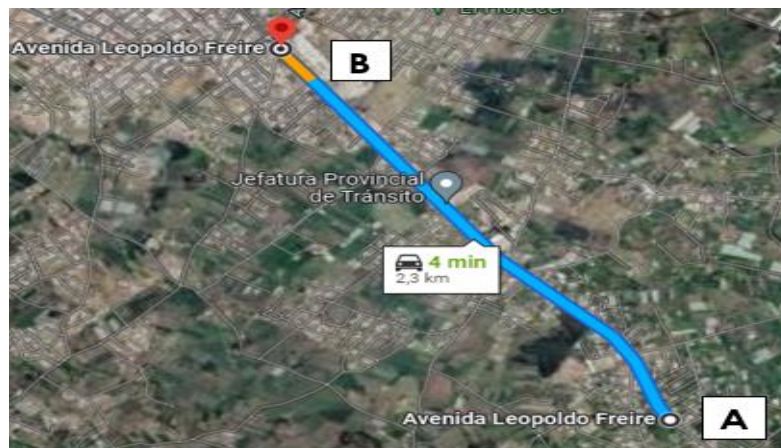


Figura 46: Vía Arterial Leopoldo Freire con una longitud de 2.3 km

Fuente: (Google, s.f)

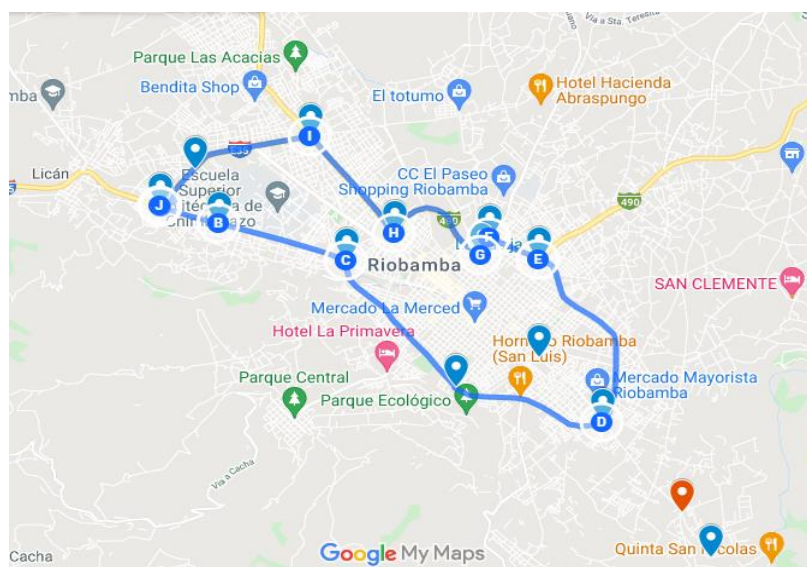


Figura 47: Vía Arterial Anillo vial con una longitud de 22 km

Fuente: (Google, s.f)

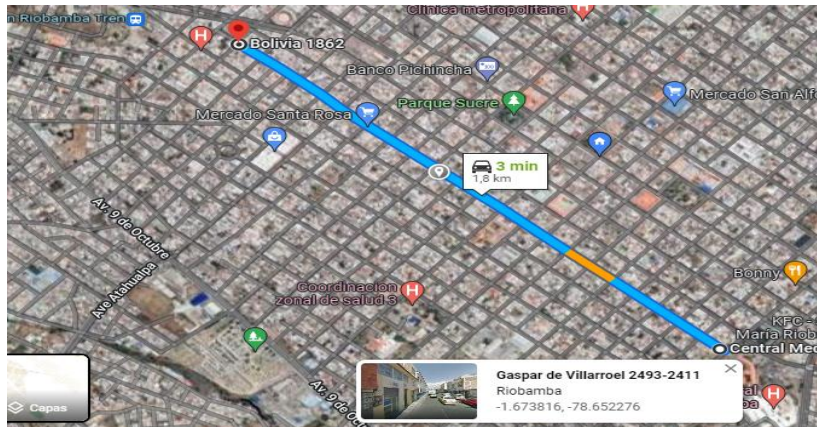


Figura 48: Vía colectora Gaspar de Villarreal con una longitud de 1.8 km

Fuente: (Google, s.f)

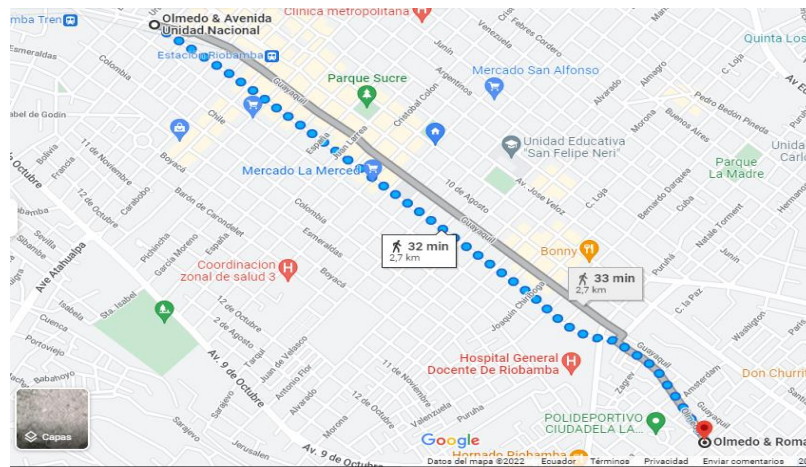


Figura 49: Vía colectora José Joaquín de Olmedo con una longitud de 2.7 km

Fuente: (Google, s.f)

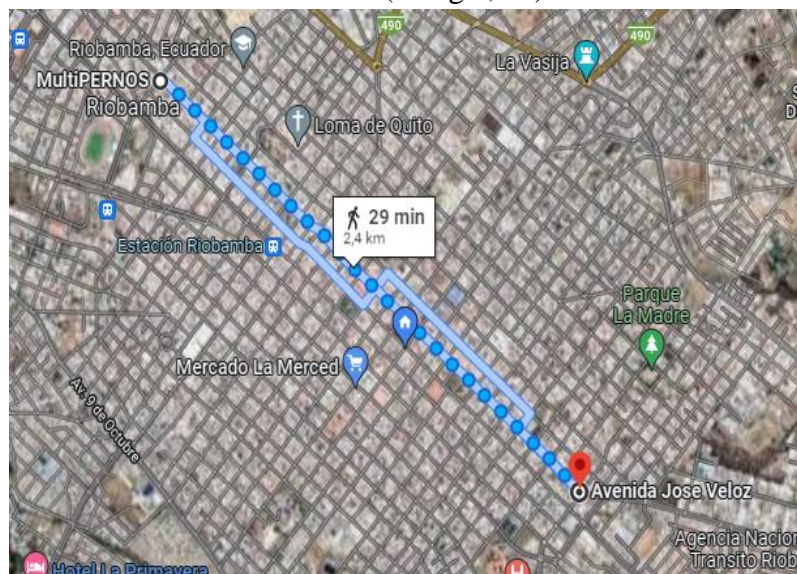


Figura 50: Vía colectora José Veloz con una longitud de 2.4 km

Fuente: (Google, s.f)

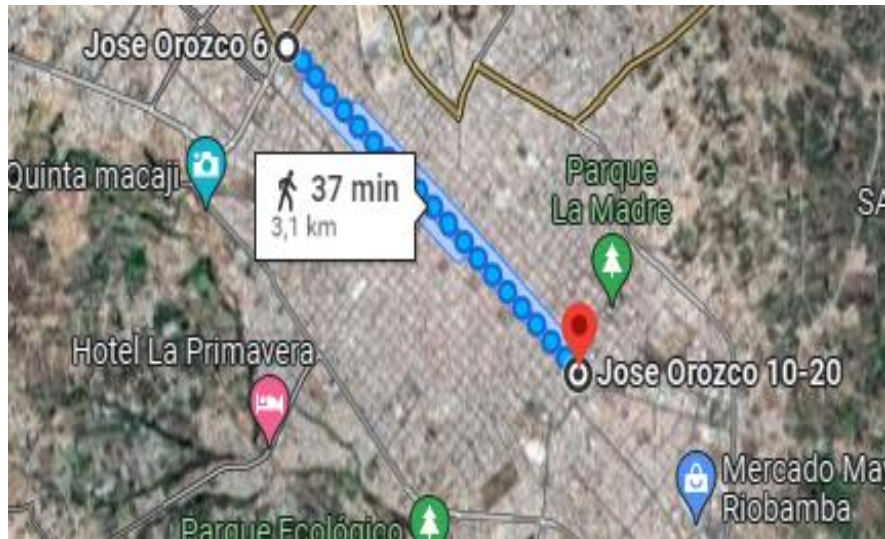


Figura 51: Vía colectora José Orozco con una longitud de 3 km

Fuente: (Google, s.f)

3.2.3. Recolección de Datos

Técnicas:

En el presente proyecto de investigación se empleará la inspección visual directa (observación) en la zona de estudio como técnica.

Instrumentos de recolección de datos:

- Ficha técnica para recolección de datos en campo.
- Cuaderno donde se harán los apuntes.
- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica
- Flexómetro
- Esferos
- Lápices
- Borrador
- Carpetas
- Un manual donde se encuentren detallados los daños en una vía de pavimento rígido o flexible con sus respectivos niveles de severidad.

Población de estudio y tamaño de muestra

Población

Está representada por las vías arteriales y colectoras, de pavimento rígido y flexible de la ciudad de Riobamba.

Muestra

La muestra está conformada por las siguientes calles pavimentadas:

Pavimento rígido

- Anillo Vial

Pavimento flexible

- Licto – Riobamba
- Leopoldo Freire
- Olmedo
- Gaspar de Villarroel
- José de Orozco
- José Veloz

Muestreo

La presente investigación se basa en la técnica de muestra no probabilístico porque algunos elementos de la población se relacionan en base al criterio de los investigadores.

Métodos de análisis, y procesamiento de datos.

La metodología que se utiliza está sujeta a la norma ASTM D 6433-11, en el cual se basa el método de PCI, el cual tiene como objetivo determinar la situación superficial del pavimento, así como nivel de servicio y estructural; de forma criteriosa sobre su comportamiento y el procedimiento para realizar el diagnóstico del pavimento se tomara en cuenta:

3.2.4. Procedimiento Para Determinar el Estado de La Vía Método PCI

Unidades de Muestreo Para Pavimento Rígido y Flexible.

Según la norma ASTM D6433-11, indica que el diagnóstico de la infraestructura vial puede alcanzar un número muy grande de unidades de muestreo, por lo que llevar a cabo la inspección o recolección de datos llevaría mucho tiempo y recursos, por esta razón se debe aplicar el proceso de muestreo (González, Ruiz, & Guerrero, 2018).

Para el análisis de una vía se debe inspeccionar todas las unidades de muestreo, sin embargo, en el caso de no ser posible se analizará el número de muestras mediante la **Ecuación 3.1**, el cual tiene un nivel de aceptación del PCI del 95%.

El área recomendada para evaluación según el ASTM D6433-11, inciso (2.1.7) es de 250+- 90m² y en el caso de pavimentos rígidos es de 20 losas (González, Ruiz, & Guerrero, 2018).

En la **tabla 11** se muestra las longitudes de acuerdo con el ancho de la vía.

Tabla 11: Distanciamiento de unidades de muestra

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo
<5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
>7.3	31.5

Fuente: (Vásquez, 2002)

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \cdot (N-1) + \sigma^2} \text{ (Ecuación 3.1)}$$

n= Número de las muestras a evaluar (mínimo)

N=Número de las muestras en total.

e = (5%), error admisible.

σ = Desviación estándar del P.C.I. (10 para pavimentos flexibles y 15 para pavimentos rígidos)

Selección de Las Unidades de Muestreo Para la Inspección.

La norma establece una vez seleccionado el número total de muestras, estas deben ser elegidas al azar considerando las mismas características del material con el cual está conformada el pavimento ya sea rígido o flexible con la siguiente ecuación 3.2 (González, Ruiz, & Guerrero, 2018).

$$i = \frac{N}{n} \text{ (Ecuación 3.2)}$$

N: Número de las muestras en total.

n: Número mínimo de muestra a inspeccionar.

i: Intervalo de muestreo, redondear al número entero inferior

Definición de Patologías en los Pavimentos Rígidos o Flexibles.

En base al marco teórico desarrollado en el capítulo II de esta investigación, donde se definieron las patologías del pavimento rígido y flexible.

Toma de Muestra de Campo.

Para la elaboración de este proyecto de investigación se realizará mediante fichas técnicas, donde se describirá las patologías existentes en las vías de pavimento rígido y flexible.

La ficha técnica a utilizar para el caso de pavimento flexible es (**Ver anexo 1: Ficha de inspección pavimento flexible**) y de igual manera para el caso de pavimentos rígidos es (**Ver anexo 2: Ficha de inspección pavimento rígido**)

Cálculo del Nivel de la Severidad de las Fallas Presentes en los Pavimentos Rígido y Flexible.

Para cada caso de estudio ya sea de una vía de pavimento rígido o flexible el nivel de severidad será en porcentaje (%) este resultado es conocido como la densidad por unidad de muestreo, según el tipo de severidad encontrados.

Determinación de los Valores Reducidos de las Fallas.

Para la determinación del índice de condición del pavimento, se lo elaborara mediante ábacos de acuerdo con su patología que se pudo observar en la superficie del pavimento. En los ábacos, como paso inicial se ubica en la densidad de la falla intersecándolo con el nivel de severidad encontrado en la zona de estudio, y de esta manera obtendremos el valor deducido de la falla.

Ábacos para determinar el valor deducido de pavimentos flexibles (**Ver anexo 3**).

Ábacos para determinar el valor deducido de pavimentos rígidos (**Ver anexo 4**).

Determinación del Número Máximo de Fallas Permitidas.

Los valores encontrados para la deducción serán ordenadas de manera decreciente. Con un número máximo de 10 deducciones, pero el número real de deducciones se determina mediante la **ecuación 3.3** tanto para pavimentos flexibles como rígidos.

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV) \leq 10 \text{ (Ecuación 3.3)}$$

Dónde:

mi: Número máximo deducidos.

HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.

(mi): esta variable una vez echo los cálculos sea mayor a los datos que se estén analizando, se deberá utilizar todos los datos que se tengan.

Como siguiente paso se determina el número máximo de puntos a deducir. Para ejecutar la primera deducción se suma todos los valores de deducción y luego se interseca con el valor de “q” y se obtiene el valor de deducción máximo corregido (CDV).

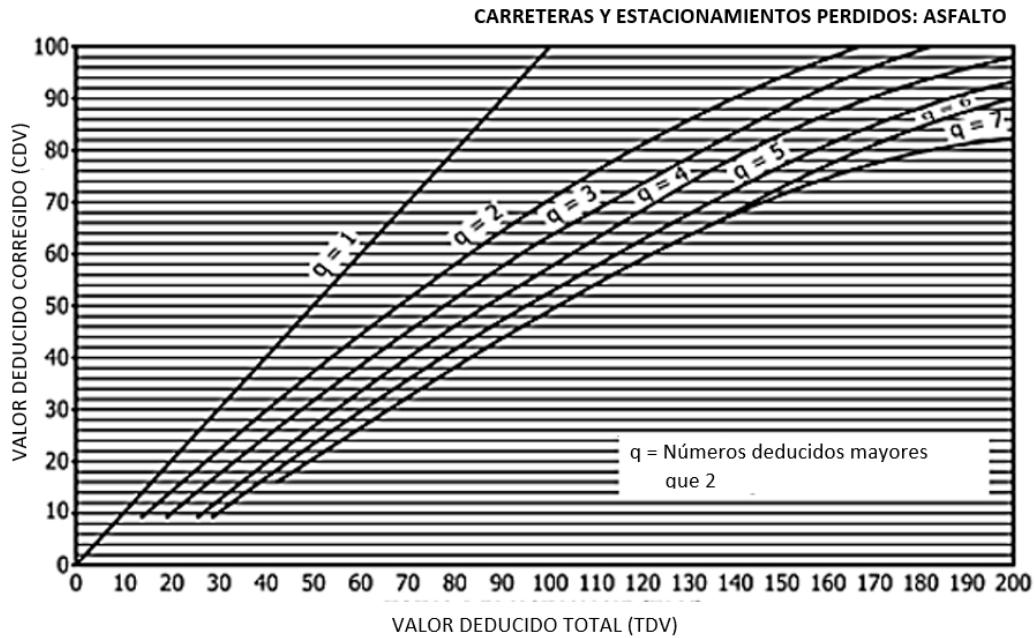


Figura 52: Valor Deducido Total pavimento flexible

Fuente: Norma ASTM – 6433-11, Método de evaluación PCI.)

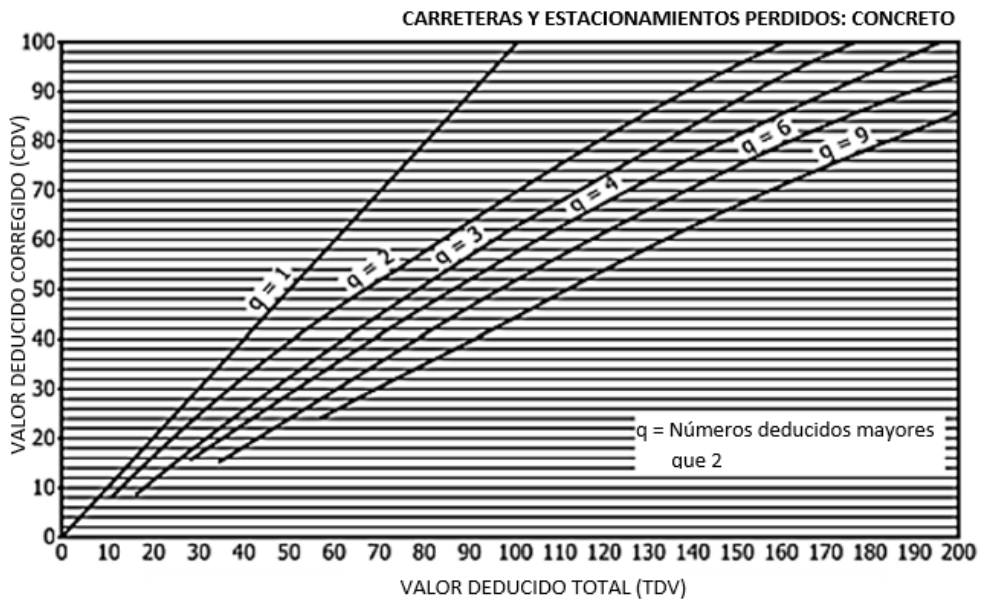


Figura 53: Valor Deducido Total pavimento rígido

Fuente: (Norma ASTM D – 6433-11, Método de evaluación PCI.)

Determinación del PCI Tanto Para Pavimento Rígido Como Flexible.

El PCI se determinará con la siguiente ecuación 3.4:

$$PCI = 100 - CDV \text{ (Ecuación 3.4)}$$

CDV = Deducción máxima corregida

Para determinar el PCI de toda la sección se lo realiza mediante la **ecuación 3.5**

$$PCI_{TOTAL} = \frac{\sum PCI}{\text{Num Muestras}} \text{ (Ecuación 3.5)}$$

3.2.5. Rangos Establecidos por la Norma Para la Clasificación del PCI

Tabla 12: Calificación mediante el método del PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Fuente: (Solis, 2020)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de las vías según su orden y material que están conformados.

Tabla 13: Vías arteriales según su orden y material

VÍAS ARTERIALES CIUDAD DE RIOBAMBA				
Vía	Material	Orden de la vía	Longitud	Ancho
Licto - Riobamba	Asfalto	Primaria	10 km	6.5m
Leopoldo Freire	Asfalto	Primaria	2,3 km	14 m
Anillo Vial	Hormigón Hidráulico	Primaria	22 km	14 m

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Nota: Estas vías son consideradas de orden primaria, los cuales tienen como función recibir el tráfico de las vías colectoras, y conectar con distintas partes del país, como son puertos, aeropuertos, ciudades etc. Por lo que poseen un alto nivel de tráfico.

Tabla 14: Vías colectoras según su orden y material

VÍAS COLECTORAS CIUDAD DE RIOBAMBA				
Vía	Material	Orden de la vía	Longitud	Ancho
Olmedo	Asfalto	Secundarias	2.7 km	9m
Gaspar de Villaroel	Asfalto	Secundarias	1.8 km	9 m
José Veloz	Asfalto	Secundarias	2.4 km	9 m
José de Orozco	Asfalto	Secundarias	3.1 km	9 m

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Nota: Estas vías colectoras son consideradas de orden secundaria, los cuales tienen como función recolectar el tráfico de las partes rurales o urbanas y llevarlos hacia las vías primarias.

4.2. Evaluación del estado funcional y estructural de las vías mediante el método PCI.

4.2.1. Análisis de resultados de la vía arterial Licto – Riobamba.

Mediante la metodología presentada para la evaluación de una vía mediante el método PCI, basado en la norma ASTM 6433-11, se realizó la evaluación del pavimento flexible de la vía arterial Licto Riobamba (**Figura 54**). El tránsito es de carácter mixto entre vehículos de carga pesada y livianos y maquinaria agrícola. Esta carretera fue intervenida en el año 2014 con un mantenimiento de recapeo.

De igual manera para su estudio se lo realizo por tramos teniendo en consideración los puntos con mayor afectación a lo largo de toda la vía.

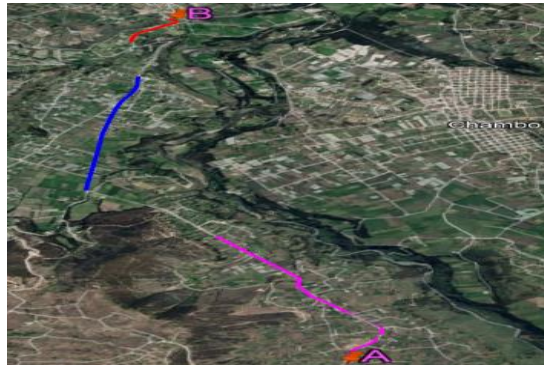


Figura 54: Vía arterial Licto - Riobamba a ser analizada con una longitud de 10 km.

Fuente: (Google, s.f)

Cálculo de PCI de la vía Licto Riobamba tramo I

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas del tramo I un total de 11 unidades de muestreo con un orden aleatorio de 3.

En la **figura 55** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 11 unidades de muestreo, de igual manera en unidades porcentuales de cada tipo de falla encontrado en la vía Licto – Riobamba.

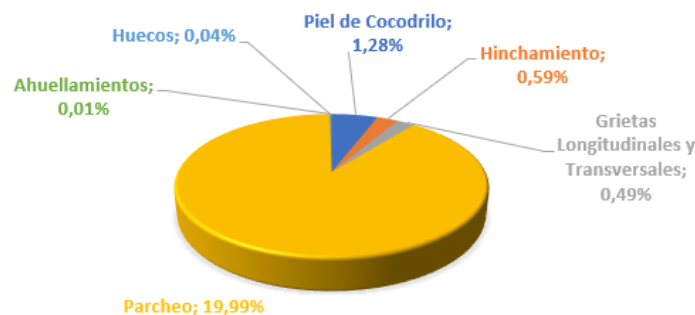


Figura 55: Fallas en porcentajes de la vía Licto – Riobamba del tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km en estudio

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la **figura 55** el daño más representativo es de parcheo, esto se dio a causa, que por esta vía se construye el sistema de agua potable Maguazo – Alao, donde los contratistas cortaron la vía, para excavar y enterrar la tubería, pero al momento de realizar la

reconstrucción de la base y sub-base para la colocación de la capa de rodadura asfáltica, no ejecutaron una compactación adecuada ocasionando que aparezca fallas en su superficie de forma acelerada al ser sometidas a cargas exteriores por el tránsito.

De igual manera se observa que existe fallas de tipo piel de cocodrilo, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales, ahuellamientos, depresión, huecos, hinchamientos, los cuales no afectan en gran magnitud al estado de la vía, como se observa en la **figura 55** no alcanzan ni el 2% en el área de estudio.

En la **tabla 15** y **figura 56** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 15: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Licto – Riobamba del tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km.

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM3	74	Km 00+00	Km 00+35	Muy Bueno
UM6	46	Km 00+140	Km 00+175	Regular
UM9	56	Km 00+280	Km 00+315	Bueno
UM12	65	Km 00+420	Km 00+455	Bueno
UM15	71	Km 00+560	Km 00+595	Muy Bueno
UM18	77	Km 00+700	Km 00+735	Muy Bueno
UM21	58	Km 00+840	Km 00+875	Bueno
UM24	75	Km 00+980	Km 1+15	Muy Bueno
UM27	70	Km 1+120	Km 1+155	Bueno
UM30	67	Km 1+260	Km 1+295	Bueno
UM33	30	Km 1+330	Km 1+365	Malo
Σ	689			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Nota: En la **tabla 15** se visualiza el cálculo del PCI para cada unidad de muestreo, en el (**Anexo 5**) se realiza un cálculo tipo, mediante el cual se determina el estado de la vía de una unidad de muestreo seleccionada de forma aleatoria, y de esta manera se realizó para todas las vías en estudio tanto colectoras como arteriales de pavimento flexible y rígido.

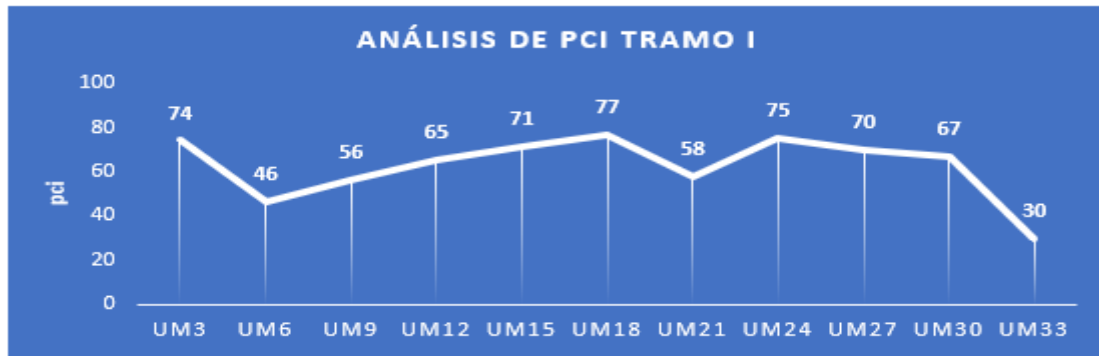


Figura 56: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Licto – Riobamba del tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 16** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 16: Determinación del estado de la vía Licto – Riobamba tramo I 0 + 00 a 2+ 00 km

\sum PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\sum PCI}{Num Muestras}$	Estado de la vía
689	62.64	Bueno

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Cálculo de PCI de la vía Licto Riobamba tramo II

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas del tramo II un total de 12 unidades de muestreo con un orden aleatorio de 4.

En la **figura 57** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 12 unidades de muestreo, de igual manera en unidades porcentuales de cada tipo de falla encontrado en la vía Licto – Riobamba.

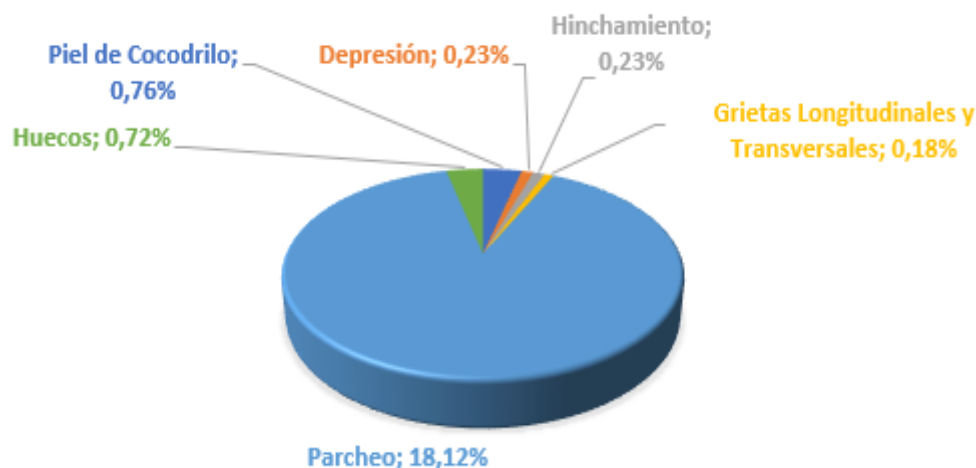


Figura 57: Fallas en porcentajes de la vía Licto – Riobamba del tramo II 4+00 a 5+00 km en estudio

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Al igual que en el caso del tramo I la mayor afectación en la vía en estudio es la del parcheo ocasionados por los trabajos del proyecto de agua potable Maguazo – Alao

En la **tabla 17** y **figura 58** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 17: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Licto – Riobamba del tramo II 4+00 a 5+00 km.

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM3	38	Km 4+60	Km 4+95	Malo
UM6	54	Km 4+200	Km 4+235	Regular
UM9	76	Km 4+340	Km 4+375	Muy Bueno
UM12	74	Km 4+480	Km 4+515	Muy Bueno
UM15	63	Km 4+620	Km 4+655	Bueno
UM18	71	Km 4+760	Km 4+795	Muy Bueno
UM21	66	Km 4+900	Km 4+935	Bueno
UM24	44	Km 5+40	Km 5+75	Regular
UM27	34	Km 5+180	Km 5+215	Malo
UM30	71	Km 5+320	Km 5+355	Muy Bueno
UM33	58	Km 5+460	Km 5+495	Bueno
Σ	649			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

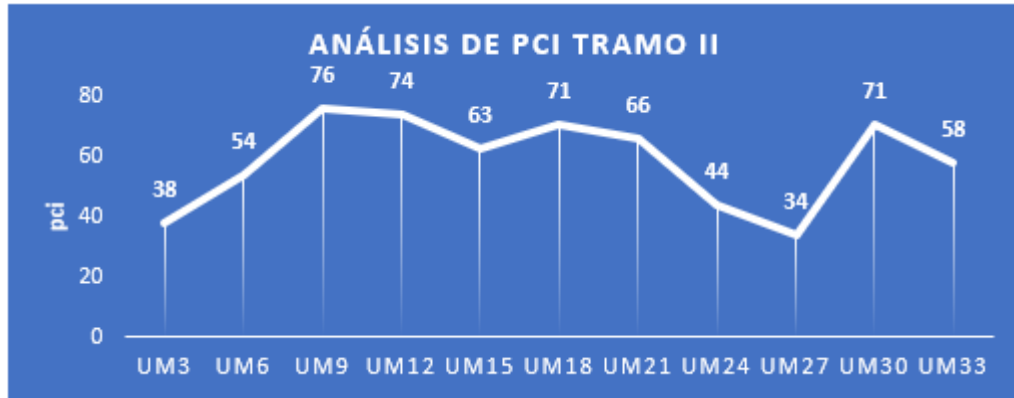


Figura 58: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Licto – Riobamba del tramo II 4+00 a 5+00 km.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 18** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 18: Determinación del estado de la vía tramo II 4+00 a 5+00 km.

\sum PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\sum PCI}{Num\ Muestras}$	Estado de la vía
649	54.08	Bueno

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Cálculo de PCI de la vía Licto Riobamba tramo III

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas del tramo III un total de 9 unidades de muestreo con un orden aleatorio de 2.

En la **figura 59** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 9 unidades de muestreo, de igual manera en unidades porcentuales de cada tipo de falla encontrado en la vía Licto – Riobamba.



Figura 59: Fallas en porcentajes de la vía Licto – Riobamba del tramo III 8+00 a 9 km en estudio.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se puede observar en la figura 59 la falla más representativa es la de parcheo. En la **tabla 19 y figura 60** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 19: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Licto – Riobamba del tramo III 8+00 a 9 km.

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM2	46	Km 8+00	Km 8+35	Regular
UM4	76	Km 8+70	Km 8+105	Muy Bueno
UM6	56	Km 8+140	Km 8+175	Bueno
UM8	66	Km 8+210	Km 8+245	Bueno
UM10	76	Km 8+280	Km 8+315	Muy Bueno
UM12	76	Km 8+350	Km 8+385	Muy Bueno
UM14	68	Km 8+420	Km 8+455	Bueno
UM16	54	Km 8+490	Km 8+525	Regular
UM18	71	Km 8+560	Km 8+595	Muy Bueno
Σ	589			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

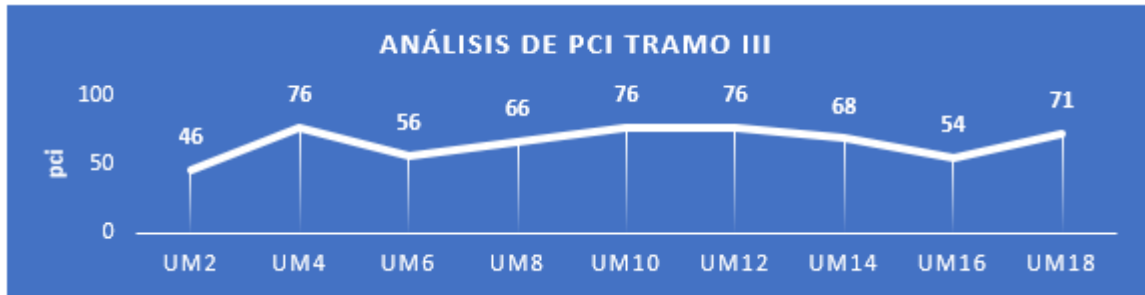


Figura 60: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Licto – Riobamba del tramo III 8+00 a 9 km.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 20** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 20: Determinación del estado de la vía tramo III 8+00 a 9 km.

Σ PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\Sigma PCI}{Num Muestras}$	Estado de la vía
589	65.44	Bueno

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Cálculo del estado total de la vía Licto – Riobamba

Para la determinación del estado de la vía se realizó mediante un promedio de los tres tramos en estudio dando como resultado de 60.72

$$\text{PCI Final} = \frac{\sum \text{PCI Parciales}}{\text{Número de PCI Parciales}} \text{ (Ecuación 4.1)}$$

$$\text{PCI Final} = \frac{62.64 + 54.08 + 65.44}{3} = 60.72$$

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía arterial, se considera como bueno, sin embargo, el ente gubernamental encargada de brindar un tránsito seguro, deberá intervenir en los lugares donde se obtuvo muestras de tipo regular, malo, muy malo, según la curva de deterioro el pavimento se encuentra en una fase C, donde el deterioro del pavimento es de forma acelerada.

4.2.2. Análisis de resultados de la vía arterial Leopoldo Freire

Se realizó la evaluación de la vía arterial Leopoldo Freire, esta vía fue intervenida en el año 2016 el tramo 1+00 2+200 km y el tramo 0+00 a 1+00 km no se ha realizado obras de mantenimiento en los últimos años, por lo que se encuentra deteriorado en más de un 50% de su superficie.

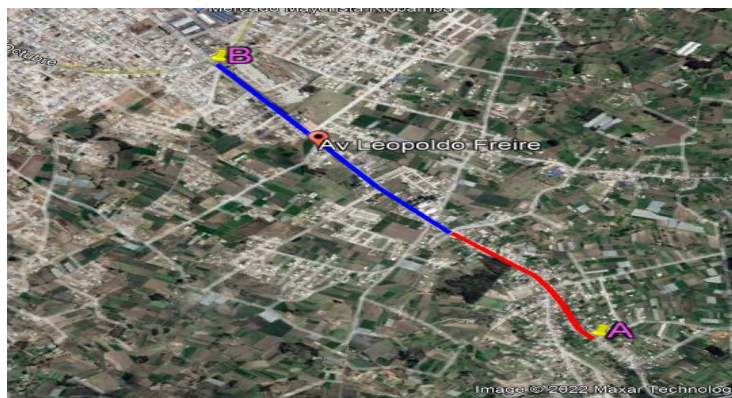


Figura 61: Vía Arterial Leopoldo Freire con una longitud de 2.3 km

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante calculo el número de muestras a ser inspeccionadas será 13 unidades de muestreo en un orden aleatorio de 6.

En la **figura 62** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 13 unidades de muestreo, de igual manera en unidades porcentuales de cada tipo de falla encontrado en la vía Leopoldo Freire.

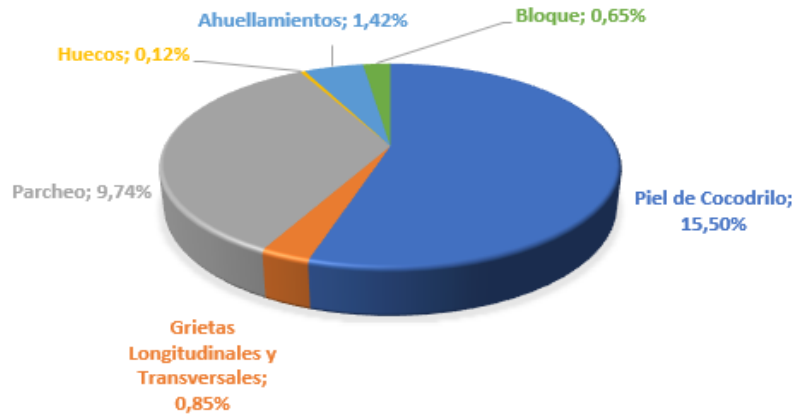


Figura 62: Fallas en porcentajes de la vía Leopoldo Freire

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la **figura 62** el daño más representativo es la falla piel de cocodrilo, este tipo de falla es ocasionado por la fatiga del material, de igual manera se observa que el parqueo es otra de las fallas considerables esto se dio a causa de que por esta vía pasa las tuberías del sistema de agua potable Maguazo – Alao y al momento de volver a reconstruir la vía no se realizó de manera correcta por lo que el deterioro del pavimento es de forma acelerada.

En la **tabla 21** y **figura 63** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo.

Tabla 21: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía Leopoldo Freire.

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa Final	Calificación
UM1	8	Km 00+00	Km 00+32	Fallado
UM6	36	Km 00+160	Km 00+192	Malo
UM12	32	Km 00+352	Km 00+384	Malo
UM18	36	Km 00+544	Km 00+576	Malo
UM24	66	Km 00+736	Km 00+768	Bueno
UM30	28	Km 00+928	Km 00+960	Malo
UM36	36	Km 1+120	Km 1+152	Malo
UM42	76	Km 1+312	Km 1+344	Muy Bueno
UM48	72	Km 1+472	Km 1+504	Muy Bueno
UM54	68	Km 1+664	Km 1+696	Bueno
UM60	46	Km 1+856	Km 1+888	Regular
UM66	56	Km 2+48	Km 2+80	Bueno
UM72	42	Km 2+240	Km 2+272	Regular
Σ	656			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

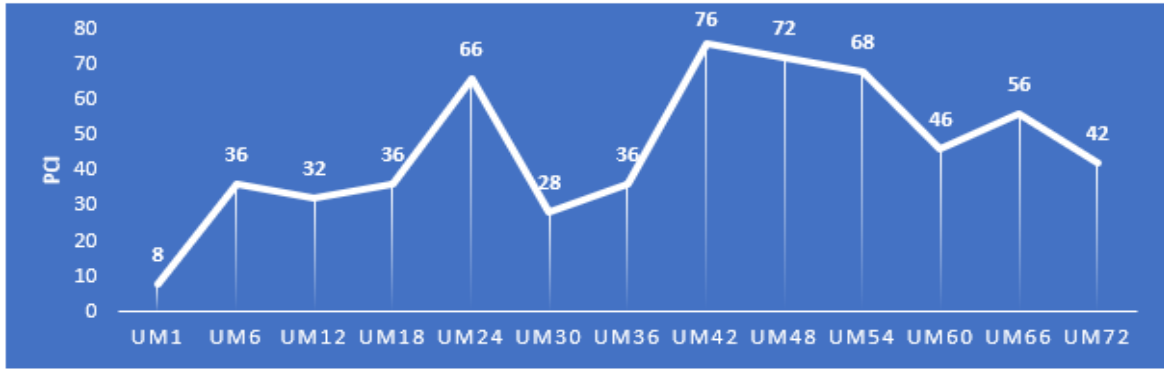


Figura 63: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía Leopoldo Freire

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 22** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 22: Determinación del estado de la vía Leopoldo Freire.

$\sum \text{PCI}$	$\text{PCI}_{\text{TOTAL}} = \frac{\sum \text{PCI}}{\text{Num Muestras}}$	Estado de la vía
656	46.85	Regular

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía arterial se encuentra en condiciones regular por lo cual se debe realizar una intervención con los diferentes tipos de mantenimiento con el objetivo de prolongar su vida útil para el cual fue diseñado la vía.

4.2.3. Análisis de resultados de la vía colectora José Joaquín de Olmedo

Se realizó la evaluación de la vía colectora José Joaquín de Olmedo el cual fue intervenido en el año 2018 con un mantenimiento de recapeo.

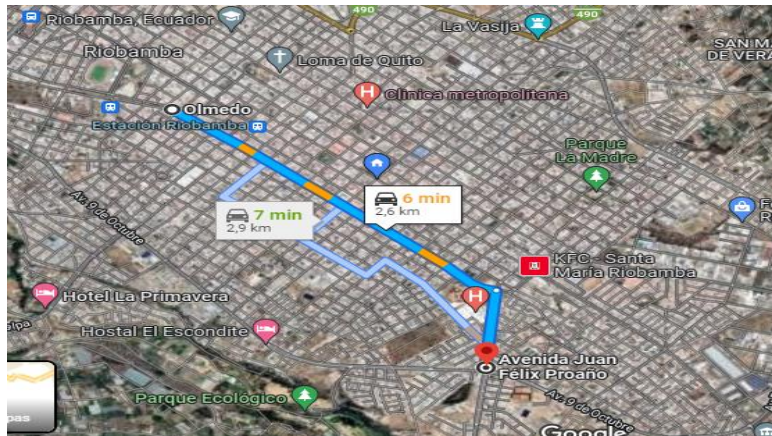


Figura 64: Vía Colectora José Joaquín de Olmedo a ser analizada con una longitud de 2.7 km

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante calculo el número de muestras a ser inspeccionadas son 14 unidades de muestreo, con un orden aleatorio de 6.

En la **figura 65** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 14 unidades de muestreo.



Figura 65: Fallas en porcentajes de la Vía José Joaquín de Olmedo

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo es el agrietamiento en bloque. Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 23 y figura 66** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo.

Tabla 23: Determinación del PCI para cada una de las muestras se la vía Olmedo

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa inicial	Calificación
UM1	86	Km 00+00	Km 00+32	Excelente
UM6	94	Km 00+160	Km 00+192	Excelente
UM12	92	Km 00+352	Km 00+384	Excelente
UM18	90	Km 00+544	Km 00+576	Excelente
UM24	85	Km 00+736	Km 00+768	Muy Bueno
UM30	94	Km 00+928	Km 00+960	Excelente
UM36	85	Km 1+120	Km 1+152	Muy Bueno
UM42	90	Km 1+312	Km 1+344	Excelente
UM48	94	Km 1+472	Km 1+504	Excelente
UM54	93	Km 1+664	Km 1+696	Excelente
UM60	95	Km 1+856	Km 1+888	Excelente
UM66	86	Km 2+48	Km 2+80	Excelente
UM72	84	Km 2+240	Km 2+272	Muy Bueno
UM78	88	Km 2+432	Km 2+464	Excelente
Σ	1257			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

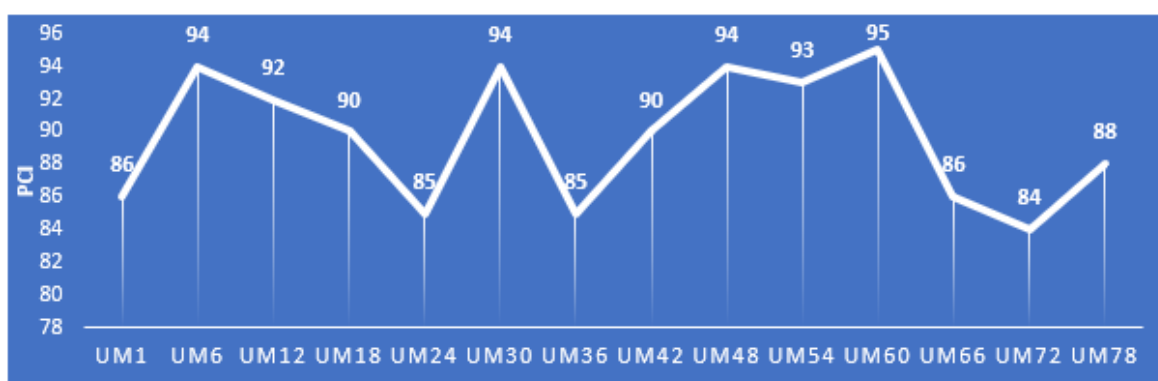


Figura 66: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía colectora José Joaquín de Olmedo

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 24** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 24: Determinación del estado de la vía José Joaquín de Olmedo.

Σ PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\Sigma PCI}{Num Muestras}$	Estado de la vía
1256	89.71	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente por lo cual requiere obras de mantenimiento rutinarios.

4.2.4. Análisis de resultados de la vía colectora Gaspar de Villarroel.

Se realizó la evaluación de la vía Gaspar de Villarroel, esta vía fue intervenida en el año 2018.



Figura 67: Vía Colectora Gaspar de Villarroel a ser analizada con una longitud de 1.8 km.

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante calculo el número de muestras a ser inspeccionadas son 12 unidades de muestreo, con un orden aleatorio de 5.

En la **figura 68** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 12 unidades de muestreo,

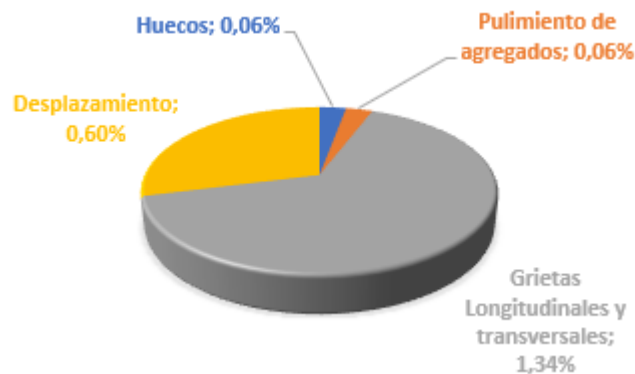


Figura 68: Fallas en porcentajes de la Vía José Joaquín de Olmedo

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo son las fallas por grietas longitudinales y transversales.

Los demás tipos de fallas abarcan un área mínima del total de la vía por lo que no afectan en gran magnitud a la vía.

En la **tabla 25 y figura 69** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo.

Tabla 25: Determinación del PCI para cada una de las muestras se la vía Gaspar de Villaroel.

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM1	73	Km 00+00	Km 00+32	Bueno
UM5	100	Km 00+128	Km 00+160	Excelente
UM10	100	Km 00+288	Km 00+320	Excelente
UM15	96	Km 00+448	Km 00+480	Excelente
UM20	96	Km 00+608	Km 00+640	Excelente
UM25	96	Km 00+768	Km 00+800	Excelente
UM30	93	Km 00+928	Km 00+960	Excelente
UM35	96	Km 1+88	Km 1+120	Excelente
UM40	100	Km 1+248	Km 1+280	Excelente
UM45	100	Km 1+408	Km 1+440	Excelente
UM50	100	Km 1+568	Km 1+600	Excelente
UM55	55	Km 1+728	Km 1+760	Bueno
Σ	1102			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

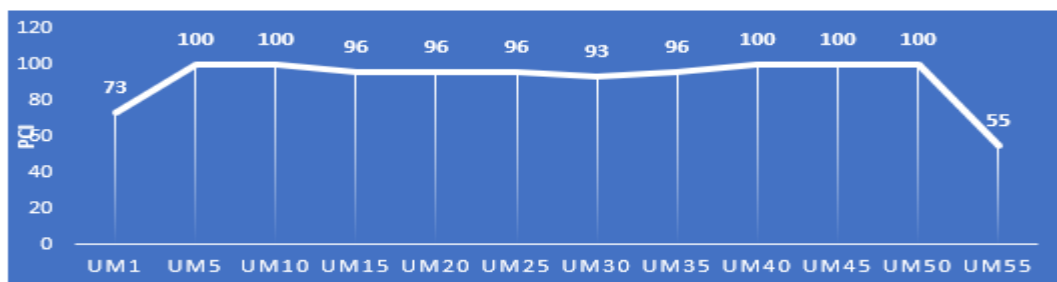


Figura 69: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía colectora Gaspar de Villaroel

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 26** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 26: Determinación del estado de la vía Gaspar de Villarroel.

\sum PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\sum PCI}{Num\ Muestras}$	Estado de la vía
1102	91.83	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente por lo que requiere obras de mantenimientos rutinarios.

4.2.5. Análisis de resultados de la vía colectora José Orozco.

De igual manera se realizó la evaluación de la vía José Orozco. Intervenida en el 2017.

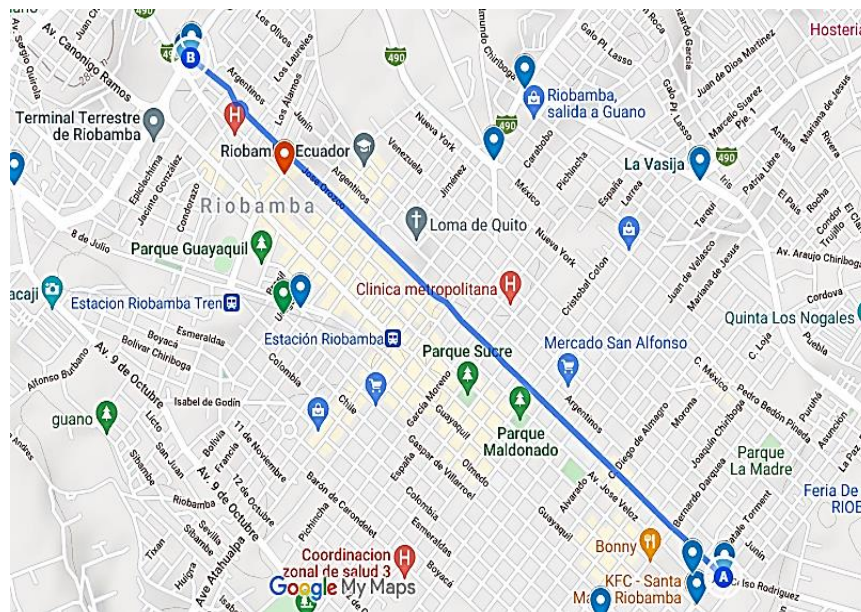


Figura 70: Vía José Orozco a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante calculo el número de muestras a ser inspeccionadas son 14 unidades de muestreo con un orden aleatorio de 7.

En la **figura 71** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 14 unidades de muestreo,

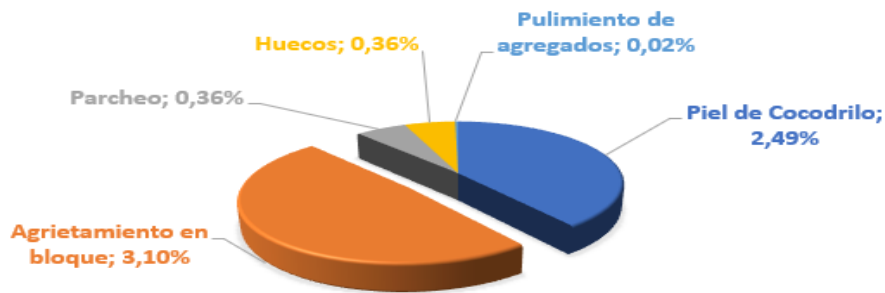


Figura 71: Fallas en porcentajes de la vía José Orozco

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la **figura 71** el daño más representativo son el agrietamiento en bloque.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 27** y **figura 72** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 27: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía José Orozco

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa Final	Calificación
UM1	39	Km 00+00	Km 00+32	Malo
UM7	70	Km 00+192	Km 00+224	Bueno
UM14	86	Km 00+416	Km 00+448	Bueno
UM21	90	Km 00+640	Km 00+672	Excelente
UM28	60	Km 00+864	Km 00+896	Bueno
UM35	76	Km 1+88	Km 1+120	Muy bueno
UM42	80	Km 1+312	Km 1+344	Muy bueno
UM49	60	Km 1+536	Km 1+568	Bueno
UM56	68	Km 1+760	Km 1+792	Excelente
UM63	86	Km 1+984	Km 2+16	Excelente
UM70	82	Km 2+208	Km 2+240	Muy bueno
UM77	74	Km 2+432	Km 2+464	Excelente
UM84	100	Km 2+656	Km 2+688	Excelente
UM91	100	Km 2+880	Km 2+912	Excelente
Σ	1049			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

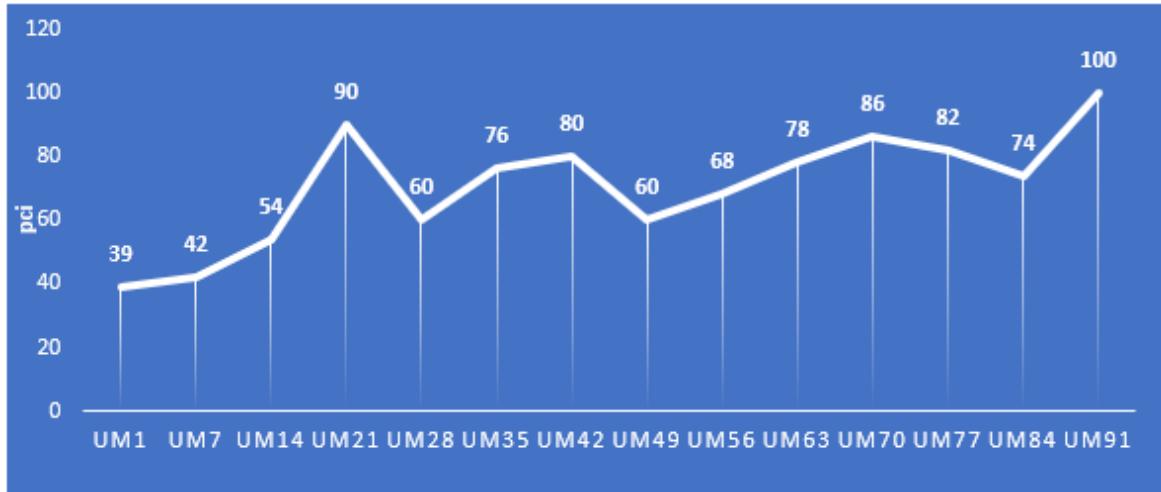


Figura 72: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía José Orozco

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 28** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 28: Determinación del estado de la vía José Orozco.

$\sum \text{PCI}$	$\text{PCI}_{\text{TOTAL}} = \frac{\sum \text{PCI}}{\text{Num Muestras}}$	Estado de la vía
1049	74.93	Muy bueno

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como muy bueno por lo que requiere obras de mantenimiento rutinario y periódicos.

4.2.6. Análisis de resultados de la vía colectora José Veloz

De igual manera se realizó la evaluación de la vía José Veloz. Intervenida en el 2011.

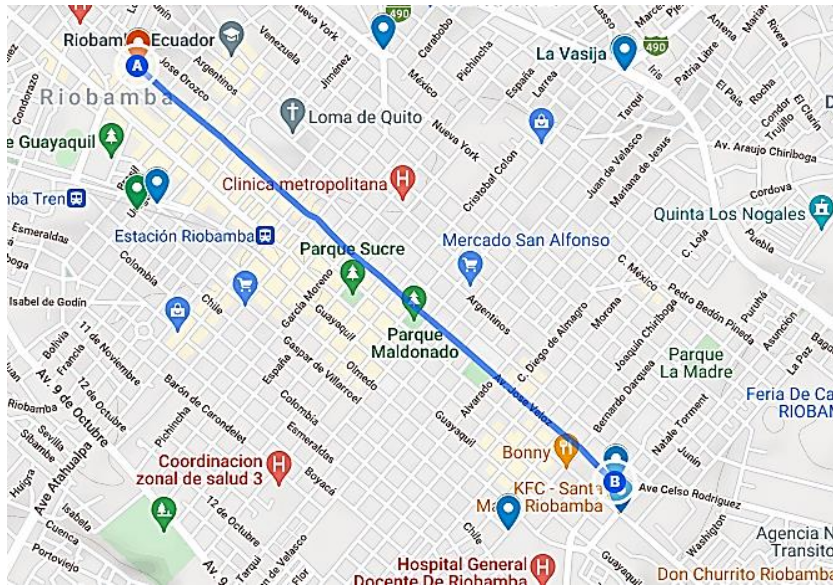


Figura 73: Vía José Veloz a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas, 13 unidades de muestreo con un orden aleatorio de 6.

En la **figura 74** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 13 unidades de muestreo.

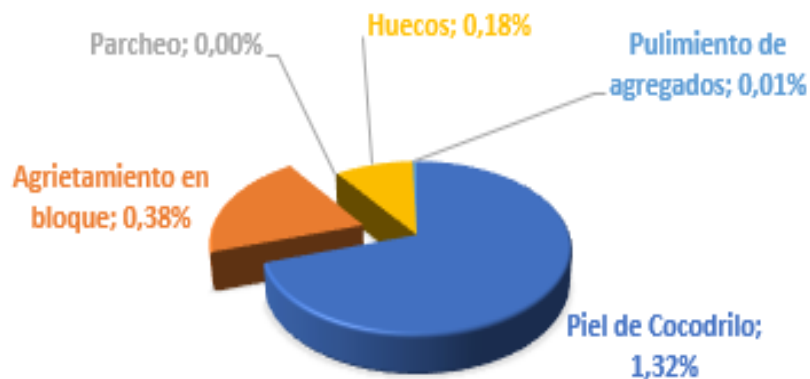


Figura 74: Fallas en porcentajes de la vía José Veloz

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo son la falla piel de cocodrilo. Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 26** y **figura 75** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 29: Determinación del PCI para cada una de las muestras de la vía José Veloz

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa Final	Calificación
UM1	78	Km 00+00	Km 00+32	Muy bueno
UM6	80	Km 00+160	Km 00+192	Muy bueno
UM12	72	Km 00+352	Km 00+384	Muy bueno
UM18	52	Km 00+544	Km 00+576	Regular
UM24	92	Km 00+736	Km 00+768	Excelente
UM30	60	Km 00+928	Km 00+960	Bueno
UM36	62	Km 1+120	Km 1+152	Bueno
UM42	78	Km 1+312	Km 1+344	Muy bueno
UM48	72	Km 1+504	Km 1+536	Muy bueno
UM54	82	Km 1+696	Km 1+728	Bueno
UM60	98	Km 1+888	Km 1+920	Excelente
UM66	78	Km 2+80	Km 2+112	Muy bueno
UM72	78	Km 2+272	Km 2+304	Muy bueno
Σ	982			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

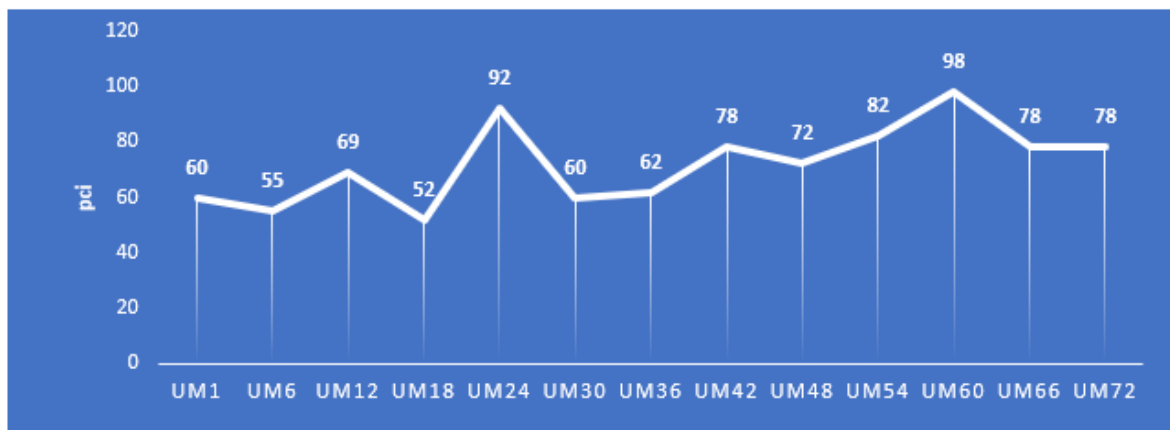


Figura 75: PCI para cada unidad de Muestra de la Vía José Veloz

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 30** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 30: Determinación del estado de la vía José Veloz.

Σ PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\Sigma PCI}{Num Muestras}$	Estado de la vía
982	75.54	Muy bueno

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como muy bueno por lo que requiere obras de mantenimiento rutinario y periódico.

4.2.7. Análisis de resultados de la vía arterial de pavimento rígido (Anillo Vial)

4.2.7.1. Análisis de resultados de la vía arterial de pavimento rígido (Mercado mayorista redondel de San Luis carril derecho)

De igual manera se realizó la evaluación del tramo de vía del anillo vial (Mercado mayorista – Redondel de San Luis).

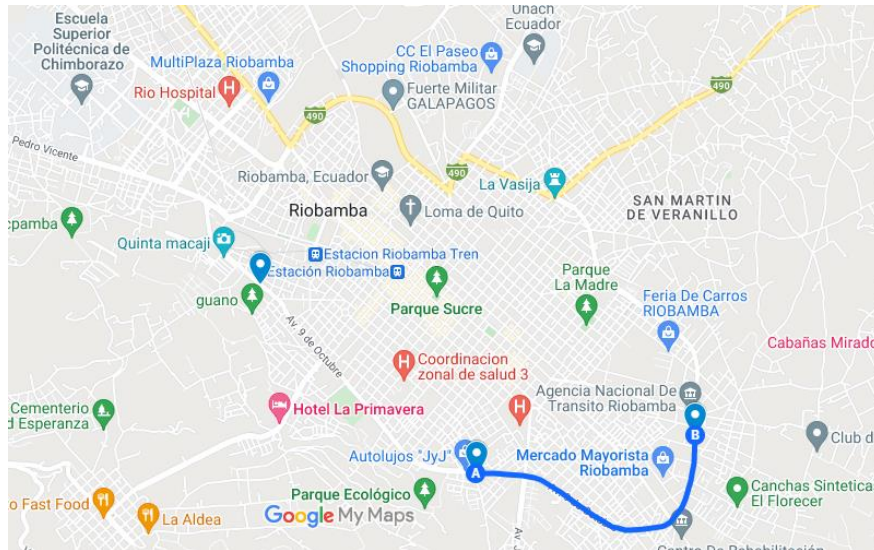


Figura 76: Tramo Mayorista – Redondel de San Luis a ser analizada.

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 20 unidades de muestreo.

En la **figura 77** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 20 unidades de muestreo.



Figura 77: Fallas en porcentajes del Tramo Mayorista – Redondel de san Luis a ser analizada.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo son el de sello de junta.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 31** y **figura 78** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 31: Determinación del PCI para cada una de las muestras Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril derecho)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM1	96	Km 00+00	Km 00+45	Excelente
UM2	98	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	98	Km 00+180	Km 00+225	Excelente
UM4	98	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	98	Km 00+360	Km 00+405	Excelente
UM6	98	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	98	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	96	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	96	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	98	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
UM11	98	Km 00+900	Km 00+945	Excelente
UM12	98	Km 00+990	Km 01+035	Excelente
UM13	92	Km 01+080	Km 01+125	Excelente
UM14	92	Km 01+170	Km 01+215	Excelente
UM15	98	Km 01+260	Km 01+305	Excelente

UM16	98	Km 01+350	Km 01+395	Excelente
UM17	98	Km 01+440	Km 01+485	Excelente
UM18	98	Km 01+530	Km 01+575	Excelente
UM19	98	Km 01+620	Km 01+665	Excelente
UM20	98	Km 01+710	Km 01+755	Excelente
Σ	1942			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

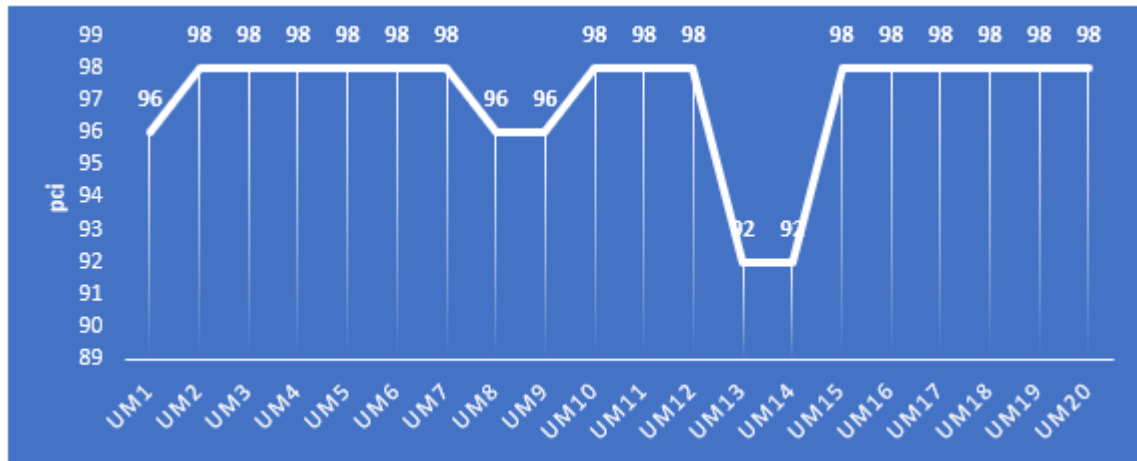


Figura 78: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril derecho)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 29** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada.

Tabla 32: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+205.

Σ PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\Sigma PCI}{Num Muestras}$	Estado de la vía
1942	97.1	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los resultados obtenidos el tramo estudiado se encuentra en excelentes condiciones

4.2.7.2. Análisis de resultados del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho)

De igual manera se realizó la evaluación del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho).

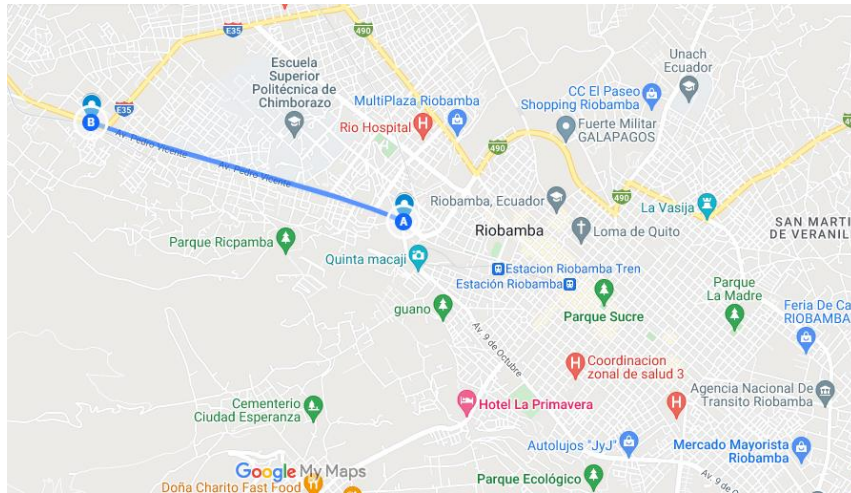


Figura 79: Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho) a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 25 unidades de muestreo.

En la **figura 80** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 25 unidades de muestreo.



Figura 80: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho) a ser analizada

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo al sello de juntas.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 33 y figura 81** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo.

Tabla 33: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa inicial	Calificación
UM1	96	Km 00+00	Km 00+455	Excelente
UM2	98	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	98	Km 00+180	Km 00+225	Excelente
UM4	98	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	98	Km 00+360	Km 00+405	Excelente
UM6	98	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	96	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	98	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	98	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	98	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
UM11	98	Km 00+900	Km 00+945	Excelente
UM12	98	Km 00+990	Km 01+035	Excelente
UM13	98	Km 01+080	Km 01+125	Excelente
UM14	98	Km 01+170	Km 01+215	Excelente
UM15	98	Km 01+260	Km 01+305	Excelente
UM16	95	Km 01+350	Km 01+395	Excelente
UM17	99	Km 01+440	Km 01+485	Excelente
UM18	90	Km 01+530	Km 01+575	Excelente
UM19	98	Km 01+620	Km 01+665	Excelente
UM20	98	Km 01+710	Km 01+755	Excelente
UM21	98	Km 01+800	Km 01+845	Excelente
UM22	98	Km 01+890	Km 01+935	Excelente
UM23	98	Km 01+980	Km 02+025	Excelente
UM24	98	Km 02+070	Km 02+115	Excelente
UM25	98	Km 02+160	Km 02+205	Excelente
Σ	2436			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

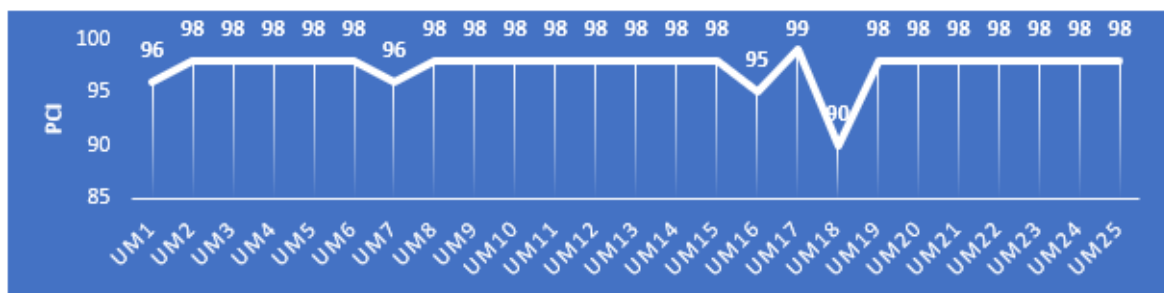


Figura 81: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 34** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 34: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.

\sum PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\sum PCI}{Num\ Muestras}$	Estado de la vía
2436	97.44	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente.

4.2.7.3. Análisis de resultados del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho)

De igual manera se realizó la evaluación del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho).

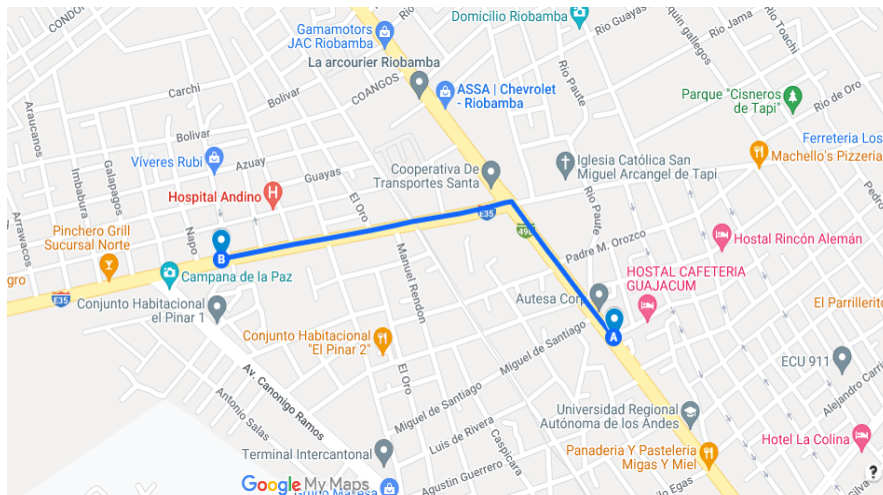


Figura 82: Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho) a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 10 unidades de muestreo.

En la **figura 83** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 10 unidades de muestreo,

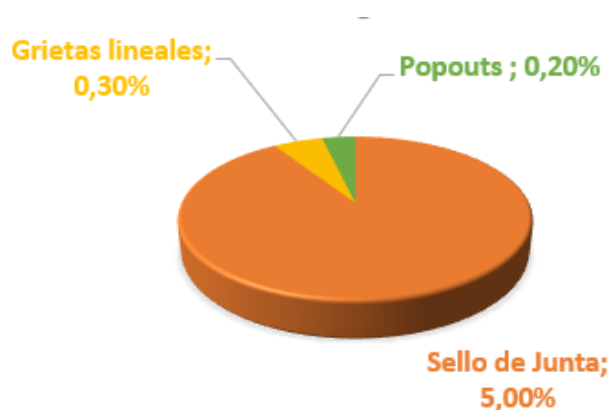


Figura 83: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho) a ser analizada

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo al sello de juntas.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 35 y figura 84** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 35: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa inicial	Calificación
UM1	96	Km 00+00	Km 00+455	Excelente
UM2	96	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	98	Km 00+180	Km 00+225	Excelente
UM4	98	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	98	Km 00+360	Km 00+405	Excelente
UM6	98	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	98	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	99	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	96	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	98	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
Σ	975			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

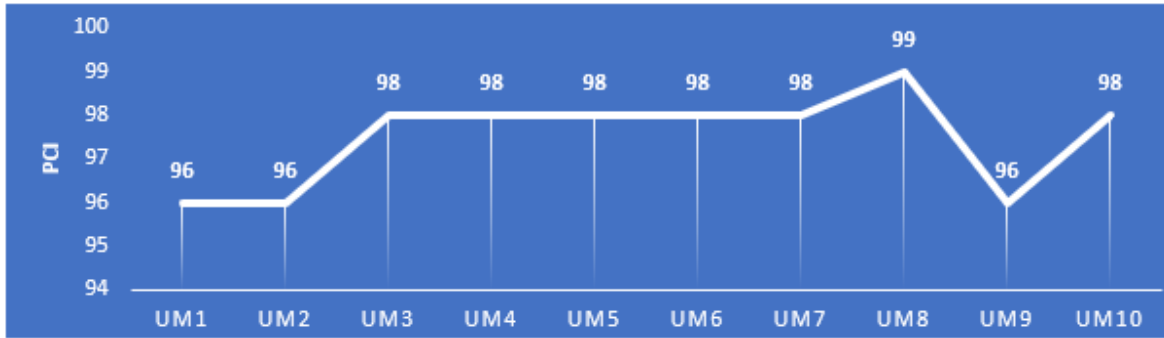


Figura 84: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 36** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 36: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.

\sum PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\sum PCI}{Num\ Muestras}$	Estado de la vía
975	97.5	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente.

4.2.7.4. Análisis de resultados del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho)

De igual manera se realizó la evaluación del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho).

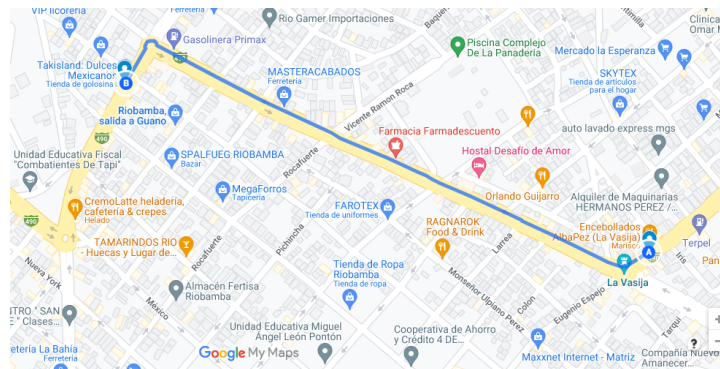


Figura 85: Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 10 unidades de muestreo.

En la **figura 86** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 10 unidades de muestreo,

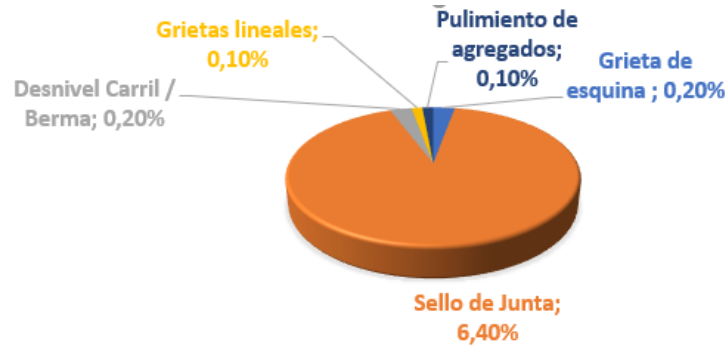


Figura 86: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) a ser analizada

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo son el agrietamiento en bloque.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 37** y **figura 87** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 37: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM1	98	Km 00+00	Km 00+455	Excelente
UM2	99	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	98	Km 00+180	Km 00+225	Excelente
UM4	94	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	98	Km 00+360	Km 00+405	Excelente
UM6	98	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	98	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	92	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	98	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	98	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
Σ	985			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

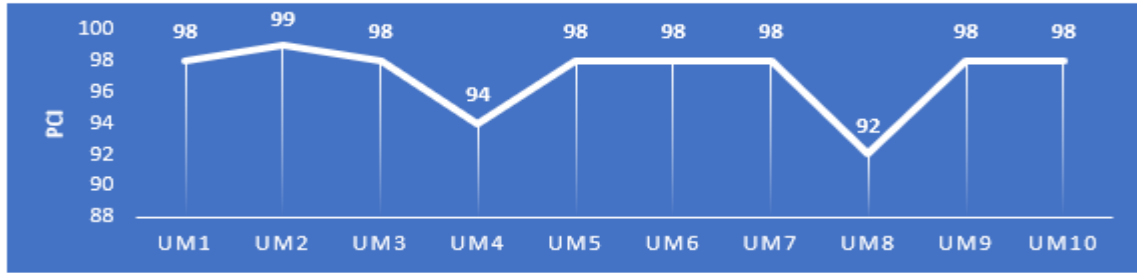


Figura 87: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 38** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 38: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.

$\sum \text{PCI}$	$\text{PCI}_{\text{TOTAL}} = \frac{\sum \text{PCI}}{\text{Num Muestras}}$	Estado de la vía
971	97.1	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente.

$$\text{PCI Final} = \frac{\sum \text{PCI Parciales}}{\text{Número de PCI Parciales}} \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

$$\text{PCI Final Carril derecho} = \frac{97.1 + 97.44 + 97.5 + 97.1}{4} = 97.29$$

Según los resultados obtenidos mediante el método del PCI del anillo vial la vía se encuentra en un rango de excelente, sin embargo, el ente gubernamental debe realizar las respectivas reparaciones en las fallas encontrados a lo largo de la vía con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento.

4.2.7.5. Análisis de resultados de la vía arterial de pavimento rígido (Mercado mayorista redondel de San Luis carril izquierdo)

De igual manera se realizó la evaluación del tramo de vía del anillo vial (Mercado mayorista – Redondel de San Luis).

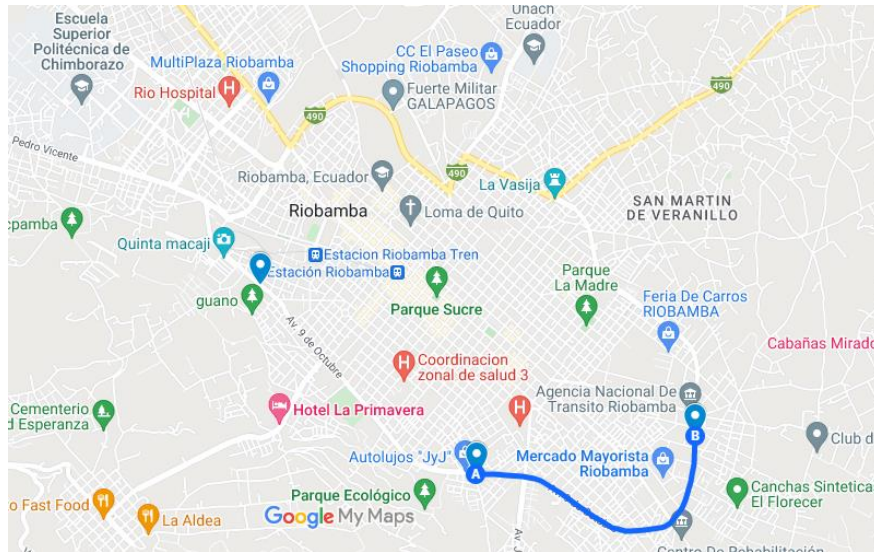


Figura 88: Tramo Mayorista – Redondel de san Luis a ser analizada.

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 20 unidades de muestreo.

En la **figura 89** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 25 unidades de muestreo.

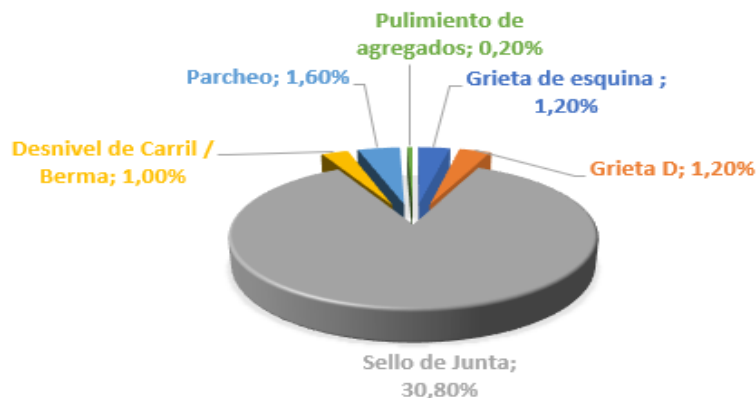


Figura 89: Fallas en porcentajes del Tramo Mayorista – Redondel de San Luis a ser analizada.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo son el de sello de junta.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 39** y **figura 90** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 39: Determinación del PCI para cada una de las muestras Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril Izquierdo)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM1	97	Km 00+00	Km 00+45	Excelente
UM2	98	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	98	Km 00+180	Km 00+225	Excelente
UM4	97	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	85	Km 00+360	Km 00+405	Muy Bueno
UM6	88	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	97	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	97	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	96	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	87	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
UM11	98	Km 00+900	Km 00+945	Excelente
UM12	98	Km 00+990	Km 1+35	Excelente
UM13	98	Km 1+80	Km 1+125	Excelente
UM14	98	Km 1+170	Km 1+215	Excelente
UM15	95	Km 1+260	Km 1+305	Excelente
UM16	98	Km 1+350	Km 1+395	Excelente
UM17	94	Km 1+440	Km 1+485	Excelente
UM18	98	Km 1+530	Km 1+575	Excelente
UM19	98	Km 1+620	Km 1+665	Excelente
UM20	46	Km 1+710	Km 1+755	Regular
UM21	98	Km 1+800	Km 1+845	Excelente
UM22	98	Km 1+890	Km 1+935	Excelente
UM23	98	Km 1+980	Km 2+25	Excelente
UM24	98	Km 2+70	Km 2+115	Excelente
UM25	98	Km 2+160	Km 2+205	Excelente
Σ	2351			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

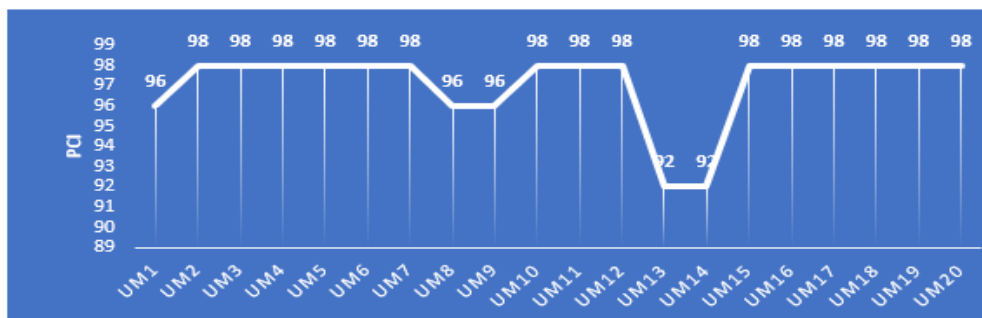


Figura 90: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril Izquierdo)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 40** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada.

Tabla 40: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Mayorista-Redondel San Luis; Carril izquierdo) km 00+00 hasta km 2+205.

\sum PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\sum PCI}{Num\ Muestras}$	Estado de la vía
2351	90.42	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía arterial, se considera como excelente.

4.2.7.6. Análisis de resultados del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril izquierdo)

De igual manera se realizó la evaluación del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril izquierdo).

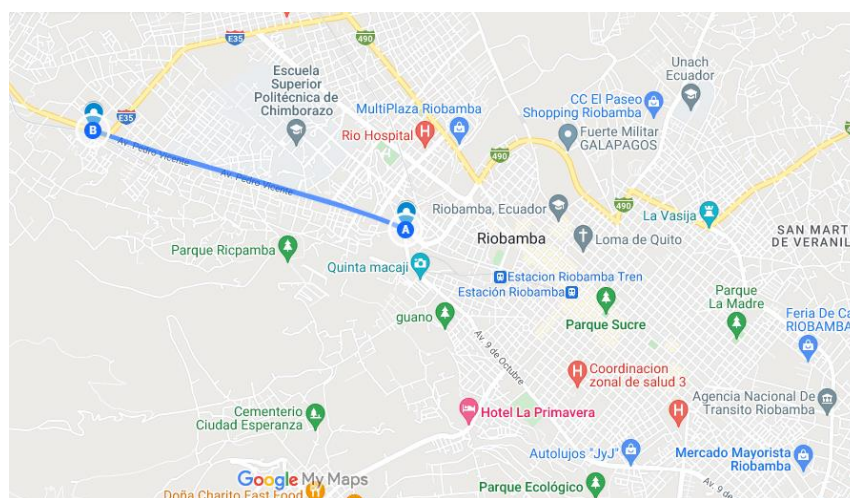


Figura 91: Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo) a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 25 unidades de muestreo.

En la **figura 92** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 25 unidades de muestreo.



Figura 92: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo) a ser analizada

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo al sello de juntas.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 41 y figura 93** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo.

Tabla 41: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM1	97	Km 00+00	Km 00+45	Excelente
UM2	98	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	98	Km 00+180	Km 00+225	Excelente
UM4	97	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	98	Km 00+360	Km 00+405	Excelente
UM6	92	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	94	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	97	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	96	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	97	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
UM11	98	Km 00+900	Km 00+945	Excelente
UM12	98	Km 00+990	Km 1+35	Excelente
UM13	92	Km 1+80	Km 1+125	Excelente
UM14	92	Km 1+170	Km 1+215	Excelente
UM15	85	Km 1+260	Km 1+305	Muy Bueno
UM16	92	Km 1+350	Km 1+395	Excelente
UM17	98	Km 1+440	Km 1+485	Excelente
UM18	98	Km 1+530	Km 1+575	Excelente

UM19	98	Km 1+620	Km 1+665	Excelente
UM20	98	Km 1+710	Km 1+755	Excelente
UM21	98	Km 1+800	Km 1+845	Excelente
UM22	98	Km 1+890	Km 1+935	Excelente
UM23	98	Km 1+980	Km 2+25	Excelente
UM24	98	Km 2+70	Km 2+115	Excelente
UM25	98	Km 2+160	Km 2+205	Excelente
Σ	2403			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

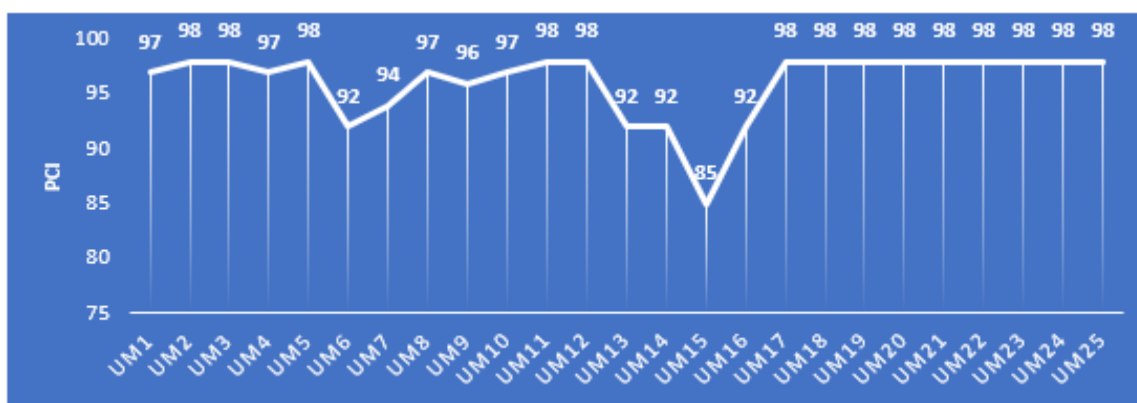


Figura 93: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril Izquierdo)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 42** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 42: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Media Luna-Politécnica; Carril izquierdo) km 00+00 hasta km 1+00.

Σ PCI	$PCI_{TOTAL} = \frac{\Sigma PCI}{Num Muestras}$	Estado de la vía
2403	96.12	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente.

4.2.7.7. Análisis de resultados del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo)

De igual manera se realizó la evaluación del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril izquierdo).

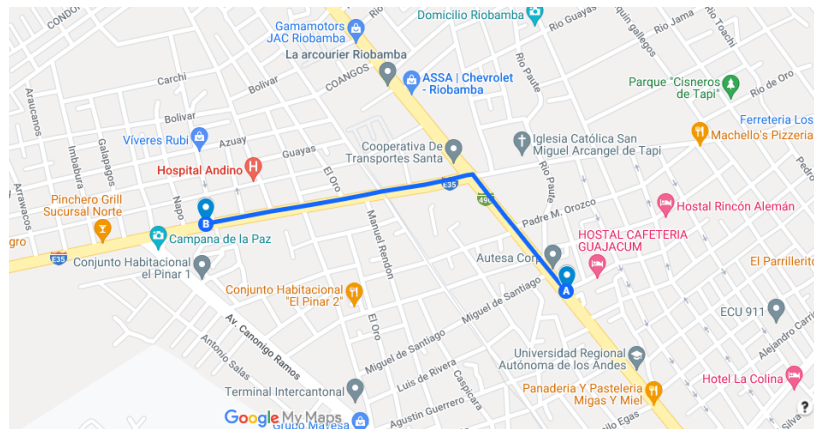


Figura 94: Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo) a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 10 unidades de muestreo.

En la **figura 95** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 10 unidades de muestreo,

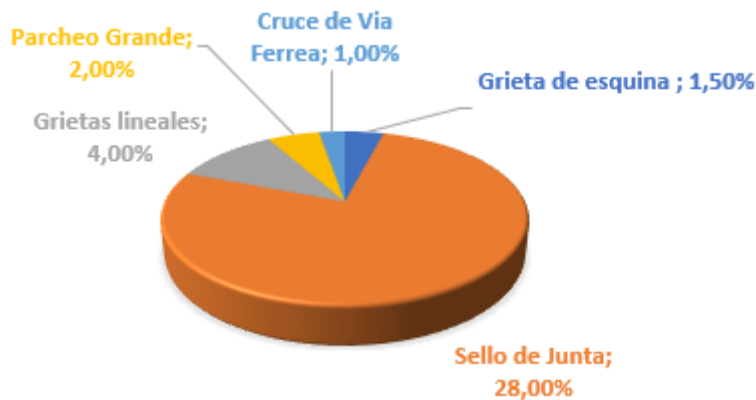


Figura 95: Fallas en porcentaje del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo) a ser analizada

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo al sello de juntas.

Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 43 y figura 96** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 43: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM1	70	Km 00+00	Km 00+455	Bueno
UM2	88	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	76	Km 00+180	Km 00+225	Muy Bueno
UM4	98	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	98	Km 00+360	Km 00+405	Excelente
UM6	90	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	98	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	94	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	98	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	98	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
Σ	908			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

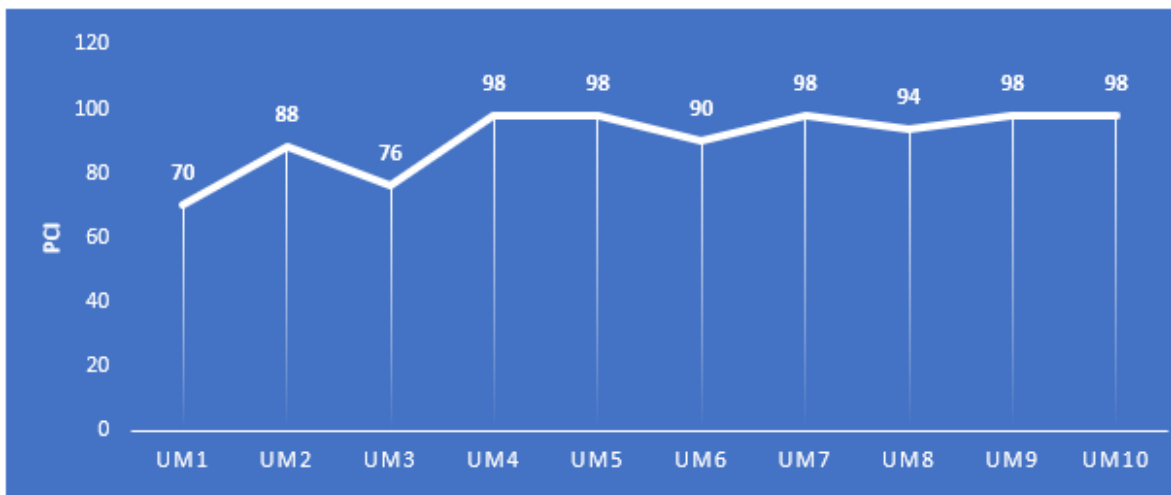


Figura 96: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril Izquierdo)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 44** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 44: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Rieles del tren - Baipás; Carril izquierdo) km 00+00 hasta km 1+00.

$\sum \text{PCI}$	$\text{PCI}_{\text{TOTAL}} = \frac{\sum \text{PCI}}{\text{Num Muestras}}$	Estado de la vía
908	90.8	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente.

4.2.7.8. Análisis de resultados del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril izquierdo)

De igual manera se realizó la evaluación del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho).

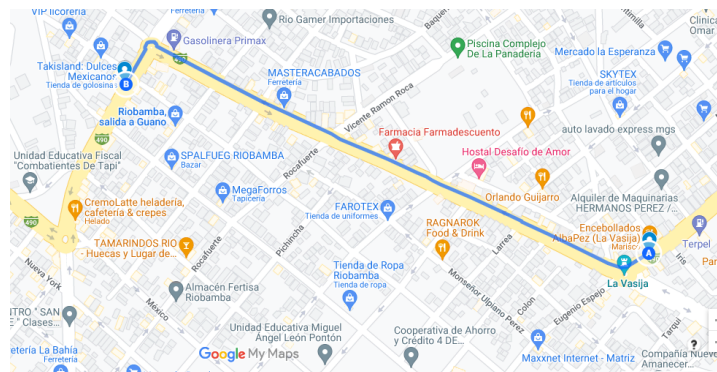


Figura 97: Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo) a ser analizada

Fuente: (Google, s.f)

Se obtuvo mediante cálculo el número de muestras a ser inspeccionadas dando como resultado de 10 unidades de muestreo.

En la **figura 98** se visualiza los deterioros encontrados durante la inspección visual a las 10 unidades de muestreo,



Figura 98: Fallas en porcentajes del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo) a ser analizada

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Como se ilustra en la figura el daño más representativo es el agrietamiento en bloque. Los otros datos obtenidos no afectarían en gran magnitud a la vía, debido a que aparecen en cantidades pequeñas.

En la **tabla 45 y figura 99** se resume los valores del PCI de cada unidad de muestreo

Tabla 45: Determinación del PCI para cada una de las muestras del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo)

Muestra	PCI	Abscisa inicial	Abscisa final	Calificación
UM1	99	Km 00+00	Km 00+455	Excelente
UM2	98	Km 00+90	Km 00+135	Excelente
UM3	99	Km 00+180	Km 00+225	Excelente
UM4	98	Km 00+270	Km 00+315	Excelente
UM5	98	Km 00+360	Km 00+405	Excelente
UM6	98	Km 00+450	Km 00+495	Excelente
UM7	98	Km 00+540	Km 00+585	Excelente
UM8	98	Km 00+630	Km 00+675	Excelente
UM9	99,25	Km 00+720	Km 00+765	Excelente
UM10	98	Km 00+810	Km 00+855	Excelente
Σ	983,25			

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

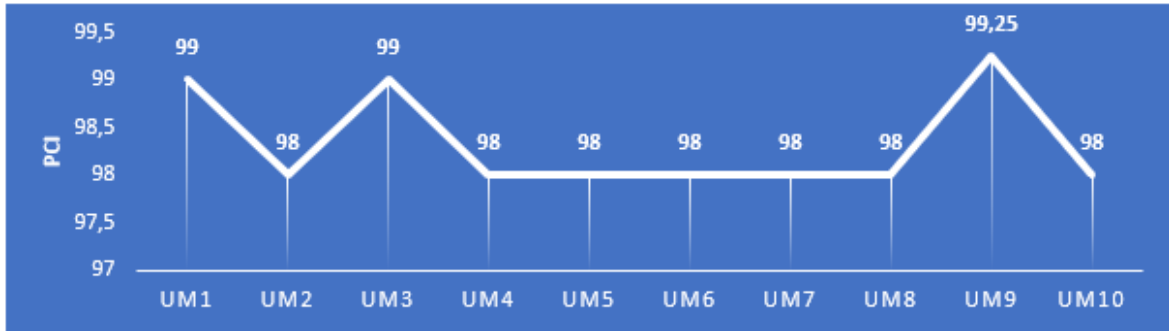


Figura 99: PCI para cada unidad de Muestra del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril Izquierdo)

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

A continuación, en la **tabla 46** se determina el estado de la vía de toda la sección analizada

Tabla 46: Determinación del estado del Anillo Vial Riobamba (Vasija - Vía a Guano; Carril derecho) km 00+00 hasta km 1+00.

$\sum \text{PCI}$	$\text{PCI}_{\text{TOTAL}} = \frac{\sum \text{PCI}}{\text{Num Muestras}}$	Estado de la vía
983.5	98.3	Excelente

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Según los valores obtenidos mediante el método del PCI en la evaluación de esta vía colectora, se considera como excelente.

Para la determinación del estado general de toda la vía en análisis se realiza un promedio de los PCI encontrados.

$$\text{PCI Final} = \frac{\sum \text{PCI Parciales}}{\text{Número de PCI Parciales}} \quad \text{(Ecuación 4.3)}$$

$$\text{PCI Final Carril izquierdo} = \frac{90.42 + 96.12 + 90.8 + 98.3}{4} = 93.91$$

Según los resultados obtenidos mediante el método del PCI del anillo vial la vía se encuentra en un rango de excelente, sin embargo, el ente gubernamental debe realizar las respectivas reparaciones en las fallas encontrados a lo largo de la vía con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento.

4.3. Análisis de nivel de servicio de las vías en estudio.

Para la determinación de los valores de IRI de todas las secciones de vías en estudio se logró mediante una interpolación en base a los valores de PCI, con los cuales se ingresa en la **Figura 43** y se puede determinar el valor de IRI

De igual manera para determinar los valores de PSI se obtendrá en base a una interpolación con la ayuda de la **tabla 10** de la AASHO.

Tabla 47: Nivel de serviciabilidad de las vías en estudio en base a la norma AASHO y la relación con el PSI e IRI.

Vía	PCI	IRI	PSI	Nivel de serviciabilidad
Licto - Riobamba	60.72	2.4	2.64	Regular
Leopoldo Freire	46.85	4.54	1.64	Regular
Anillo Vial	96.05	0.823	4.177	Muy bueno
Olmedo	89.79	0.952	4.05	Muy bueno
Gaspar de Villaroel	91.83	0.91	4.09	Muy bueno
José Orozco	74.93	1.454	3.5	Bueno
José Veloz	75.54	1.43	3.52	Bueno

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

4.4. Posibles soluciones a las fallas existentes en las vías.

Tabla 48: Matriz de alternativas de intervención en las diferentes vías analizadas de pavimento flexible

N.º	FALLAS	PRINCIPIALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES
1	Piel de cocodrilo	La falla piel de cocodrilo es una serie de grietas interconectadas, ocasionadas por fatiga en la capa de rodadura por el tránsito.	Baja	Se realiza un sellado superficial
			Media	Parcheo parcial o en toda la profundidad
			Alta	Reconstrucción
2	Agrietamiento en Bloque	Este tipo de falla son grietas interconectadas en forma rectangular, esto se da por lo general por la contracción del hormigón asfáltico y los ciclos de temperatura diarias	Baja	Se realizará un sellado de grietas
			Media	Se realizará un sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 milímetros.
			Alta	Se realizará un sellado de grietas, Escarificado superficial, bacheo.

3	Depresión	Esta falla es causada por el asentamiento de las capas inferiores del pavimento debido a la filtración de agua por falta de sellado en las juntas.	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Parqueo parcial superficial
			Alta	Se realiza un parqueo parcial o profundo
4	Grieta de Borde	Este tipo de falla son grietas en forma de paralelo a una distancia de 0.3m y 0.6m del borde exterior. Es causado por fatiga de la capa de rodadura.	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Sellado de grieta con ancho mayor a 3mm
			Alta	Se realiza un parqueo parcial o profundo
5	Grietas longitudinales y transversales	Este tipo de grietas aparecen en forma paralela al eje del pavimento, generado por contracción del concreto asfáltico debido al cambio constante de temperatura, agrietamiento en la capa base	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Se realiza sellado de grietas de ancho mayor que 3mm
			Alta	Se realiza un sellado de grietas, parqueo parcial
6	Parqueo	Un parche es considerado como una parte del pavimento que ha sido remplazado por un material nuevo.	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Se realiza reemplazo de parche
			Alta	Se realiza reemplazo de parche
7	Pulimiento de Agregados	Este tipo de daño es ocasionado por las cargas repetitivas del tránsito, lo que genera el desprendimiento de los agregados de la superficie del pavimento.	Baja	Se realiza un tratamiento superficial, fresado, y sobre-carpeta
			Media	
			Alta	
8	Huecos	Este tipo de daño es ocasionado por el desprendimiento de los agregados, ocasionados por la falla piel de cocodrilo juntamente con el tránsito y la acumulación de agua generan que la falla crezca rápidamente.	Baja	Se realiza parqueo parcial
			Media	Se realiza parqueo parcial o profundo
			Alta	Se realiza parqueo profundo
9	Ahuellamiento	Este tipo de falla es derivado de una deformación permanente de	Baja	No se realiza ningún mantenimiento

una de las capas del pavimento o sub-rasante debido a la carga del tránsito.	Media	Se realiza un parcheo parcial
	Alta	Se realiza un parcheo parcial o profundo, fresado y sobre-carpeta

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

Tabla 49: Matriz de alternativas de intervención en las diferentes vías analizadas de pavimento rígido

N.º	FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES
1	Grieta de esquina	La falla grieta de esquina se da por la carga combinada y la perdida de soporte por los esfuerzos enviadas por el tránsito de vehículos.	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Se realiza un sellado de grietas de más de 3 milímetros.
			Alta	Se realiza un parcheo profundo.
2	Grieta de durabilidad "D"	La falla de grieta de durabilidad "D" son provocadas por la expansión de los agregados grandes ocasionados por el proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el pasar del tiempo, fractura gradualmente el concreto.	Baja	No se realiza ningún trabajo de mantenimiento.
			Media	Se ejecutará un parcheo profundo.
			Alta	Reconstrucción de juntas o reemplazo de la losa
3	Sello de Junta	Esta falla es causada por la pérdida de adherencia del sellante a los bordes de la losa	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Se ejecuta un resellado de juntas.
			Alta	Se ejecuta un resellado de juntas.
4			Baja	

	Desnivel de carril/Berm a	Este tipo de falla causada por el incremento de la infiltración de agua.	Media	Re-nivelación y se vuelven a llenar las bermas al mismo nivel del carril.
			Alta	Sellado de grieta con ancho mayor a 3mm Se realiza un parcheo parcial o profundo
5	Grietas lineales	Este tipo de grietas e ocasionado por los esfuerzos de fricción.	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Se realiza sellado de grietas de ancho mayor que 3mm
			Alta	Se realiza un sellado de grietas, parcheo parcial
6	Parcheo	Un parche es considerado como una parte del pavimento que ha sido remplazado por un material nuevo, el cual es ocasionado por las cargas repetitivas de tránsito.	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Se realiza reemplazo de parche
			Alta	Se realiza reemplazo de parche
7	Pulimiento de Agregados	Este tipo de daño es ocasionado por las cargas repetitivas del transito	Baja	
			Media	Ranurado de la superficie del pavimento.
			Alta	
8	Desprendimiento	Este tipo de daño es ocasionado por las cargas repetitivas del transito	Baja	
			Media	No se realiza ningún mantenimiento
			Alta	
9	Cruce de vía férrea	Este tipo de daño es ocasionado por las cargas repetitivas del transito	Baja	No se realiza ningún mantenimiento
			Media	Se realiza un parcheo parcial de la aproximación.
			Alta	Se realiza una reconstrucción del cruce.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En esta tesis se evaluó el ciclo de vida del pavimento rígido y flexible de las vías arteriales (Anillo vial, Licto – Riobamba, Leopoldo Freire) y colectoras (Olmedo, Gaspar de Villarroel, José Veloz, José Orozco) de la ciudad de Riobamba, mediante los métodos de PCI (Índice de Condición Del Pavimento) y PSI (Índice de Serviaviabilidad Presente)

Se clasifico las vías de la ciudad de Riobamba según su orden y material, para el caso de las vías arteriales (Licto – Riobamba, Leopoldo Freire) son considerados de orden primario pues poseen un TPDA > 700, lo que genera un alto flujo vehicular y está construida por una capa de rodadura asfáltica, con un material pétreo base y sub-base clase 3. El anillo vial es considerado una vía de primer orden y está construida con hormigón hidráulico, su base y sub-base es de igual manera de clase 3. Las vías colectoras (Olmedo, Gaspar de Villarroel, José Veloz, José Orozco) son considerados de orden secundario, poseen un TPDA < 700, por lo que estas vías poseen un tráfico menor y su base, sub-base están construidas con un material pétreo clase III.

Se evaluó el estado funcional y estructural de las vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba, mediante el método de verificación PCI (Índice de Condición Del Pavimento), dando como resultado valores para cada una de las vías en estudio (Anillo vial-95.6-Excelente, Licto-Riobamba-60.72-Buena, Leopoldo Freire-46.85-Regular, Olmedo-89.71-Excelente, Gaspar de Villarroel-91.83-Ecelente, José Orozco-70.64,-Muy Bueno, José Veloz-72-Muy bueno.), de acuerdo a la curva de deterioro del pavimento necesitan un manteniendo periódico las vías Licto – Riobamba, Leopoldo Freire, de igual manera para las vías Olmedo, Gaspar de Villarroel, José Orozco y José Veloz deberán ser intervenidas con un mantenimiento rutinario con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento y reducir costos de operación y mantenimiento a los usuarios y al estado.

Se determinó el nivel de serviaviabilidad de las vías arteriales y colectoras, mediante el método del PSI (Índice de Serviaviabilidad Presente) el cual califica mediante un rango de (0 Muy Malo – 5 Muy Bueno), arrojando como resultado (Anillo vial-4.177-Muy Bueno, Licto-Riobamba-2.64-Regular, Leopoldo Freire-1.64-Regular, Olmedo-4.05-Muy Bueno, Gaspar de Villarroel-4.09-Muy Bueno, José Orozco-3.38-Bueno José Veloz-3.49-Bueno.)

En base a los resultados obtenidos de cada una de las vías en estudio se propone varias soluciones a las fallas existentes para el caso de la vía Licto Riobamba se obtuvieron fallas tipo piel de cocodrilo, parcheo, ahuellamiento, huecos, hinchamiento, grietas longitudinales y transversales; Leopoldo Freire se obtuvieron fallas tipo piel de cocodrilo, huecos, parcheo, pulimiento de agregados, grietas longitudinales y transversales; Olmedo se obtuvo falla tipo cocodrilo, huecos; Gaspar de Villarroel se obtuvieron fallas tipo huecos , piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, desplazamientos pulimiento de agregados; José de

Orozco se obtuvieron fallas tipo piel de cocodrilo, pulimiento de agregados, huecos, parcheo, agrietamiento en bloque; José Veloz se obtuvieron los siguientes tipos de fallas piel de cocodrilo, pulimiento de agregados, huecos parcheo, agrietamiento en bloque; Anillo vial se obtuvieron las siguientes fallas grieta de esquina, grieta de durabilidad “D”, sello de Junta, desnivel de carril o berma, grietas lineales, parcheo, pulimiento de agregados , desprendimientos, cruce de vía férrea, cada una de estas vías deben ser intervenidas las fallas existentes de acuerdo a su nivel de severidad como muestra en la matriz de alternativas de intervención en pavimentos asfálticos o rígidos descritas en la **tabla 48 y 49**, con el fin de prolongar la vida útil del pavimento rígido y flexible, y de esta manera reducir los costos de mantenimiento tanto a los entes encargados de brindar seguridad y confort en las vías y los usuarios.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar un monitoreo continuo de las vías arteriales y colectoras de pavimento rígido y flexible de la ciudad de Riobamba y realizar de manera oportuna las intervenciones según el tipo de daño en la superficie del pavimento, mediante el cual se brinde seguridad y confort a los usuarios y se prolongue el ciclo de vida del pavimento para el que fueron diseñados.

De igual manera se recomienda que los sistemas de drenaje de las aguas lluvias se encuentren en perfecto estado, pues al momento de la recolección de datos para la elaboración de esta tesis se encontró en pésimo estado el sistema de drenaje de la vía Licto – Riobamba, el cual es un indicador que el ente gubernamental no tiene un plan de conservación y mantenimiento vial adecuado.

Es necesario realizar intervención exenta en las unidades de muestra que resultaron con una calificación de fallado; esto es un indicador que de manera fortuita han cumplido con su vida útil y por el estado en el que se encuentran causarían peligros y accidentes viales.

Se recomienda realizar un plan de mantenimiento vial anual de las diferentes vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba, mediante los diferentes tipos de mantenimiento rutinario, periódico, rehabilitación y construcción, pues al realizar el recorrido de las vías en estudio en esta tesis se pudo visualizar que las vías quedan en abandono, en especial las vías arteriales.

Las obras de mantenimiento vial se deberán hacer de manera correcta por profesionales, en base a normas técnicas de conservación y mantenimiento vial, una intervención oportuna e eficaz reduce gastos tanto a usuarios del sistema vial y al estado.

6. Bibliografía

- ASTM D 6433-11, (2011). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Estados Unidos.
- Bardales, C., & Cheng, G. (2013). Elaboracion de las curvas de ciclo de vida de las carreteras CA -1,CA-2 Y CA-3 [Tesis de ingenieria, Universidad de el Salvador]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4929/1/Elaboraci%C3%B3n%20de%20las%20curvas%20de%20ciclo%20de%20vida%20de%20las%20carreteras%20CA1,%20CA2%20y%20CA3.pdf>
- Calo, D. (2016). Reparacion y mantenimiento de pavimentos. Buenos Aires. Obtenido de https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/05-Reparacion_y_Mantenimiento_de_pavimentos.pdf
- Chavez, A., & Peñarreta, L. (2019). Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento [Tesis de ingenieria, Universidad de Cuenca. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32499/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- González, H., Ruiz, P., & Guerrero, D. (2018). Propuesta De Metodología Para La Evaluación De Pavimentos Mediante El Índice De Condición Del Pavimento (PCI). Ciencia en su PC, 1(4), 58-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358738015/html/>
- Google. (s.f). Distancia de la via arterial Licto- Riobamba. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@-1.6619492,-78.6557361,15.5z?hl=es>
- Homero, T. (2021). ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA CAJAMARCA – BAÑOS DEL INCA, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN [Tesis de ingenieria, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/TESIS%20-%20Sustentacion%20Publica.pdf>
- Ingenieria de transporte. (25 de agosto de 2016). CLASIFICACION DE VIAS - LOCALES, ARTERIALES, COLECTORAS, REGIONALES, EXPRESAS. Obtenido de <http://ingenierodetransportes.blogspot.com/2016/08/clasificacion-de-vias-locales.html>
- Leonardo, A., Alonso, T., Dustin, A., & Cristian, M. (2018). EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (RUGOSIDAD Y DEFLEXION). Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/pdf-informe-final-rugosimetro-de-merlin_compress.pdf
- Martinez, C. (2015). Analisis del ciclo de vida de pavimentos asfalticos [Tesis de maestria, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional. Obtenido de [file:///D:/DATOS%20DE%20USUARIO/Downloads/143452144%20\(1\).pdf](file:///D:/DATOS%20DE%20USUARIO/Downloads/143452144%20(1).pdf)

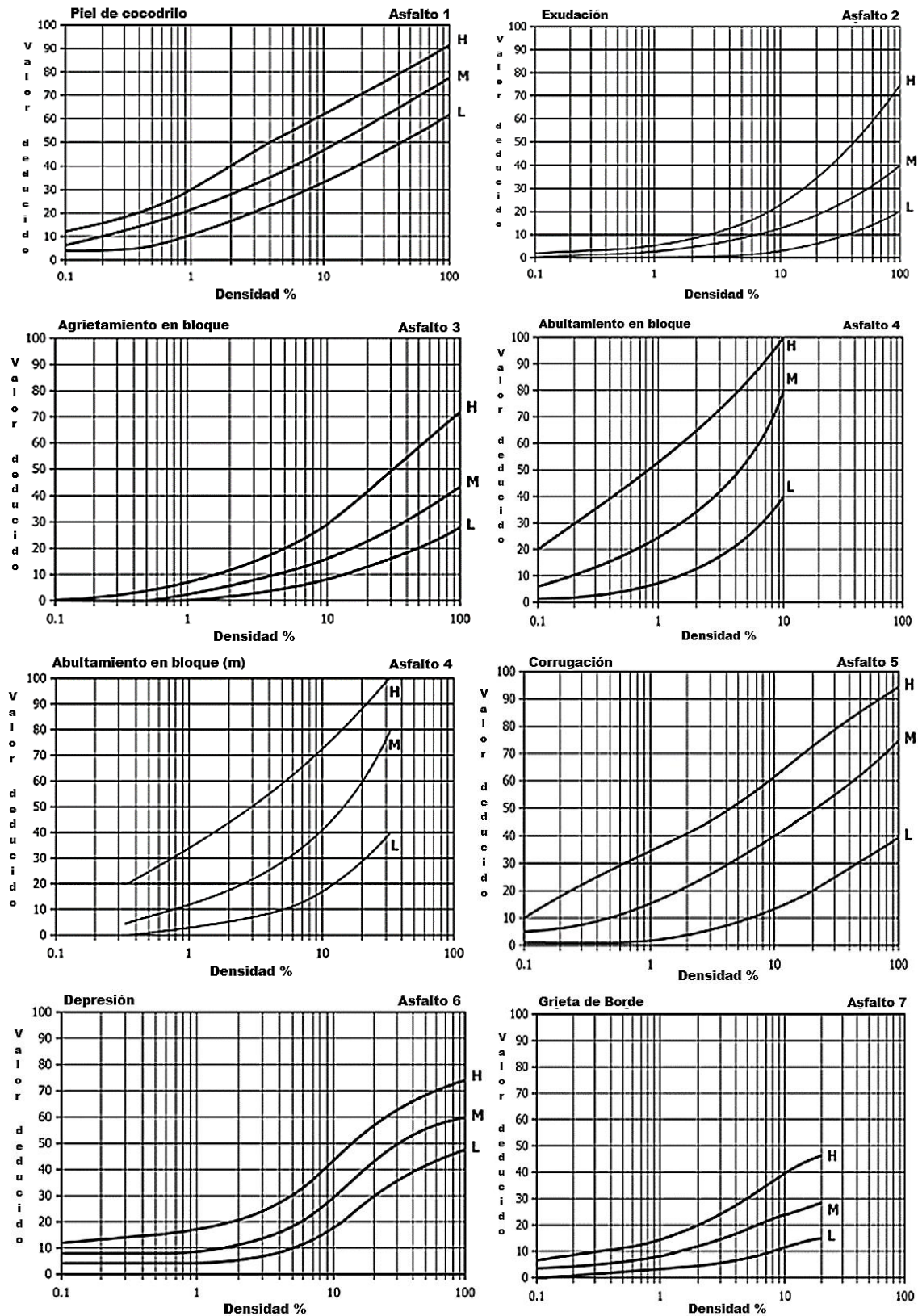
- Mendoza, M., & Vasquez, R. (2020). Diagnóstico superficial del pavimento rígido utilizando el método PCI, en las calles del distrito de Huamachuco - Sánchez Carrión - La Libertad [Tesis de ingeniería, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50081/Mendoza_GF_M-V%c3%a1squez_CRJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miranda, R. (2010). Deterioros en pavimentos rígidos y flexibles [Tesis de ingeniería, Universidad Austral de Chile]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>
- Montalvo, M. (2015). PAVIMENTOS RIGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS PAVIMENTOS TRADICIONALES [Tesis de ingeniería, Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/MONTALVO_MARCO_PAVIMENTOS_FIBRAS.pdf
- Montiel, A. (2010). DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS [Tesis de ingeniería, Universidad Austral de Chile]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>
- Navarro, W. (2016). Modelo de Gestión de Conservación Vial Para la Red Vial Rural del Cantón Santo Domingo [Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12450/MODELO%20DE%20GESTION%20DE%20CONSERVACION%20VIAL%2C%20PARA%20LA%20RED%20VIAL%20RURAL%20DEL%20CANTON%20SANTO%20DOMINGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanchez Sabogal, F. (2009). Curso de Pavimentos Bogotá. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Solis, B. (2020). Evaluación del Estado del Pavimento Flexible Mediante el Método del PCI de la Carretera Puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 203-228. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1163>
- Vásquez, L. (2002). PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/manual-pci1.pdf>

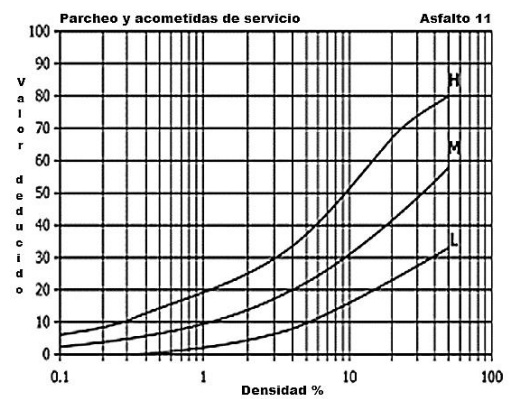
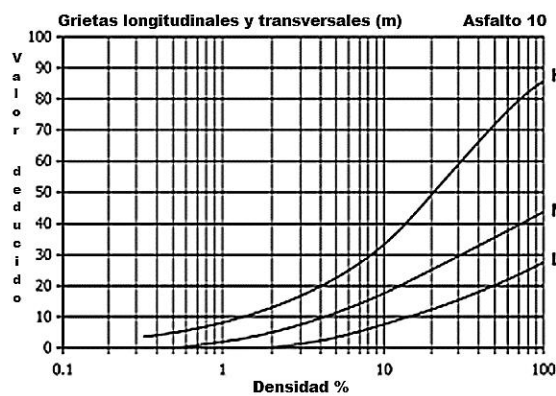
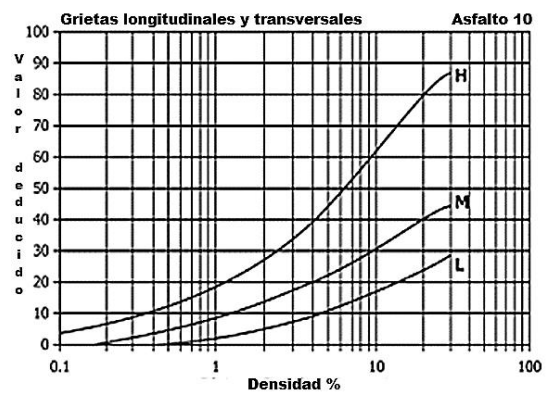
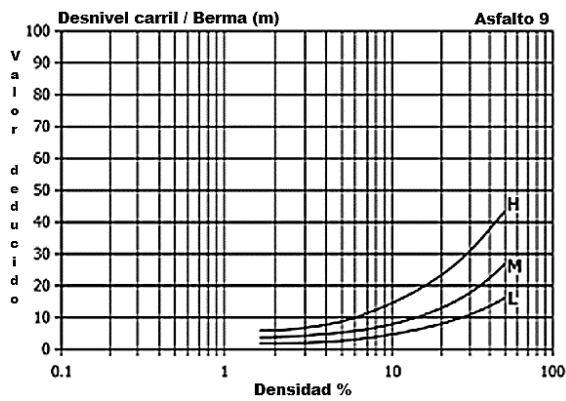
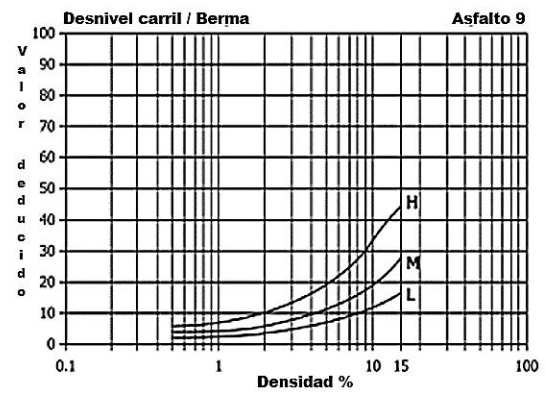
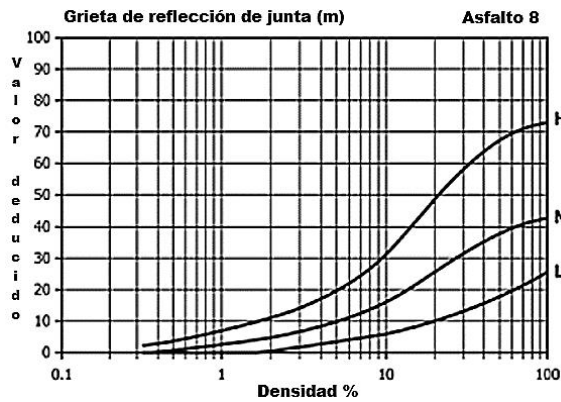
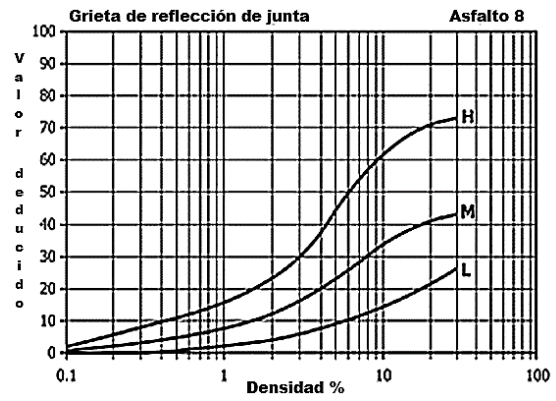
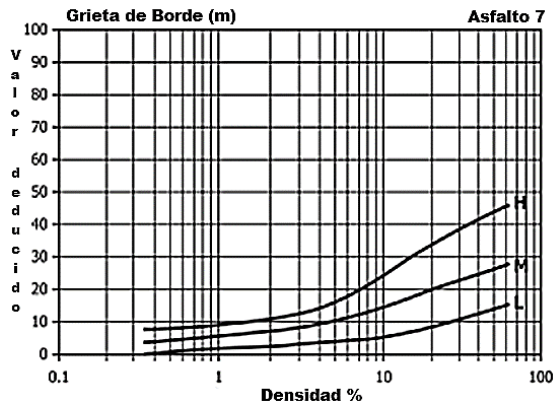
7.2. Anexo 2: Ficha de inspección pavimento rígidos

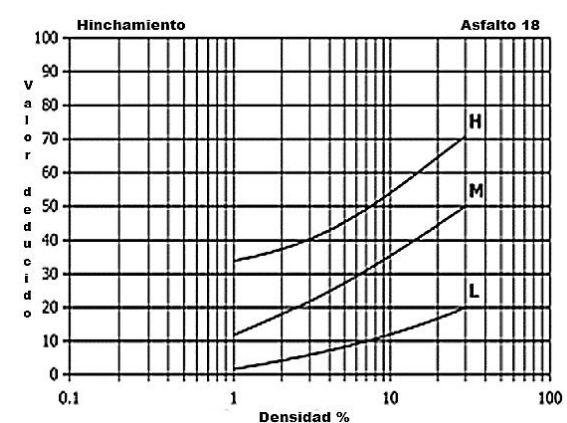
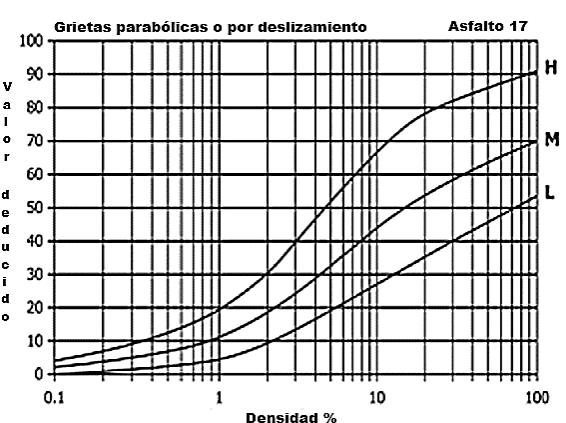
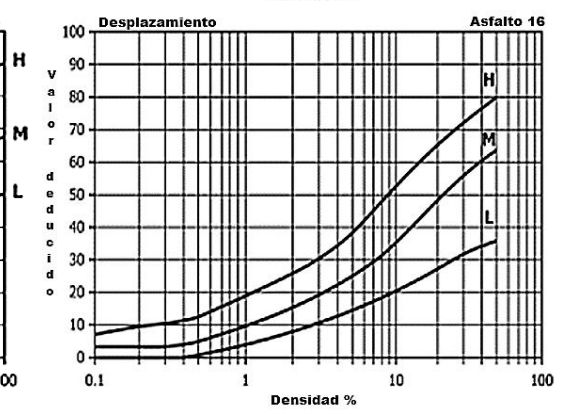
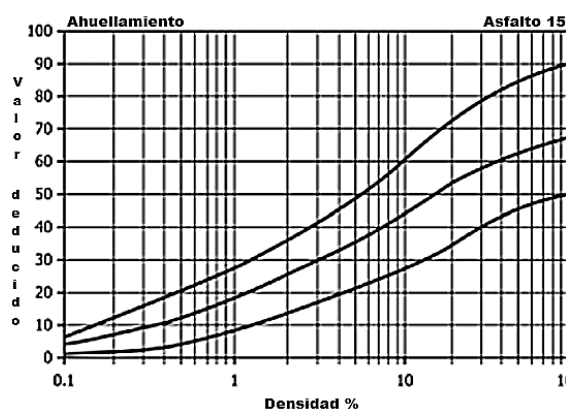
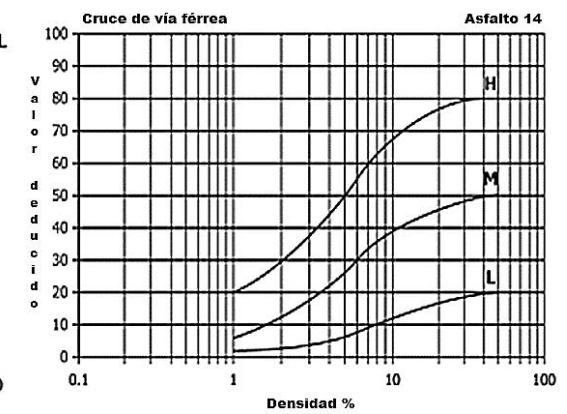
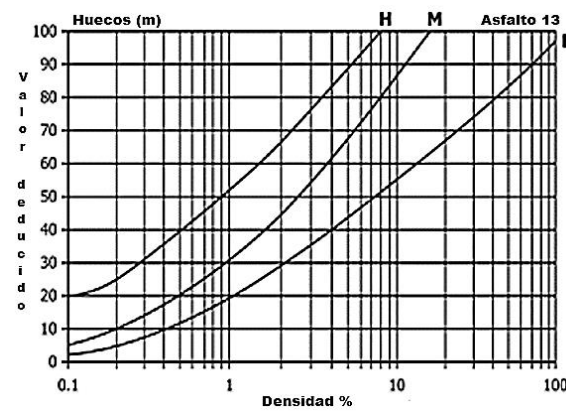
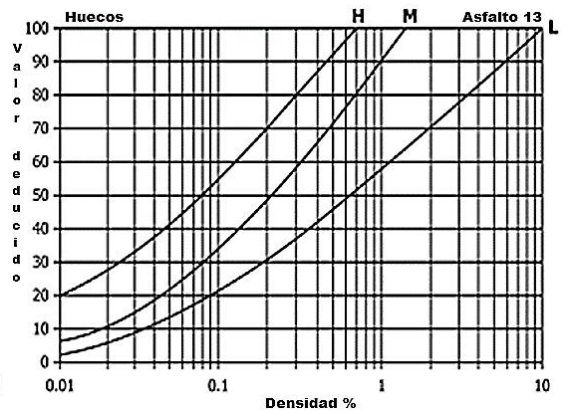
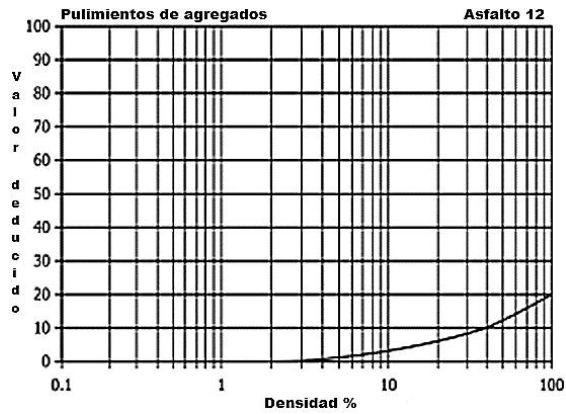
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO					
HOJA DE REGISTRO DE DATOS METODO DE PCI PAVIMENTOS RÍGIDOS					
Nombre de la vía:		Ancho de vía:			
Evaluado por: Byron Pomatoca, Milton Chauca		Longitud de vía:			
Fecha:		Num. de Losas			
Absisa inicial		Muestra:			
Absisa final:					
TIPOLOGIA DE FALLAS EXISTENTES EN PAVIMENTOS RÍGIDOS					
21. Blowup/ Buckling		31. Pulimiento de agregados			
22. Grieta de esquina		32. Popouts			
23. Losa dividida		33. Bombeo			
24. Grieta de durabilidad "D"		34. Punzonamiento			
25. Escala		35. Cruce de vía ferrea			
26. Sello de Junta		36. Desconchamiento / Mapa de giretas / Craquelado			
27. Desnivel Carril / Berma		37. Grietas de retraccion			
28. Grietas lineales		38. Descascaramiento de esquina			
29. Parcheo Grande		39. Descascaramiento de junta			
30. Parcheo Pequeño					
Tipo de falla	Severidad	Num. de Losas	Densidad %	Valor deducido	ESQUEMA

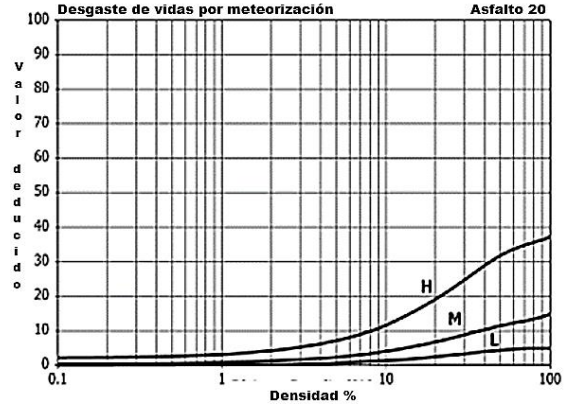
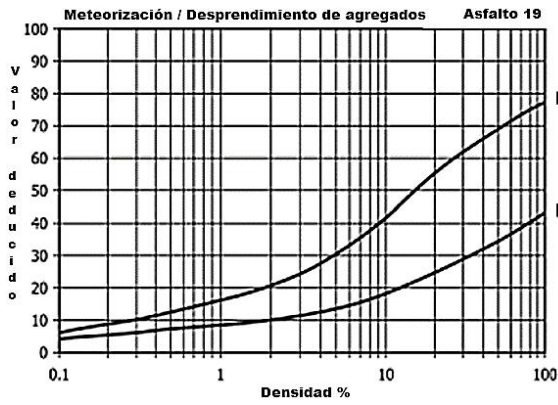
Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)

7.3. Anexo 3: Ábacos para determinar el valor deducido en pavimentos flexibles.

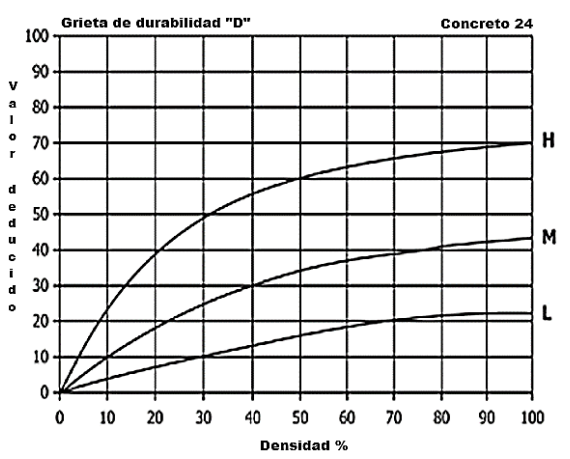
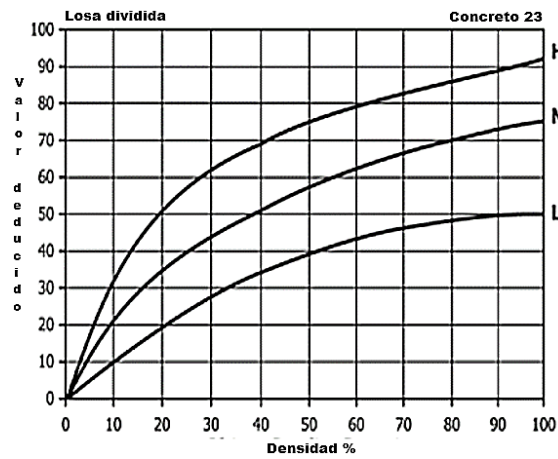
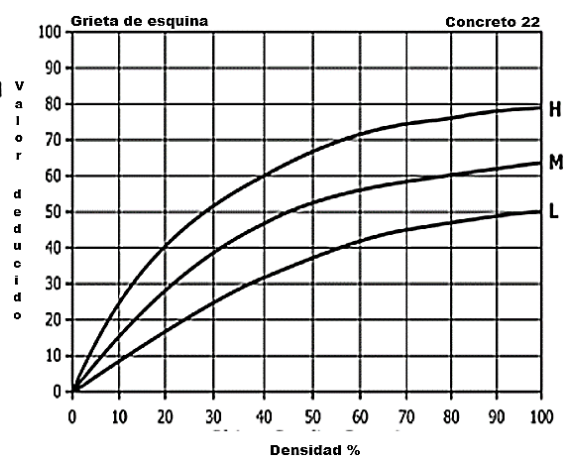
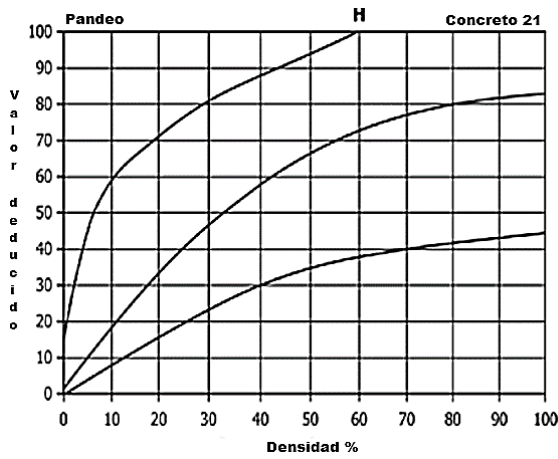


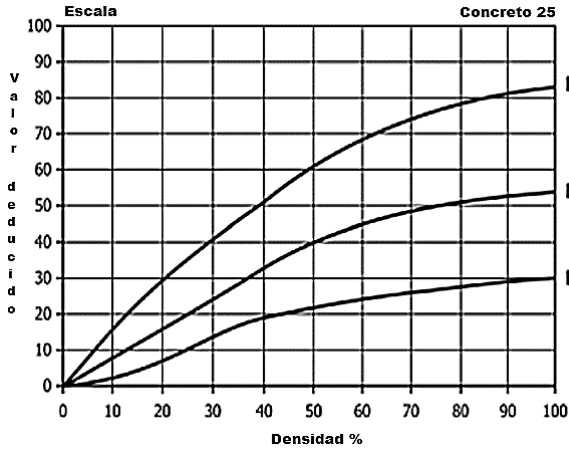






7.4. Anexo 4: Ábacos para determinar el valor deducido en pavimentos rígidos.



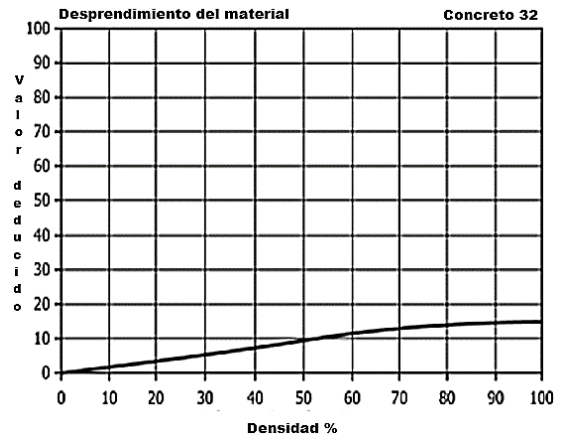
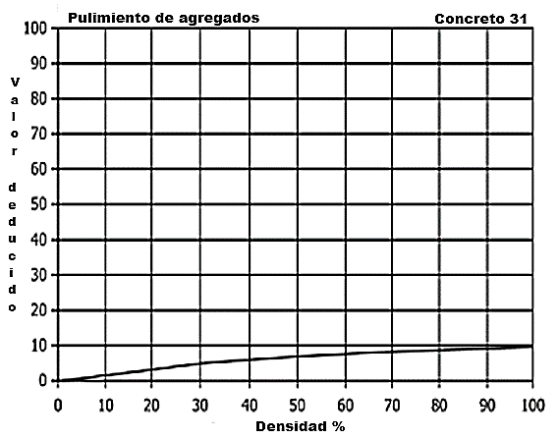
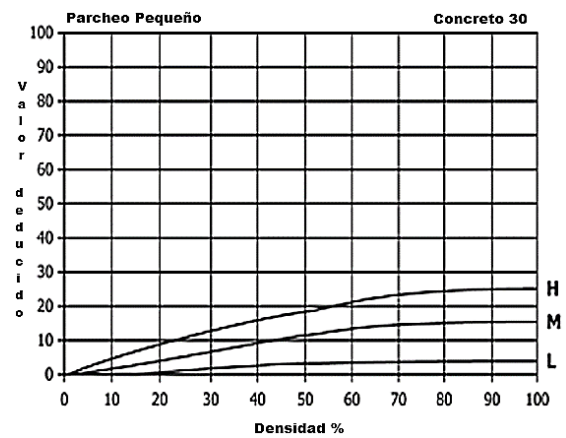
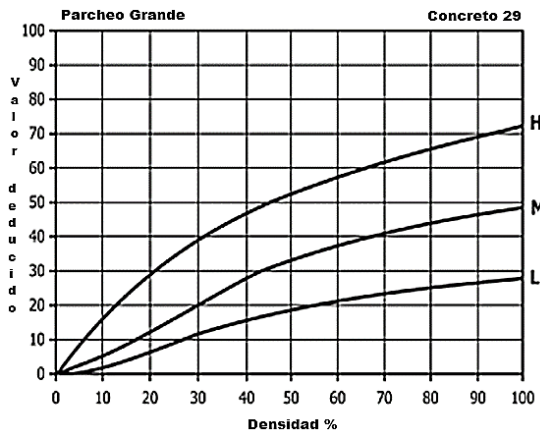
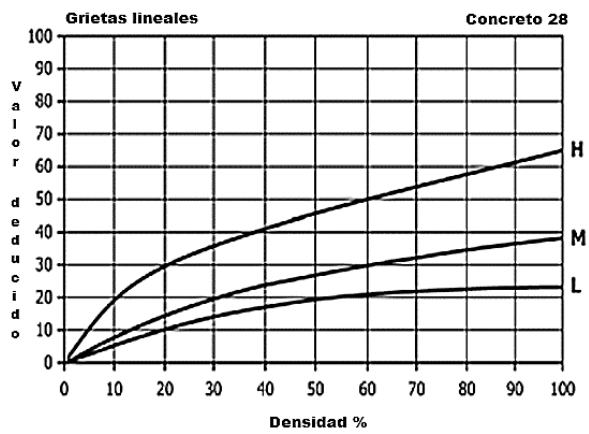
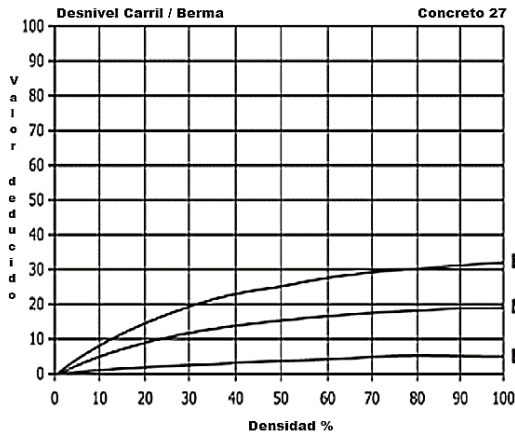


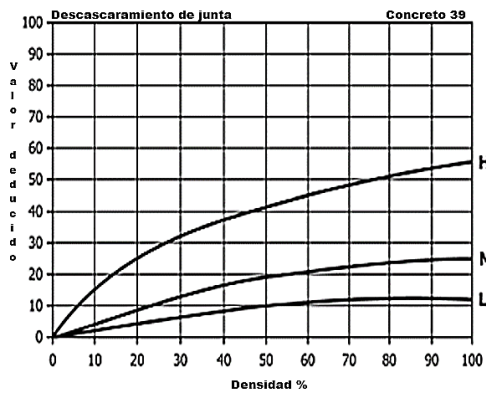
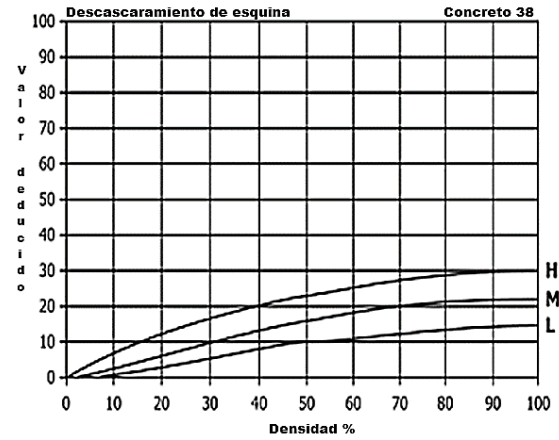
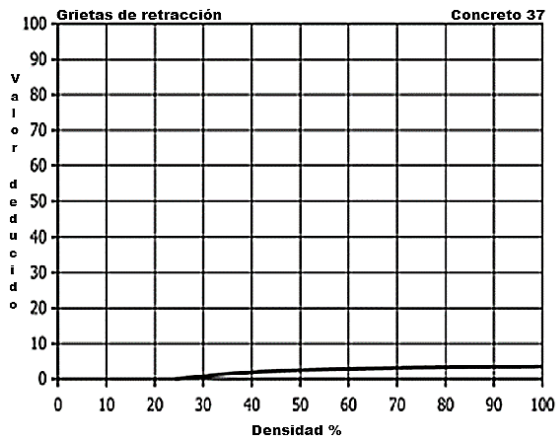
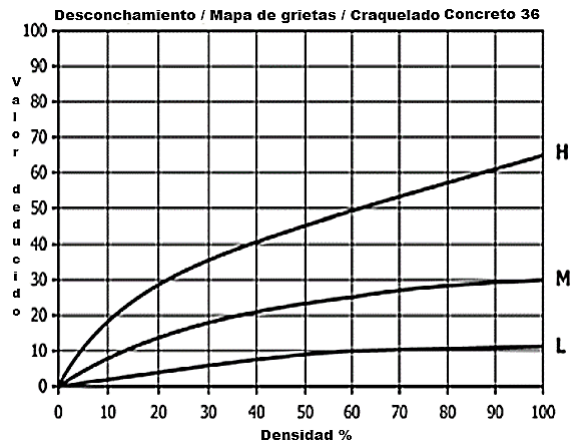
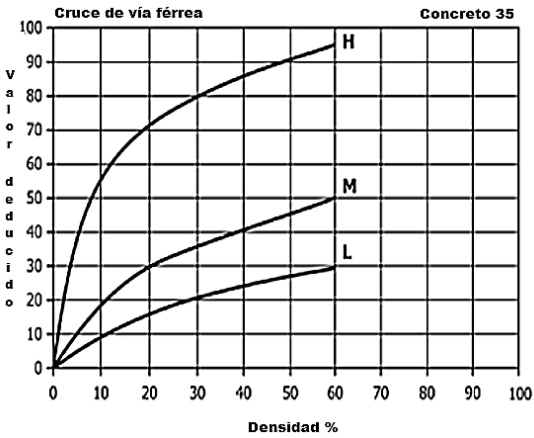
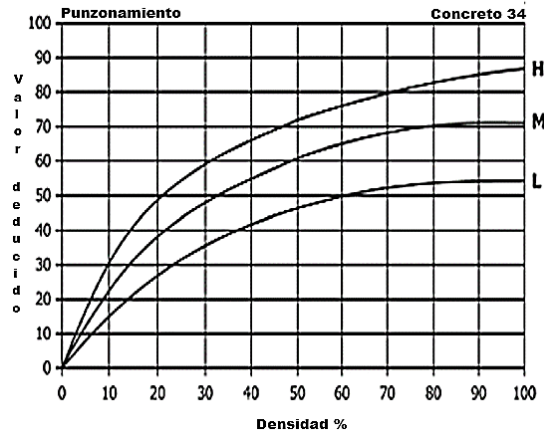
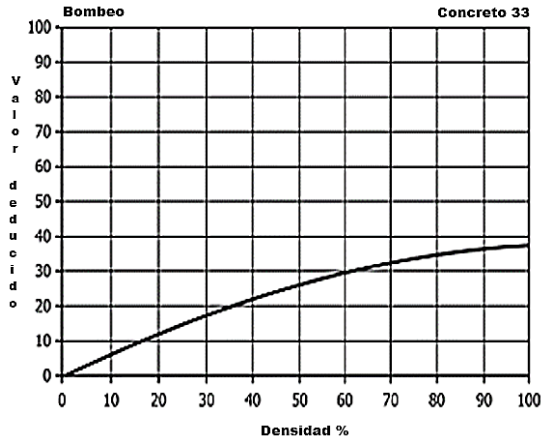
Sello de Junta **Concreto 26**

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La severidad de la falla está determinada por la condición general del sellador para una unidad de muestra en particular.

Los valores de deducción para los tres niveles de severidad son:

Low	2 puntos
Medium	4 puntos
Hight	8 puntos





7.5. Anexo 5: Calculo tipo de PCI para la vias en estudio.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		Unach UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO									
HOJA DE REGISTRO DE DATOS METODO DE PCI PAVIMENTOS FLEXIBLES											
Nombre de la vía:	Licto - Riobamba	Abscisa final:	00+455 KM								
Evaluated por:	Byron Pomatocha, Milton Chauca	Ancho de vía:	6,5 m								
Fecha:	8/3/2022	Longitud de vía:	10 KM								
Abscisa inicial:	00+ 420 KM	Área de la muestra:	230,1 m2								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Severidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Low (Bajo)</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>Medium (Medio)</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>How (Alto)</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		Severidad		Low (Bajo)	L	Medium (Medio)	M	How (Alto)	H
Severidad											
Low (Bajo)	L										
Medium (Medio)	M										
How (Alto)	H										
TIPOLOGIA DE FALLAS EXISTENTES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES											
1. Piel de cocodrilo (m2)	6. Depresión (m2)	11. Parcheo y acometidas de servicio (m2)	16. Desplazamiento (m2)								
2. Exudación (m2)	7. Grieta de Borde (m)	12. Pulimientos de agregados (m2)	17. Grietas parabólicas o por deslizamiento (m2)								
3. Agrietamiento en bloque (m2)	8. Grieta de reflexión de junta (m)	13. Huecos (und)	18. Hinchamiento (m2)								
4. Abultamiento en bloque	9. Desnivel carril / Berma (m)	14. Cruce de vía férrea (m2)	19. Meteorización / Desprendimiento de agregados (m2)								
5. Corrugación (m2)	10. Grietas longitudinales y transversales (m)	15. Ahuellamiento (m2)									
Tipo de falla	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad %	Valor deducido	ESQUEMA					
11 L		58,41									
10 L		4	4	1,74	5						
1 L		3	3	1,30	11						
18 M		3,7125	3,713	1,61	28						
			0	0,00							
			0	0,00							
			0	0,00							
			Total		69						

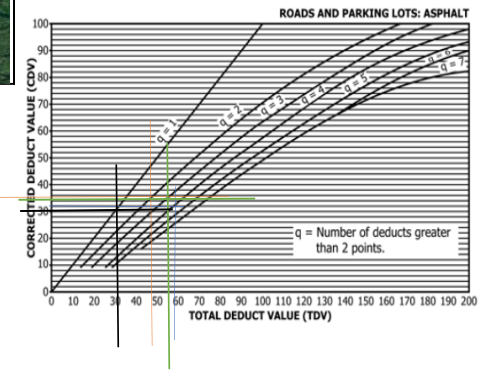
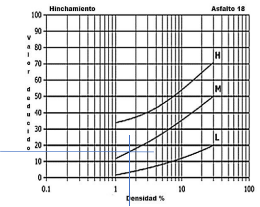
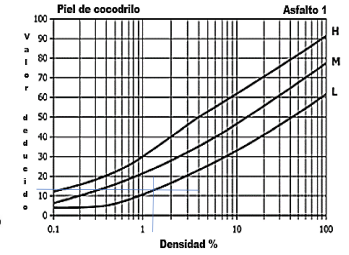
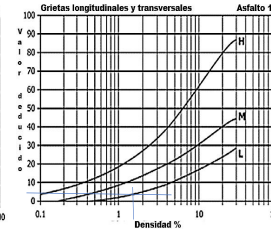
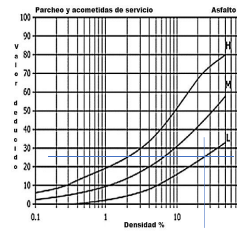
Número de valores deducidos mayores a 2q
 Valor deducido mas alto (HDV) 28 $mi = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$
 Número máximo de valores deducidos (mi) 7,612

N.º	Cantidades parciales								VDT	q	VDC
1	25	18	11	5					59	4	32
2	25	18	11	2					56	3	34
3	25	18	2	2					47	2	35
4	25	2	2	2					31	1	30
5									0		
6									0		
7									0		
8									0		
									Max VDC		35

Rango	Calificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

PCI = 100 - (Max VDC)

PCI	65
Condición de pavimento	Bueno



7.6. Anexo 6: Fotografías de levantamiento de datos de las vías en estudio.



Figura 100: Vía arterial Licto - Riobamba con diferentes fallas, a) Parche de severidad media, b) Parche de severidad baja, c) hundimiento de severidad media.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 101: Vía arterial Leopoldo Freire con diferentes fallas, a) Hueco de severidad baja, b) Grieta longitudinal severidad media, c) Parche y piel de cocodrilo severidad media.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 102: Vía colectora José Orozco con diferentes fallas, a) Hundimiento severidad baja, b) Agrietamiento en bloque y piel de cocodrilo severidad alta, c) Huevo y piel de cocodrilo severidad alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 103: Vía colectora José Veloz con diferentes fallas, a) Agrietamiento en bloque severidad alta, b) Parche, agrietamiento en bloque, piel de cocodrilo severidad alta, c) Huevo, agrietamiento en bloque, piel de cocodrilo severidad alta.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 104: Vía colectora Olmedo con diferentes fallas: a, b, c) Piel de cocodrilo baja severidad.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 105: Vía colectora Gaspar de Villaroel con diferentes fallas, a) Piel de cocodrilo severidad baja, b) Grieta de borde baja severidad, c) Piel de cocodrilo y agrietamiento en bloque severidad baja.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 106: Vía colectora Anillo Vial (Mercado Mayorista - Entrada a San Luis) con diferentes fallas: a,b) Sello de Junta de severidad baja, c) Punzonamiento de severidad baja.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 107: Vía colectora Anillo Vial (Media Luna - Entrada a ESPOCH) con diferentes fallas: a,c) Sello de Junta de severidad baja, b) Grieta de durabilidad “D”.

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



Figura 108: Vía colectora Anillo Vial (Rieles de tren – Bai Paz) con diferentes fallas: a,b,c) Sello de Junta de severidad baja

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022)



a)

b)

c)

Figura 109: Vía colectora Anillo Vial (Vasija - Entrada a COMIL) con diferentes fallas: a) Desprendimiento severidad baja; b,c) Sello de junta severidad baja

Fuente: (Chauca & Pomatoca, 2022).