



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE LOS INDICES DE DESEMPEÑO “PCI” Y “VIZIR” EN LA CARRETERA HUANCHACO ENTRE EL TRAMO KM 11+200 HASTA EL KM 13+100, TRUJILLO 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Bach. Giancarlo Steven Aguilar Valencia
Bach. Milagros Yadira Santa Cruz Flores

Asesor:

Ing. German Sagástegui Vásquez

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme por el buen camino, por brindarme la vida, salud y darme fuerzas para seguir adelante, enseñándome a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento y así poder lograr mis metas proyectadas.

A mis padres Arlita y Almagro, quienes por ellos soy lo que soy, quienes día a día lucharon por darme lo mejor, por su apoyo, consejos. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, mi empeño, perseverancia y por enseñarme que nunca se debe tener límites.

A mis sobrinos Gabriel y Thiago, por sus grandes manifestaciones de afecto, quienes siempre me sacan una sonrisa, mis niños son una bendición de Dios.

Milagros Yadira Santa Cruz Flores

A Dios, por darme fortaleza y sabiduría para seguir adelante y permitirme cumplir mis metas.

A mis padres Héctor Aguilar y Marilu Valencia, por todo el amor, el gran esfuerzo, sacrificio y el apoyo absoluto que me brindaron, porque fueron los cimientos en esta etapa de mi vida.

A mi hermano Joseph, que me acompaña día a día en este camino de la vida, gracias por tu apoyo incondicional.

A mis abuelos y padrinos, por el aprecio, cariño y por ser mi soporte todo este tiempo.

Giancarlo Steven Aguilar Valencia

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor German Sagástegui Vásquez, por compartir sus conocimientos para hacer realidad este proyecto, por su tiempo dedicado y paciencia, gracias de todo corazón.

A la universidad Privada de Norte, facultad de ingeniería, por habernos permitido formarnos en ella, gracias a todos los docentes que participaron en este proceso, fueron los responsables de realizar sus aportes académicos, que se ven reflejados en este proyecto.

A nuestros amigos, por creer en nosotros y apoyarnos para lograr nuestros objetivos.

Los autores

Tabla de Contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Justificación del problema	18
1.4. Objetivos.....	20
1.5. Hipótesis	21
1.6. Antecedentes de la investigación	22
1.7. Bases teóricas.....	26
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	138
2.1. Tipo de investigación.....	138
2.2. Variables.....	139
2.3. Matriz de consistencia.....	142
2.4. Enfoque de investigación	144
2.5. Diseño de investigación	144
2.6. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	145
2.7. Unidad de análisis	147
2.8. Criterios de evaluación de muestra	147
2.9. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	148
2.10. Análisis de datos	151
2.11. Procedimiento	152
2.12. Aspectos Éticos.....	164
CAPÍTULO III. RESULTADOS	165

3.1.	Presentación de Resultados	165
3.2.	Alternativas de conservación del Pavimento Flexible	225
3.3.	Análisis de costos.....	238
3.4.	Análisis e Interpretación de Resultados	243
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		269
4.1.	Discusión	269
4.2.	Limitaciones.....	284
4.3.	Conclusiones	285
RECOMENDACIONES		288
REFERENCIAS		289
ANEXOS.....		295

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Selección Del Tipo De Cemento Asfáltico	35
Tabla 2 Fallas Contempladas en el PCI.....	36
Tabla 3 Nivel de severidad "Piel de cocodrilo".....	38
Tabla 4 Nivel de Severidad "Fisuras en Bloque"	41
Tabla 5 Nivel de Severidad de Abultamientos y Hundimientos	44
Tabla 6 Nivel de Severidad “Depresión”	46
Tabla 7 Nivel de Severidad de “Huecos”.....	48
Tabla 8 Nivel de Severidad “Ahuellamiento”	50
Tabla 9 Nivel de Severidad “Desplazamiento”	51
Tabla 10 Nivel de Severidad "Hinchamiento"	53
Tabla 11 Nivel de severidad "Exudación"	55
Tabla 12 Nivel de Severidad “Corrugación”	57
Tabla 13 Nivel de severidad “Fisuras de Borde”	59
Tabla 14 Nivel de severidad “Fisuras de Reflexión de Juntas”	61
Tabla 15 Nivel de severidad “Desnivel Carril/Berma”	62
Tabla 16 Nivel de severidad “Fisuras Longitudinales y Transversales”	64
Tabla 17 Nivel de severidad “Parches”	67
Tabla 18 Nivel de severidad “Agregado Pulido”	69
Tabla 19 Nivel de severidad "Cruce de vía férrea"	70
Tabla 20 Nivel de severidad “Fisura Parabólica”.....	71
Tabla 21 Nivel de severidad “Desprendimiento de Agregados”	73
Tabla 22 Tipos de fallas según la Metodología VIZIR	74
Tabla 23 Nivel de severidad de Vizir “Ahuellamiento”	76
Tabla 24 Nivel de Severidad de Vizir “Depresiones o Hundimientos Longitudinales”	78
Tabla 25 Nivel de severidad de vizir “Depresiones o hundimientos transversales”	79
Tabla 26 Nivel de severidad de vizir “Fisura longitudinal por fatiga”	80
Tabla 27 Nivel de Severidad Vizir “Fisura Piel de Cocodrilo”	82
Tabla 28 Nivel de severidad de vizir “Bacheos y parcheos”	83
Tabla 29 Nivel de severidad de vizir “Fisura longitudinal de junta de construcción	84
Tabla 30 Nivel de severidad de vizir “Fisura transversal de junta de construcción”	86
Tabla 31 Nivel de severidad “Fisura de contracción térmica”.....	87
Tabla 32 Pavimento donde presenta la falla Fisura de contracción térmica	88
Tabla 33 Nivel de severidad vizir “Fisura Parabólica”	89
Tabla 34 Nivel de severidad “Fisura de Borde”	90
Tabla 35 Nivel de severidad vizir “Abultamientos o desplazamientos”	92
Tabla 36 Nivel de severidad Vizir “Ojos de pescado”	93
Tabla 37 Nivel de severidad vizir “Pérdida de película de ligante”	95
Tabla 38 Nivel de severidad vizir “Pérdida de agregado”	96

Tabla 39 Nivel de Severidad Vizir “Pulimiento de Agregado”	98
Tabla 40 Nivel de Severidad Vizir “Exudación”	100
Tabla 41 Nivel De Severidad Vizir “Afloramiento De Mortero”	101
Tabla 42 Nivel de Severidad Vizir “Afloramiento de Agua”	102
Tabla 43 Nivel de Severidad Vizir “Desintegración de los Bordes De Pavimento”	103
Tabla 44 Nivel de Severidad Vizir “Escalonamiento Entre Calzada y Berma”	104
Tabla 45 Nivel de Severidad “Erosión de las Bermas”	104
Tabla 46 Nivel de Severidad “Segregación”	105
Tabla 47 Granulometría Recomendadas por la ISSA - A143 Para el Sistema de Micropavimento	122
Tabla 48 Especificaciones para los Agregados Finos	129
Tabla 49 Especificaciones Granulométricas para los Agregados Finos	130
Tabla 50 Clasificación y Descripción de Variables Independientes	139
Tabla 51 Clasificación y Descripción de la Variable dependiente	140
Tabla 52 Matriz de consistencia	142
Tabla 53 Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas de PCI	145
Tabla 54 Parámetros de Calificación del PCI	152
Tabla 55 Codificación y Unidades de Medidas del PCI	153
Tabla 56 Calculo de Densidad de Fallas	154
Tabla 57 Calculo de Valores Deducidos Individuales	155
Tabla 58 Calculo de Valores Deducidos Corregidos	156
Tabla 59 Codificación, Unidades de Medida y Clase de las Fallas del Método Vizir	157
Tabla 60 Calculo de la Densidad de las Fallas Existentes en UI-15	159
Tabla 61 Determinación del Índice de Fisuración	160
Tabla 62 Determinación del Índice de Deformación	161
Tabla 63 Determinación del Índice de Deterioro Superficial	162
Tabla 64 Determinación del Valor de Corrección	163
Tabla 65 Parámetros de Calificación de VIZIR	163
Tabla 66 Resultados del PCI por unidad de muestra - Calzada Derecha	165
Tabla 67 Cuadro de frecuencias y porcentaje de las fallas identificadas en la carretera Huanchaco – Calzada Derecha	167
Tabla 68 Resultados del PCI por Unidad de Muestra - Calzada Derecha	168
Tabla 69 Resultados de VIZIR por Unidad de Muestra - Calzada Derecha	173
Tabla 70 Cuadro de Frecuencias y Porcentaje de las Fallas Identificadas (VIZIR) en la Carretera Huanchaco – Calzada Derecha	175
Tabla 71 Resultado de VIZIR en la Sección - Calzada Derecha	175
Tabla 72 Calificación de vía Inspeccionada por Ambas Metodologías-Calzada Derecha	177
Tabla 73 Clasificación de Tratamientos de los Métodos VIZIR y PCI	179
Tabla 74 Comparación de Resultados de Intervención de la Carretera Huanchaco por los Métodos PCI y VIZIR - Calzada Derecha	180
Tabla 75 Resultados del PCI por Unidad de Muestra - Calzada Izquierda	182

Tabla 76 Cuadro de Frecuencias y Porcentaje de las Fallas Identificadas en la Carretera Huanchaco – Calzada Izquierda.	184
Tabla 77 Resultado del PCI en la sección - Calzada Izquierda	184
Tabla 78 Resultados de VIZIR por Unidad de Muestra - Calzada Izquierda	190
Tabla 79 Cuadro de Frecuencias y Porcentaje de las Fallas Identificadas (VIZIR) en la Carretera Huanchaco – Calzada Izquierda.	192
Tabla 80 Resultado de VIZIR en la sección - Calzada Izquierda	192
Tabla 81 Calificación de Vía Inspeccionada por Ambas Metodologías - Calzada Izquierda	194
Tabla 82 Comparación de Resultados de Intervención de la Carretera Huanchaco por los Métodos PCI y VIZIR - Calzada Izquierda	196
Tabla 83 Tabla de Resultados De Ambos Métodos	199
Tabla 84 Tabla de Resultados de Intervención Ambos Métodos.....	199
Tabla 85 Fallas Influyente por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco PCI-Calzada Derecha	200
Tabla 86 Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco - PCI - Carril Derecho	203
Tabla 87 Porcentaje Total de Fallas Identificadas (PCI) de la Carretera Huanchaco - Calzada Derecha	204
Tabla 88 Fallas Influyente por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco VIZIR-Calzada Derecha ...	207
Tabla 89 Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco - VIZIR - Calzada Derecha	210
Tabla 90 Porcentaje Total de Fallas Identificadas (VIZIR) de la Carretera Huanchaco - Calzada Derecha	211
Tabla 91 Fallas Influyentes por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco-Calzada Izquierda.	212
Tabla 92 Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco - PCI	216
Tabla 93 Porcentaje Total de Fallas Identificadas (PCI) de la Carretera Huanchaco - Calzada Izquierda	217
Tabla 94 Fallas Influyente por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco VIZIR-Calzada Izquierda..	219
Tabla 95 Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco – VIZIR	222
Tabla 96 Porcentaje Total de Fallas Identificadas (VIZIR) de la Carretera Huanchaco - Calzada Izquierda	223
Tabla 97 Fallas Identificadas con su Respectivo Método de Conservación Rutinaria.....	226
Tabla 98 Opciones de Reparación para Fallas Identificadas en el Estudio de Ambas Calzadas	227
Tabla 99 Alternativas de Conservación Periódica	230
Tabla 100 Ventajas y desventajas de las conservaciones periódicas propuestas	232
Tabla 101 Acciones Previas y Posteriores a la Ejecución del Tratamiento de Superficie de Slurry Seal (Calzada Derecha – Calzada Izquierda).	235
Tabla 102 Técnica de Conservación a Aplicar en Ambas Calzadas	237
Tabla 103 Análisis de Costos Unitarios de Slurry Seal.....	238
Tabla 104 Análisis de Costos Unitarios de Micropavimento	239
Tabla 105 Análisis de Costos Unitarios de Recapeos Asfáltico	240
Tabla 106 Análisis de Costos Unitarios de Rehabilitación con Reciclado Profundo en Frío con Asfalto Espumado.	241
Tabla 107 Precios de Cada Método de Conservación.....	242
Tabla 108 Costos Total de Construcción de Ambas Calzadas	242
Tabla 109 Prueba t para Dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales	244
Tabla 110 Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha	244

Tabla 111	<i>Clasificación del VIZIR según Condición De Calzada Derecha</i>	245
Tabla 112	<i>Prueba t para Dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales</i>	249
Tabla 113	<i>Clasificación del PCI Según Condición Calzada Izquierda</i>	249
Tabla 114	<i>Clasificación del VIZIR Según Condición Calzada Izquierda</i>	250
Tabla 115	<i>Clasificación del PCI según Falla Recurrente de Calzada Derecha</i>	254
Tabla 116	<i>Clasificación del VIZIR según Falla Recurrente de Calzada Izquierda</i>	256
Tabla 117	<i>Prueba t para dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales</i>	258
Tabla 118	<i>Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha</i>	258
Tabla 119	<i>Clasificación del VIZIR según Condición Calzada Derecha</i>	259
Tabla 120	<i>Prueba t para dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales</i>	263
Tabla 121	<i>Clasificación del PCI según Condición Calzada Izquierda</i>	263
Tabla 122	<i>Clasificación del VIZIR según Condición de Calzada Izquierda</i>	264
Tabla 123	<i>Prueba T De Student Para Comprobar El Mejor Método- Calzada Derecha</i>	267
Tabla 124	<i>Prueba T De Student Para Comprobar El Mejor Método- Calzada Izquierda</i>	268
Tabla 125	<i>Valores Deducidos - Piel de cocodrilo</i>	295
Tabla 126	<i>Valores Deducidos - Agrietamiento en bloque</i>	297
Tabla 127	<i>Valores deducidos - Abultamiento Y Hundimientos</i>	298
Tabla 128	<i>Valores deducidos – Corrugación</i>	299
Tabla 129	<i>Valores deducidos – Depresión</i>	300
Tabla 130	<i>Valores deducidos – Grieta de borde</i>	301
Tabla 131	<i>Valores deducidos – Grieta de reflexión de junta</i>	302
Tabla 132	<i>Valores deducidos – Desnivel/Berma</i>	303
Tabla 133	<i>Valores deducidos – Grietas Longitudinal y transversal</i>	304
Tabla 134	<i>Valores deducidos – Parcheo</i>	305
Tabla 135	<i>Valores deducidos - Pulimento de agregados</i>	306
Tabla 136	<i>Valores deducidos – Huecos</i>	307
Tabla 137	<i>Valores deducidos – Cruce de vía férreo</i>	308
Tabla 138	<i>Valores deducidos – Ahuellamiento</i>	309
Tabla 139	<i>Valores deducidos – Desplazamiento</i>	310
Tabla 140	<i>Valores deducidos – Grieta Parabólica</i>	311
Tabla 141	<i>Valores deducidos – Hinchamiento</i>	312
Tabla 142	<i>Valores deducidos – Desprendimiento de agregado</i>	313
Tabla 143	<i>Niveles de Gravedad de Fallas Tipo A - Método Vizir</i>	315
Tabla 144	<i>Niveles de Gravedad de Fallas Tipo B - Método Vizir</i>	316
Tabla 145	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov - PCI Calzada Derecha</i>	338
Tabla 146	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov - VIZIR Calzada Derecha</i>	338
Tabla 147	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov - PCI Calzada Izquierda</i>	339
Tabla 148	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov - PCI Calzada Izquierda</i>	339

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ciclo de la Vida del Pavimento</i>	28
Figura 2 <i>Estructura del pavimento flexible</i>	29
Figura 3 <i>Estructura del pavimento rígido</i>	30
Figura 4 <i>Estructura del pavimento semirrígido</i>	31
Figura 5 <i>Falla de piel de cocodrilo</i>	39
Figura 6 <i>Pavimento Donde se Presenta la Falla Fisura en Bloque</i>	43
Figura 7 <i>Falla de hundimiento en el pavimento</i>	45
Figura 8 <i>Falla de Hueco</i>	48
Figura 9 <i>Falla de Hinchamiento</i>	54
Figura 10 <i>Falla de exudación</i>	56
Figura 11 <i>Desnivel de carril</i>	63
Figura 12 <i>Falla Agrietamiento longitudinal y transversal</i>	66
Figura 13 <i>Falla de pulimento de agregados</i>	69
Figura 14 <i>Pavimento donde presenta la falla Ahuellamiento</i>	77
Figura 15 <i>Pavimento donde presenta la falla Depresiones o hundimientos transversales</i>	79
Figura 16 <i>Pavimento Donde Presenta la falla Fisura Longitudinal por Fatiga</i>	81
Figura 17 <i>Pavimento donde presenta la falla Fisura piel de cocodrilo</i>	82
Figura 18 <i>Pavimento falla Fisura longitudinal de junta de construcción</i>	85
Figura 19 <i>Pavimento donde presenta la falla Fisura transversal de junta de construcción</i>	86
Figura 20 <i>Pavimento donde presenta la falla Fisura Parabólica</i>	89
Figura 21 <i>Pavimento donde presenta la falla Fisura de Borde</i>	91
Figura 22 <i>Pavimento donde presenta la falla Abultamientos o desplazamientos</i>	92
Figura 23 <i>Pavimento donde presenta la falla Ojos de pescado</i>	94
Figura 24 <i>Pavimento donde presenta la falla Pérdida de película de ligante</i>	95
Figura 25 <i>Pavimento donde presenta la falla Descascaramiento</i>	97
Figura 26 <i>Pavimento Donde Presenta la Falla Pulimiento de Agregado</i>	99
Figura 27 <i>Pavimento donde presenta la falla Afloramiento de mortero</i>	101
Figura 28 <i>Categorías de Reciclado en Frío</i>	118
Figura 29 <i>Reciclaje Profundo a 300 mm con Diferentes Espesores de Capa Asfáltica</i>	120
Figura 30 <i>Tiempo de Procesamiento para el Micropavimento</i>	127
Figura 31 <i>Esquema de la Fabricación</i>	132
Figura 32 <i>Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha</i>	245
Figura 33 <i>Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición De Calzada Derecha</i>	246
Figura 34 <i>Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Izquierda</i>	250
Figura 35 <i>Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición</i>	251
Figura 36 <i>Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición de Calzada Derecha</i>	254
Figura 37 <i>Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición de Calzada Izquierda</i>	256
Figura 38 <i>Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha</i>	259

Figura 39 Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición Calzada Derecha	260
Figura 40 Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Izquierda.....	264
Figura 41 Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición de Calzada Izquierda	265
Figura 42 Calificación del Pavimento PCI – Calzada Derecha.....	269
Figura 43 Calificación Del Pavimento VIZIR – Calzada Derecha	270
Figura 44 Calificación Del Pavimento PCI – Calzada Izquierda	271
Figura 45 Calificación del pavimento VIZIR – Calzada Izquierda	271
Figura 46 PCI - Comparativo de Ambos Lados de Vía	272
Figura 47 VIZIR - Comparativo de Ambos Lados de Vía.....	274
Figura 48 Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Derecha).....	275
Figura 49 Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Izquierda)	277
Figura 50 Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Derecha).....	278
Figura 51 Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Izquierda)	280
Figura 52 Costos por Calzada Según su Tipo de Conservación	282
Figura 53 Curva de Valores Deducidos – Piel de cocodrilo	295
Figura 54 Valores Deducidos - Exudación.....	296
Figura 55 Curva de Valores Deducidos – Exudación	296
Figura 56 Curva de Valores Deducidos – Agrietamiento en Bloque.....	297
Figura 57 Curva de Valores Deducidos – Abultamientos y Hundimientos	298
Figura 58 Curva de Valores Deducidos – Corrugación.....	299
Figura 59 Curva de Valores Deducidos – Depresión.....	300
Figura 60 Curva de Valores Deducidos – Grieta de borde	301
Figura 61 Curva de Valores Deducidos – Grieta de reflexión de junta	302
Figura 62 Curva de Valores Deducidos – Desnivel Carril/Berma	303
Figura 63 Curva de Valores Deducidos – Grietas longitudinales y transversal	304
Figura 64 Curva de Valores Deducidos – Parcheo.....	305
Figura 65 Curva de Valores Deducidos – Pulimento	306
Figura 66 Curva de Valores Deducidos – Huecos	307
Figura 67 Curva de Valores Deducidos – Cruce de vía férreo	308
Figura 68 Curva de Valores Deducidos – Ahuellamiento	309
Figura 69 Curva de Valores Deducidos –Desplazamiento.....	310
Figura 70 Curva de Valores Deducidos – Grieta parabólica.....	311
Figura 71 Curva de Valores Deducidos – Hinchamiento	312
Figura 72 Curva de Valores Deducidos – Desprendimiento de agregados.....	313
Figura 73 Curvas para determinar el Valor Deducible Corregido.....	314
Figura 74: Falla Tipo Grieta Parabólica (Nivel Bajo) – Carril Derecho	318
Figura 75: Falla Tipo Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Derecho	318
Figura 76: Falla Tipo Parcheo (Nivel Bajo) – Carril Derecho.....	319
Figura 77: Falla Tipo Hueco (Nivel Medio)– Carril Derecho	319
Figura 78: Falla Tipo Huecos (Nivel Medio) – Carril Izquierdo	320

Figura 79: <i>Falla Tipo Parcheo con Presencia de Huecos (Nivel Alto) – Calzada izquierda</i>	320
Figura 80: <i>Pulimento De Agregado – Carril Izquierdo</i>	321
Figura 81: <i>Grieta De Borde (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	321
Figura 82: <i>Grieta Longitudinal (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	322
Figura 83: <i>Fisura Longitudinal (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	322
Figura 84: <i>Agrietamiento En Bloque (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	323
Figura 85: <i>Grieta De Borde (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	323
Figura 86: <i>Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	324
Figura 87: <i>Huecos (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	324
Figura 88: <i>Desprendimiento De Agregado (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	325
Figura 89: <i>Hueco (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	325
Figura 90: <i>Corrugación (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	326
Figura 91: <i>Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	326
Figura 92: <i>Depresión (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	327
Figura 93: <i>Grieta Transversal (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	327
Figura 94: <i>Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	328
Figura 95: <i>Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	328
Figura 96: <i>Desprendimiento De Agregado – Carril Izquierdo</i>	329
Figura 97: <i>Ahuellamiento (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	329
Figura 98: <i>Pulimento De Agregado – Carril Izquierdo</i>	330
Figura 99: <i>Desprendimiento De Agregado – Carril Izquierdo</i>	330
Figura 100: <i>Hueco (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo</i>	331
Figura 101: <i>Ahuellamiento (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	331
Figura 102: <i>Hueco (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	332
Figura 103: <i>Grieta De Borde (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	332
Figura 104: <i>Pulimento De Agregados – Carril Izquierdo</i>	333
Figura 105: <i>Hueco (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	333
Figura 106: <i>Huecos (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	334
Figura 107: <i>Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	334
Figura 108: <i>Hueco (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	335
Figura 109: <i>Hueco (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	335
Figura 110: <i>Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo</i>	336
Figura 111: <i>Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	336
Figura 112: <i>Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	337
Figura 113: <i>Grieta De Borde (Nivel Alto) – Carril Izquierdo</i>	337
Figura 114 <i>Formato De Inspección Visual - VIZIR</i>	340
Figura 115 <i>Formato De Inspección Visual - PCI</i>	341

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo evaluar y conservar el pavimento flexible de la carretera Huanchaco entre el tramo KM 11+200 hasta el KM 13+100, utilizando los métodos: PCI (Índice de Condición del Pavimento) basado en la Norma ASTM D6433-11 y VIZIR (Inspección Visual y Rutas de Riesgos). Para la realización de la tesis se utilizó un diseño No experimental – comparativo, la recolección de datos responde a la recopilación por observación y registro en las fichas elaboradas para los ambos métodos. El problema en la ciudad en su gran mayoría cuenta con calzadas de pavimento flexible en un mal estado tanto en calles como avenidas, con un gran índice de condición deteriorado y, en consecuencia, los vehículos con frecuencia se deterioran debido a la gran cantidad de fallas. Por consiguiente, mediante la investigación se logró identificar el tratamiento requerido por cada calzada, por lo tanto, según la evaluación por el método PCI el pavimento de la calzada derecha se encuentra en una condición Muy Buena en un 56% y en la calzada izquierda se encuentra en estado Bueno en un 40%; y mediante el método VIZIR el pavimento de la calzada derecha se encuentra en un estado Bueno en un 77% y la calzada izquierda se encuentra en un estado Bueno en un 100%. Así mismo, la falla más predominando fue el Pulimiento de Agregados por el método PCI y Pérdida de la película de ligante por el método VIZIR. Finalmente se determinó que la carretera Huanchaco entre el tramo KM 11+200 hasta el KM 13+100 requiere Mantenimiento y Rehabilitación, por último, se propuso la realización del proceso de Slurry para ambas calzadas con la finalidad de ampliar su vida.

Palabras clave: Pavimento flexible, Método PCI, Método VIZIR, Mantenimiento, Rehabilitación.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate and preserve the flexible pavement of the Huanchaco highway between the stretch KM 11 + 200 to KM 13 + 100, using the methods: PCI (Pavement Condition Index) based on the ASTM D6433- Standard. 11 and VIZIR (Visual Inspection and Risk Routes). For the realization of the thesis, a non-experimental - comparative design was used, the data collection responds to the compilation by observation and recording in the sheets prepared for both methods. The problem in the city for the most part has flexible pavement roads in poor condition both on streets and avenues, with a high index of deteriorated condition and, consequently, vehicles frequently deteriorate due to the large number of failures. Therefore, through the investigation, it was possible to identify the treatment required for each road, therefore, according to the evaluation by the PCI method, the pavement of the right road is in a Very Good condition in 56% and on the left road it is 40% is in Good condition; and using the VIZIR method, the pavement of the right road is in a good condition in 77% and the left road is in a good condition in a 100%. Likewise, the most predominant failure was the Polishing of Aggregates by the PCI method and Loss of the binder film by the VIZIR method. Finally, it was determined that the Huanchaco highway between the section KM 11 + 200 to KM 13 + 100 requires Maintenance and Rehabilitation, finally it was proposed to carry out the process of Slurry Seal for both roads in order to extend their life.

Keywords: Flexible flooring, PCI method, VIZIR method, maintenance, rehabilitation.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente el aumento desmedido del parque automotor origen del constante incremento demográfico hace que las vías se conviertan según su clasificación ya sea de tránsito medio a tránsito alto y el inadecuado uso de las vías, han venido generando deterioros significativos en todo lo que es la plataforma vehicular de pavimentos flexibles, provocando así pérdidas económicas, contaminación y accidentes de tránsito.

Todo eso se debe a la deficiencia en la infraestructura vial, así mismo a una mala organización del tránsito vehicular, como también a la variación violenta de temperatura y a la falta oportuna en los mantenimientos. (Torres, 2017).

El país de Colombia no es ajeno frente a los problemas y deficiencias que se presenta la mayoría de sus ciudades, como son la gran mayoría de casos el deterioro de los pavimentos en las vías urbanas. Todavía se puede observar el progreso y transformación que han adquirido las ciudades en cuanto a su infraestructura vial, pero aun, a nivel nacional se presenta un atraso vial y en diversas de las ciudades existen deficiencias importantes en cuanto al mantenimiento vial, (García, 2014).

En el país aún no existe una cultura clara del mantenimiento de las obras, lo cual es preocupante ver como muchas de las vías que son de vital importancia se vean gravemente afectadas, poniendo en gran riesgo la comodidad y seguridad de los usuarios. (Cárdenas, 2014).

Por otro lado, Ecuador ha tenido un crecimiento significativo en lo que se requiere a infraestructura, sobre todo a infraestructura vial, diversos sectores de la ciudad, presentan imperfecciones como desniveles, el desgaste del pavimento, mala nivelación de las bases y calidad de los materiales son algunas de las razones de los

principales problemas en este país generando así que las calzadas se ha deterioren rápidamente.

Debido a ello hay investigaciones realizadas con el fin de ayudar a disminuir pérdidas económicas y evaluar estados del pavimento. Puga (2018) realizó la investigación “Evaluación funcional de pavimento” la cual ayudará a la revisión de los deterioros presentes, generando así alternativas para el mejoramiento del pavimento, lo que significa una mejora en el desarrollo de la red vial, regional y local, debido a que la infraestructura vial es un gran indicador predominante en el desarrollo económico de un país.

En Perú, el pavimento flexible tiene una gran aceptación y uso en la mayoría de vías del país, esto se refleja en la principal red vial que está formada por tres grandes carreteras longitudinales, como son la panamericana, la longitudinal de la sierra y la carretera marginal de la selva, estos presentan una longitud de 9600km, conteniendo también a las carreteras de penetración en cada uno sus distintos del país, todas estas vías se ven en numerosos casos afectados por el escaso o nulo mantenimiento, ocasionando de esta forma deterioros significativos en la estructura del pavimento, las cuales se ven reflejadas mediante fallas que pueden resultar muy graves para el uso de transitabilidad de estas vías. (Murga & Zerpa, 2019).

En Cajamarca hubo un aumento del parque automotor, que utiliza diariamente las vías que se construyen con el fin de brindar una mejor comodidad para las personas que lo utilizan, sin embargo, dichos pavimentos presentan deterioros, lo que causa malestar e inseguridad en las personas que se transportan por las vías en mal estado. Un claro ejemplo se puede mencionar el retraso en los tiempos de llegada a determinados lugares, así como también el desgaste de neumáticos y el excesivo gasto de combustible de los vehículos que se provoca cuando se acelera y desacelera

incesantemente. La invasión del carril, se puede atribuir a los pavimentos en mal estado que numerosas de las veces genera accidentes de tránsito, otra consecuencia que lleva este problema es la mala impresión que generan las fallas a la ciudad, debiéndose tener en cuenta para así tomar medidas correctoras y solucionar estos problemas, ya que se sabe que la infraestructura de una ciudad es significativa para el desarrollo, puesto que atrae turistas como también la inversión extranjera. (Gonzales, 2015).

En Ciudad de Trujillo, perteneciente al departamento de La Libertad, la cual se encuentra ubicada en la costa norte peruana, a una altitud media de 34 msnm, que comprende una superficie de 25,659 km²; menos del 27% de todas las vías están pavimentadas, estando la gran parte concentradas en las ciudades litorales urbanas tales como Trujillo, las cuales están sometidas a un gran uso debido esto al aumento del parque automotor, como también a la presencia de una mayor demanda de transporte privado y público para numerosos fines, por consecuencia se puede observar un deterioro de sus vías, siendo estas casi en su totalidad pavimentos flexibles. (Gobierno Regional-La Libertad, 2018).

A partir de ello, se hace evidente la importancia de las vías que representa para el desarrollo de las ciudades y de un país, por lo tanto, se debe tener en cuenta conservarlas en optimo estado de conservación. Es por ello que la presente investigación tiene como fin la evaluación y conservación de pavimentos flexibles mediante los índices de desempeño “PCI” y “VIZIR”, las cuales nos suministran indicadores numéricos para así determinar las necesidades y prioridades del pavimento flexible.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿La evaluación del pavimento flexible con la comparación de los métodos PCI y VIZIR en la carretera Huanchaco entre el km 11+200 hasta el 13+100, permiten determinar la condición del pavimento?

1.2.2. Problemas específicos

PE1. ¿Cuál será el estado del pavimento flexible mediante el estudio comparativo de los métodos PCI y VIZIR?

PE2. ¿Mediante los métodos PCI y VIZIR será posible identificar las patologías existentes en el pavimento de la carretera Huanchaco?

PE3. ¿Cuál de los dos métodos será más eficaz para plantear la alternativa de mantenimiento del pavimento flexible de la carretera Huanchaco?

1.3. Justificación del problema

En la actualidad, la ciudad de Trujillo cuenta con una densa población vehicular siendo la comunicación terrestre el medio más empleado para la intercomunicación entre provincias, distritos y barrios. En todo el Perú, para el 2020 el gasto público anual en transporte es de 10.8% esto representa el impulso económico que tiene la infraestructura vial.

Trujillo presenta un alto grado de deterioridad en el pavimento de sus avenidas, perjudicando enormemente a sus residentes locales y creando una mala impresión al turismo; siendo esta una fuente primordial económica.

El pavimento flexible se fabrica para cumplir con su vida útil de 10 a 15 años y sobre todo el nivel de servicio la cual fue proyectado, con lo cual se debe proponer niveles de intervención, mantenimientos rutinarios. Al realizar todos los niveles de mantenimiento se podrá conocer detalladamente el estado actual en que se encuentra el pavimento y permitir la conservación del nivel de servicio con el que fue fabricado.

Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo principal la evaluación y conservación de pavimentos flexibles mediante los índices de desempeño PCI y VIZIR en el entorno de la carretera Huanchaco, con estos métodos nos indicara las acciones a tomar para prever su conservación y mantenimiento como también nos determinara si la vía está en actas condiciones como para brindar un servicio adecuado a sus usuarios, mejorando su tiempo de recorrido y reduciendo el índice de accidentabilidad.

A su vez el presente estudio identificara las fallas más representativas del pavimento flexible de la urbanización que afectan a las calles evaluadas con ello se determinara sus posibles causas. Su rehabilitación mejorara los aspectos más importantes como es el social y el económico dando resultados óptimos.

Esta tesis contendrá información importante que podrá ser usada por autoridades gubernamentales, distritales y provinciales, además también será de interés para investigadores en el tema y estudiantes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar y conservar el pavimento flexible mediante los índices de desempeño PCI y VIZIR de la carretera Huanchaco entre el km 11+200 hasta el 13+100.

1.4.2. Objetivos específicos

EO1. Evaluar el estado superficial del pavimento flexible de la calzada derecha mediante el método de Índice de condición de pavimento (PCI) e Inspección visual y rutas de riesgos (VIZIR).

EO2. Evaluar el estado superficial del pavimento flexible de la calzada izquierda mediante el método de Índice de condición de pavimento (PCI) e Inspección visual y rutas de riesgos (VIZIR).

EO3. Identificar las fallas y/o deterioros más influyentes del pavimento flexible en la calzada derecha.

EO4. Identificar las fallas y/o deterioros más influyentes del pavimento flexible en la calzada izquierda.

EO5. En función al método más eficaz plantear alternativas para el mantenimiento y conservación del pavimento flexible.

EO6. Determinar el costo de la alternativa del pavimento evaluado.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible por las metodologías PCI y VIZIR se conocerá con exactitud el estado que presenta la condición de la carretera Huanchaco entre el km 11+200 hasta el km 13+100.

1.5.2. Hipótesis específica

HE1. Las metodologías de evaluación de PCI y VIZIR dan resultados de condiciones iguales en la calzada derecha del pavimento flexible

HE2. Las metodologías de evaluación de PCI y VIZIR dan resultados de condiciones iguales en la calzada izquierda del pavimento flexible.

HE.3 La falla más representativa en el pavimento de la calzada derecha es Desprendimiento de Agregados con una proporción de 0.70.

HE.4 La falla más representativa en el pavimento de la calzada izquierda es Desprendimiento de Agregados con una proporción de 0.70.

HE.5 El pavimento flexible de la calzada derecha entre el km 11+200 hasta el km 13+100 requiere Mantenimiento como tratamiento necesario.

HE.6 El pavimento flexible de la calzada izquierda entre el km 11+200 hasta el km 13+100 requiere Mantenimiento como tratamiento necesario.

1.6. Antecedentes de la investigación

1.6.1. Antecedentes internacionales

“Aplicación Y Comparación De Las Diferentes Metodologías De Diagnostico Para La Conservación Y Mantenimiento Del Tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 De La Vía Al Llano (Dg 78 Bis Sur – Calle 84 Sur) En La Upz Yomasa”

(Sierra & Rivas, 2016) El presente trabajo tiene como objetivo Analizar, evaluar y comparar la aplicación de las metodologías Vizir, y Pci en un pavimento flexible, realizando una inspección visual, reportando así las fallas encontradas en los formatos pertenecientes a cada metodología, siendo estos dos métodos muy diferentes en sus parámetros de evaluación, dando como resultado para la metodología de VIZIR un pavimento en estado BUENO obteniendo un índice de deterioro superficial (Is) de 2, mientras tanto para la metodología PCI se obtuvo un pavimento de estado EXCELENTE con un resultado de valor numérico de 89, para ambas metodologías el daño más representativo encontrado fue el pulimiento de agregados con un 40.28%. Debido a que el método VIZIR no analiza todos los tipos de daños en su evaluación esto genera diferencias al momento de realizar la comparación de ambos métodos. Obteniendo como resultado que el método de PCI es más completo al realizar la evaluación de modo que es más compleja y difícil por sus rangos de clasificación en las fallas.

“Evaluación de patologías método vizir en pavimentos flexibles y posibles técnicas de rehabilitación del tramo comprendido entre el km 8+500 hasta el km 9+000 de la vía Ibagué– Rovira, departamento del Tolima”

(Patarroyo, 2019) tiene como objetivo realizar estudios visuales, así como también inventarios de patologías estructurales y funcionales a lo largo de la vía, llegándose a determinar la condición superficial del pavimento, esto a través del índice de deterioro superficial (IS), obteniendo un valor de 5, indicando un estado deficiente, reflejando daños estructurales y funcionales. La falla más predominante fue fisuras de piel de cocodrilo, con un nivel de severidad de 80 % de grado 3 en todo el tramo analizado, en segundo lugar, estuvo la falla por pérdida de ligante (PL), con severidad de grado 2 con un 90% de la totalidad de la vía estudiada. Con los resultados obtenidos se brindaron técnicas de rehabilitación teniendo en cuenta el sistema de drenaje superficial.

1.6.2. Antecedentes nacionales

“Comparar los métodos Pci y Vizir en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la av. aviación de la ciudad de Juliaca, con la finalidad de conocer la condición de la vía”.

(Morales, 2019) en su estudio tuvo como finalidad realizar una comparación llevando a cabo un estudio superficial y de inspección visual. Evaluó una distancia total de 1400 m, con una muestra dividida en 45 unidades, cada método fue analizado por fichas catalogadas, permitiendo identificar que la falla predominante fue pulimiento de agregados. En la evaluación de los métodos se obtuvieron resultados similares con un PCI de condición MUY BUENO a un 76%, mientras tanto con el método VIZIR el pavimento se

encuentra con una condición con un estado BUENO a un 91%, con los resultados de estos dos métodos se consideró efectuar un tratamiento superficial, para ello se realizó un análisis de costos unitarios del tratamiento Slurry Seal, permitiendo corregir daños y defectos encontrados en la superficie. Por último, concluye que la metodología PCI con una prueba estadística se obtuvo el 95 % de confiabilidad, en cambio el método VIZIR no cuenta con dicha confianza por sobrepasar el margen de error de $\pm 5\%$.

“Comparación de las metodologías Vizir y Pci con fines de intervención en la carretera pe-18a tramo km 15+000 – km 25+306”

(Esteban, 2019) relata que los resultados que se obtuvieron por cada metodología fueron evaluados por el rango de calificación establecido de cada método, determinando el estado del pavimento con un resultado de 24 para PCI y 19 para VIZIR, con dichos resultados realizaron propuestas de intervención. Por último, concluye que por medio del método de verificación de confiabilidad existe una buena correlación entre los métodos de PCI y VIZIR siendo actos para evaluar un pavimento flexible, obteniendo datos excelentes de confiabilidad permitiendo tomar decisiones convenientes para dicho tramo.

“Evaluación y comparación de metodologías índice de condición de pavimentos (PCI) y visión e inspección de zonas e itinerarios en riesgos (VIZIR) en la Avenida Mariscal Castilla Tramo: Fundo el Porvenir – La Victoria”

(Porta, 2016) en su investigación tiene como objetivo realizar la comparación de ambos métodos, mediante la inspección visual, con la finalidad de obtener la serviciabilidad de la vía estudiada. Se analizaron 26 muestras, estudiadas a

detalles para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. En la evaluación de los métodos se obtuvieron resultados que difieren significativamente en el lado izquierdo con un PCI de 39.35(malo) y un VIZIR (bueno) de 1.38, mientras tanto en el lado derecho los resultados se asemejan con un PCI de 45.43 (regular) y un VIZIR de 2.23 (bueno). Por último, concluyo que radican desaciertos en la diferencia de rangos de calificación de las metodologías, como también en la diferencia de criterios, considerando al método de PCI como el más confiable en la evaluación del pavimento.

1.6.3. Antecedentes locales

“Determinar el estado de conservación vial del pavimento flexible de la av. costa rica y prolongación cesar vallejo, en la ciudad de Trujillo, aplicando los métodos Pci y Vizir”

(Rodriguez & Villanueva, 2019) tuvieron como finalidad utilizar los métodos de PCI y VIZIR donde realizaron análisis y comparación de sus resultados, las muestras fueron 28 tramos de longitudes de 25.7 para el método PCI. Por consiguiente, para el método Vizir se tomaron muestras cada 100 metros obteniendo un total de 48 muestras, de estos dos análisis se adquirió índices de estado de conservación de 52.06 para el método del PCI la cual indica un estado REGULAR del pavimento y por el método VIZIR obtuvimos un 2.25 con un estado de calificación de BUENO. Por último, concluye que cada metodología tiene su base teórica diferente en el momento de calificación por lo cual el método de PCI determina y clasifica con un mejor criterio las fallas encontradas.

1.7. Bases teóricas

1.7.1. Definición de pavimento

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, (2018) en la página 21 del “Glosario de términos” de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, menciona que:

El pavimento está conformado por 3 capas como son la subbase, base y capa de rodadura, además está construida sobre la subrasante, esto para resistir y distribuir esfuerzos ocasionados por vehículos, mejorando las condiciones de seguridad y bienestar para el tránsito.

Según Vega (2018) “es un elemento estructural multicapa armado en toda la extensión de la superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante el tiempo establecido lo cual deberá ser sometido algún tipo de tratamiento para extender su vida útil” (p.05). Es decir, el pavimento es una superestructura con el cual se puede tener un tránsito vehicular seguro y agradable. Esta superestructura vial está conformada por varias capas, los cuales tiene que estar sometidos a distintos tratamientos para asegurar la prolongación de vida de servicio del pavimento. La superficie de rodadura del pavimento puede estar formada desde materiales pétreos, carpeta asfáltica o una losa de concreto.

Según Medina & De la Cruz (2015) “Son una estructura que consiste en una capa superpuesta de materiales procesados sobre el terreno natural para distribuir la carga aplicada por el vehículo a la calzada, además debe contar con suficiente resistencia al deslizamiento. Asimismo, es una superficie que debe

brindar seguridad al caminar y comodidad” (p.10). Por lo cual el pavimento debe proporcionar una calidad de procesamiento aceptable para el consumidor.

1.7.2. Ciclo de vida del pavimento

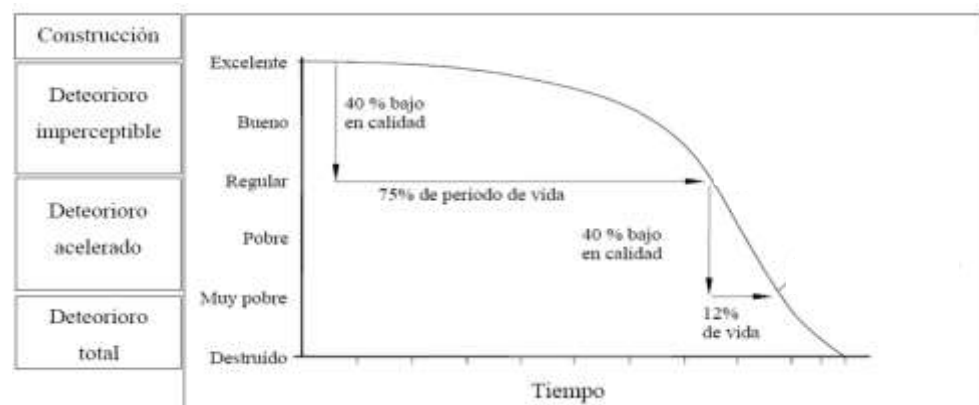
El ciclo del pavimento se puede representar mediante una curva de comportamiento histórico de la calidad del pavimento (Medina & De la cruz, 2015, p.13). Esta curva muestra cuatro etapas, como se describe a continuación:

- **Construcción:** “El pavimento está en excelentes condiciones y cumple con los estándares de calidad necesarios para la satisfacción del consumidor. El costo incurrido hasta ahora es la construcción del paquete de estructura " (Medina & De la cruz, 2015, p.13).
- **Deterioro imperceptible:** “La superficie de la carretera se desgasta y se desgarran gradualmente con el tiempo, el deterioro en esta etapa ya está ahí, pero es casi invisible y el usuario no puede verlo. Mayormente el daño se presenta en la superficie de la rodadura debido al cambio climático como también al tránsito. Para reducir el deterioro o desgaste se deben tomar una serie de medidas de mantenimiento y conservación, si no se toman estas medidas, la vida útil de la acera se acortará considerablemente” (Medina & De la cruz, 2015, p.13). En este deterioro el estado del pavimento varía desde excelente a regular.
- **Deterioro acelerado:** “Unos años después, los elementos de la acera se deterioraron y la resistencia del tráfico disminuyó. La estructura básica de la acera ha sido dañada, lo que se puede verificar por defectos visibles en la superficie de conducción. Esta etapa es muy corta porque la destrucción ya es bastante rápida”. (Medina & De la cruz, 2015, p.13). En este deterioro el estado del pavimento varía desde regular al más pobre.

- **Deterioro total:** “Esta etapa puede durar varios años y constituir el desgaste total de la acera. La transitabilidad se reduce drásticamente y el vehículo comienza a dañarse con neumáticos y ejes. Aumento de los costos operativos del vehículo, carretera intransitable” (Medina & De la cruz, 2015, p.13).

Figura 1

Ciclo de la Vida del Pavimento



Nota. En el gráfico se representa la calidad que brinda el pavimento respecto a su tiempo, que deterioro presenta. Tomado de *Gestión de infraestructura vial* (p.11), por H. E. Solminihac, T. Echaveguren, M.A. Chamorro, (s. f), ediciones.uc.cl.

1.7.3. Clasificación de pavimentos

Existen 3 tipos de clasificación de pavimentos, en estos se tienen en cuenta la distribución de cargas en la subrasante:

1.7.3.1. Pavimento Flexible

Según el Sistema Nacional de Inversión Pública, (2015) en la página 14 de “Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de

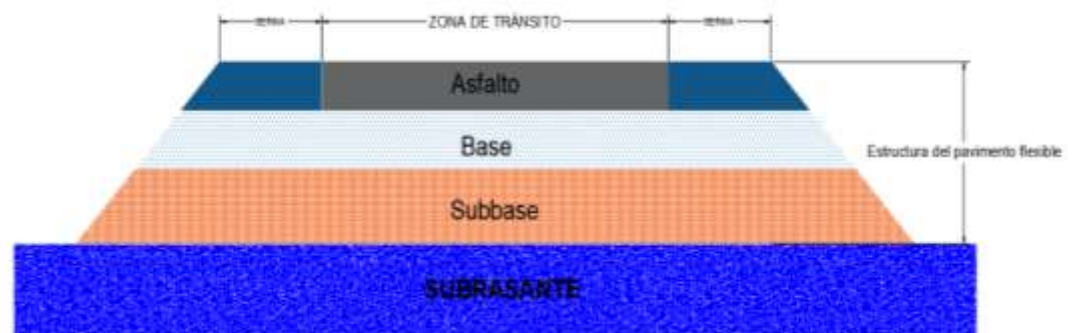
Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras”, menciona que:

El pavimento flexible es una estructura por capas granulares como son subbase y base, como capa de rodadura compuesta por materiales bituminosos como aditivos, agregados y aglomerantes. La rodadura asfáltica está establecida sobre capas granulares como son los morteros asfálticos, micro pavimentos, tratamiento superficial bicapa, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y caliente.

Según Zambrano (2016) “el pavimento flexible se compone de asfalto puesto sobre una base granular o subbase, la cual está resistida por el subgrado o subrasante ordinariamente conocida. Algunas superficies de asfalto tienen mayor rigidez convirtiéndolas en mezclas muy cercanas a las mixtas y otras tienen una capa tratada de BST”, además que las capas del pavimento flexible transmiten esfuerzos de manera uniforme y las deflexiones de manera no uniforme. (p.16).

Figura 2

Estructura del Pavimento Flexible



Nota. La imagen representa como está formada la estructura del pavimento flexible y lo que la integra. Elaboración propia.

1.7.3.2. Pavimento Rígido

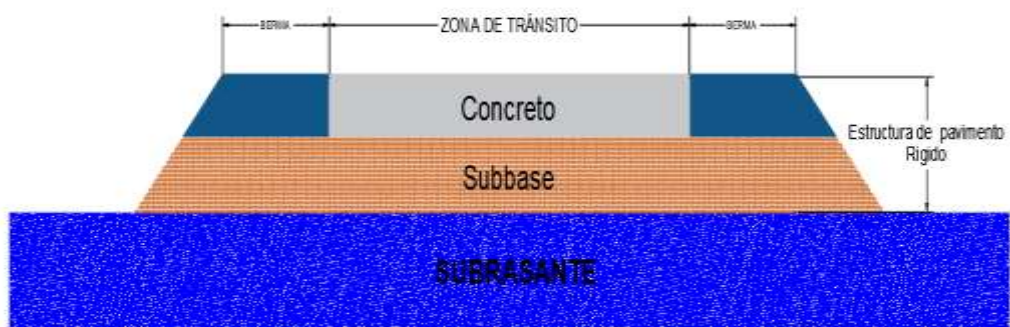
“El pavimento rígido como una estructura que se compone por una membrana de subbase granular, así mismo la membrana de la capa granular se puede estabilizar con asfalto, cemento o cal y las capas de rodadura de losas de concreto de cemento hidráulico como agregados, aditivos y aglomerantes” (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2015, p.16). Dentro de los pavimentos rígidos existen tres clases:

- Pavimento de concreto con juntas con refuerzo de acero en forma de mallas o fibras.
- Pavimento de concreto simple con juntas.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

Para Vega (2018) “los pavimentos rígidos están compuestos por una losa de concreto estribada sobre la base o subrasante. La necesidad de utilizar la base florece solo si la subrasante no cuenta con las condiciones para poder resistir las cargas del tráfico”. (p.11).

Figura 3

Estructura del Pavimento Rígido



Nota. La imagen representa como está conformado el pavimento rígido.

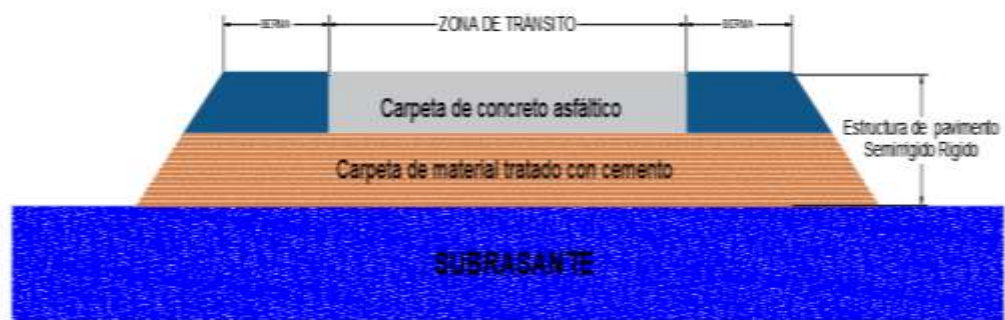
Elaboración propia.

1.7.3.3. Pavimento Semirrígido

“El pavimento semirrígido su estructura está compuesta por estratos asfálticos con un espesor total bituminoso lo cual es una carpeta asfáltica en caliente, del mismo modo se considera al pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cal” (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2015, p.16). Además, en este tipo de pavimento también abarca los pavimentos adoquinados.

Figura 4

Estructura Del Pavimento Semirrígido



Nota. La imagen representa como está conformado el pavimento semirrígido.

Elaboración propia.

1.7.4. Fallas en el pavimento

Las patologías encontradas en las estructuras de los pavimentos están relacionados a la carga que puede sufrir el pavimento. Las fallas funcionales es la incapacidad que puede sufrir el pavimento impidiendo un rodaje cómodo, económico y que garantice seguridad a los usuarios.

“Los deterioros de los pavimentos flexibles son indicadores fundamentales para el análisis del estado de los mismos, además menciona que los daños se catalogan en dos categorías, uno de ellos es el daño estructural los cuales se asocian con obras de rehabilitación a un costo alto, el segundo son

los daños superficiales estos asociados a obras de sostenimiento periódico como carpetas delgadas de concreto asfáltico, tratamientos superficiales, entre otros”. (Manual de Inventarios Viales, 2015, p.168).

- Falla superficial

“Las fallas superficiales o también conocidas fallas funcionales se reconocen cuando el pavimento no ofrece un paso seguro sobre él y los automóviles no transitan de forma segura y cómoda. La pérdida de cohesión de algunas capas del pavimento está asociada con la falla estructural, esto impidiendo que pueda soportar cargas a las que está diseñado”. (Leguía y Pacheco, 2016, p.30).

- Falla estructural

“Las fallas estructurales son daños en la estructura del pavimento. Se muestra en la repetición de cargas, esto debido al tránsito, sufriendo el pavimento a deformaciones, agrietamientos o tensiones horizontales y verticales por tracción en el asiento de cada capa”. (Leguía y Pacheco, 2016, p.30).

1.7.4.1. Causas del surgimiento de las fallas

Según Rodríguez (2019) “La causa del surgimiento de fallas del pavimento antes de cumplir su vida útil se debe al pasar del tiempo y el uso continuo del rodaje que genera sobre el pavimento hace que disminuya su eficiencia hasta conseguir deteriorarse todo esto ocasionando malestar e incertidumbre en los usuarios” (p.14). Algunas causas son:

1.7.4.1.1. Ineficiente sostenimiento del asfalto

“El mantenimiento del pavimento flexible es transcendental para prever desperfectos o corregirlos; esto para mantener el pavimento como al principio de su construcción” (Rodríguez, 2019, p15).

“En la mayoría de los países subdesarrollados, esto es un problema. Su presupuesto tiene espacio para proyectos de construcción, pero no para mantenimiento. Esto crea un problema a largo plazo. Aunque la reconstrucción generalmente se lleva a cabo, es difícil de resolver” (Rodríguez, 2019, p15).

1.7.4.1.2. Aumento del tránsito por encima del que fue estimado antes de su construcción

“La inexactitud de estudios previos a la construcción de las vías y la falta de proyección a lo largo de su vida útil generan que la carga del tránsito crezca causando diversas patologías en la estructura del pavimento flexible dando como resultado el fin de su vida útil” (Rodríguez, 2019, p15).

1.7.4.1.3. Cambios climáticos

“Los cambios climáticos generan el calentamiento de la capa asfáltica y humedad debido a las precipitaciones, estos dos factores influyen de forma negativa en el pavimento dañando su estructura y ocasionando fallas, acelerando el fin de su vida útil” (Rodríguez, 2019, p15).

1.7.4.1.3.1. Precipitaciones de lluvias

“La lluvia afecta directamente los requisitos del diseño de la capa granular y el diseño del pavimento, y depende directamente de su capa poco profunda en el pavimento y su penetración en el pavimento, o el impacto debido a la presencia de agua cercanas al camino en lagunas y en

el flujo de aguas superficiales y / o subterráneas, esto eleva el nivel del agua subterránea debajo de la plataforma vial y lo modifica de acuerdo con el tiempo de lluvia mensual. Debido a la capilaridad de los materiales utilizados, el alto nivel del agua subterránea cerca de la capa superior de la calzada de diseño del proyecto puede volverlos inestables. (Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, p.79).

1.7.4.1.3.2. Temperatura

“La temperatura afecta directamente la deformación de la carpeta asfáltica (CA); y las variaciones de temperaturas produce tensiones en la carpeta asfáltica. Por las temperaturas bajas aparecen las grietas por fatiga la que se potencia con el ahuellamiento. Por otra parte, las temperaturas altas tienen influencia en el ahuellamiento de la CA” (Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, p.78).

“Los agrietamientos por baja temperatura y por fatiga acrecientan los costos de conservación; y el ahuellamiento causa adicionalmente problemas de seguridad relacionado con el patinaje de los vehículos” (Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, p.78).

En función de las temperaturas regionales se debe seleccionar la aplicación de asfaltos con rangos distintos de penetración, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones presenta un cuadro de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras.

Tabla 1

Selección Del Tipo De Cemento Asfáltico

Temperatura Media Anual			
24° C o más	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 ó	60 - 70	85 – 100	Asfáltico
60 – 70 ó		120 – 150	modificado
Modificado			

Nota. Se puede observar los tipos de cemento asfáltico a usar dependiendo las temperaturas que se registren. Esta tabla ha sido tomada de “Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción” por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015, p.223.

1.7.4.1.4. Baja calidad de materiales para disminuir costos

“En las construcciones de pavimentación en diversas ocasiones los materiales adecuados no son colocados, esto con fines de ahorro de presupuesto o ausencia de fiscalización para verificar la calidad de los materiales que serán utilizados en la obra, perjudicando severamente en su estructura”. (Rodríguez, 2019, p15).

1.7.4.1.5. Inadecuado diseño de la estructura del pavimento

“Un mal diseño genera hendedura en la estructura, como fisuras en el espesor del pavimento, cada característica que muestra el suelo debe ser considerados en el diseño, siendo estos decisivos” (Rodríguez, 2019, p16).

1.7.4.1.6. Falta de sistema de drenaje

“La ausencia de un sistema de drenaje, la falta de mantenimiento de este o el mal cálculo de una pendiente de bombeo en capa del pavimento, son otra causa del deterioro del pavimento flexible” (Rodríguez, 2019, p16).

1.7.4.2. Descripción de tipos de fallas

1.7.4.2.1. Fallas contempladas en el método Índice de condición del pavimento (PCI).

La Norma ASTM D6433-07 detalla el tipo de fallas que se contemplan en el PCI, las cuales las clasifica en estructurales y superficiales, son un total de 19 fallas. En la tabla 2 se muestran dichas fallas.

Tabla 2

Fallas Contempladas en el PCI

Falla Estructural	Falla Superficial
1. Piel de cocodrilo	9. Exudación
2. Agrietamiento en bloque	10. Corrugación
3. Abultamiento y Hundimientos	11. Grieta de borde
4. Depresión	12. Grieta d reflexión de junta
5. Huecos	13. Desnivel de carril
6. Ahuellamiento	14. Grietas longitudinales y transversales
7. Desplazamiento	15. Parcheo
8. Hinchamiento	16. Pulimiento de agregados
	17. Cruce de vía férrea

Falla Estructural	Falla Superficial
	18. Grieta parabólica
	19.Desprendimiento de agregados

Nota. Se muestran las diferentes fallas que se tienen en cuenta en el momento de evaluar el pavimento con este método. Esta tabla ha sido adaptada de Práctica estándar para Índice de condición del pavimento de carreteras y estacionamientos por la Norma ASTM D6433-07. Copyright ASTM International.

1.7.4.2.1.1. Fallas Estructurales

1. Piel de cocodrilo

Descripción

Este deterioro o falla se manifiesta por medio de un afloramiento del material bituminoso de la mezcla hacia la superficie del pavimento. “Forma una superficie resbaladiza, brillante y pegajosa según el nivel del fenómeno”. (Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p. 299).

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas conectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica, bajo acción repetida de cargas de vehiculares. “Debido a repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan creando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se parece a una malla

de gallinero o a la piel de cocodrilo. Habitualmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m". (Vásquez, 2002, p. 10).

Causas

La falla es una consecuencia debido al fenómeno por fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es muestra de una insuficiencia estructural del pavimento. Esta falla empieza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisuración se propaga a la superficie. (Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p. 285).

Tabla 3

Nivel de Severidad "Piel de cocodrilo"

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Fisuras finas longitudinales del espesor de un cabello, con a pocas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están descascaradas.
M (Media)	Continuidad del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo finas, en una red de fisuras que podrían estar ligeramente descascaradas
H (Alta)	La red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien determinadas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico.

Nota. En la tabla se describe los niveles de severidad que se deben tener en cuenta al analizar la falla de piel de cocodrilo. Elaboración Propia.

Medida (m²)

El problema de la medición de este tipo de falla es el aspecto de dos o tres niveles de severidad en una misma área de falla. Si estas porciones pueden ser simplemente distinguidas de las otras, entonces deben ser medidas y registradas por separado; sin embargo, si los diferentes niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la suma del área debe ser calificada con el mayor nivel de severidad. “Si en una misma área, coexiste piel de cocodrilo y Ahuellamiento, cada una de las fallas debe ser registrada por separado y en su respectivo nivel de severidad” (Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p. 285).

Figura 5

Falla de Piel de Cocodrilo



Nota. Red de fisuras bien pronunciadas por lo que se considera una falla de severidad alta. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>.

2. Agrietamiento en bloque

Descripción

Para Rojas (2016) dice que “son un conjunto de fisuras conectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 0.30 m, con un área entre de 0.10 a 9.0 m²” (p. 122).

La fisura en bloque se presenta regularmente en una gran área del pavimento y algunas veces ocurren simplemente en las áreas no afectadas por el tráfico.

Las grietas o fisuras en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30mx0.3m a 3.0mx3.0m. Se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Las grietas en bloque no están ligadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido considerablemente. “Normalmente ocurre sobre una gran parte del pavimento, pero algunas veces aparecerá solamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma piezas más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos” (Vásquez, 2002, p. 14). También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es ocasionada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra solamente en áreas sometidas a cargas vehiculares por lo menos en su primera etapa.

Causas

“Las causadas principales por la contracción del asfalto, se debe a las variaciones diarias de temperatura. También suelen suceder en

pavimentos bituminosos colocados sobre bases granulares estabilizadas o retocadas con cemento pórtland, que se producen a partir de la contracción eventual de la capa estabilizada, que se reflejan en la superficie del pavimento” (Rojas,2016, p. 122). También menciona que a menudo es difícil verificar si las fisuras y grietas son debido a contracciones derivadas en la capa de rodadura o en la base y sub-base. La ausencia de tráfico tiende a acelerar la formación de estas aberturas de contracción. También se debe a los cambios de volumen del agregado fino del asfalto con un ligante de penetración baja. El comienzo de estas fisuras no está asociado a las cargas vehiculares; sin embargo, dichas cargas aumentan la severidad de las fisuras. La presencia de fisuras en bloques habitualmente es indicativa de que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Tabla 4

Nivel de Severidad "Fisuras en Bloque"

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Las Fisuras sin sellar tienen de ancho promedio a 2 mm con presencia de despostillamiento menor. Las Fisuras sin sellar de ancho promedio entre 2 y 5 mm.

Niveles de severidad	Descripción
M (Media)	<p>Las Fisuras sin sellar de ancho promedio menor de 5 mm con presencia de despostillamiento menor.</p> <p>La Fisura sellada de cualquier ancho, sin despostillamiento o cuando es breve, pero el material de sello está en insatisfactorias condiciones</p>
H (Alta)	<p>Estas Fisuras sin sellar, de ancho promedio a 5 mm.</p> <p>Estas Fisuras con presencia de despostillamientos severos</p>

Nota. En la tabla se representa los niveles de severidad que se toman en cuenta en el proceso de evaluación de grieta en bloque. Elaboración propia.

Medida (m²)

Las fisuras en bloque se miden en m² de superficie afectada. Normalmente ocurre a un nivel de severidad en una sección del pavimento, pero cuando se observe diferentes niveles de severidad se miden y registran separadamente. (Rojas,2016, p. 122).

Figura 6

Pavimento Donde se Presenta la Falla Fisura en Bloque



Nota. Se aprecia una falla de severidad alta, debido a que el pavimento está severamente fracturado. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>

3. Abultamiento y Hundimientos

Descripción

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

- Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
- Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”).

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y

desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling). (Rojas,2016, p. 123).

Causas

Los hundimientos son causados por asentamientos de la fundación, deficiencias durante la construcción o falta de un continuo mantenimiento a los drenes. La heterogeneidad constructiva puede provocar, desde simples descensos de nivel, hasta insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales. Los abultamientos son causados por expansión por congelamiento, Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito. (Rojas,2016, p. 123).

Tabla 5

Nivel de Severidad de Abultamientos y Hundimientos

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad.
M (Media)	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad.
H (Alta)	Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Abultamientos y Hundimientos. Elaboración Propia.

Medida (m)

El hundimiento se mide en metros lineales, registrando separadamente, según su severidad, el área afectada en la muestra o sección. Si surgen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3 metros, la falla se nombra corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Figura 7

Falla de hundimiento en el pavimento



Nota. Se aprecia una falla de severidad alta, pudiendo causar vibraciones excesivas, generando reducir la velocidad por seguridad. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>

4. Depresión

Descripción

(Vásquez, 2002) define que son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones

suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (p. 20). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropneumático. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

Causas

“Las Depresiones se forman por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta del pavimento. Las Depresiones causan algo de rugosidad y, si son lo suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar hidropneumático” (Rojas,2016, p. 125).

Tabla 6

Nivel de Severidad “Depresión”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	La depresión tiene una altura que varía de 13 a 25 mm.
M (Media)	La altura deprimida tiene un rango de 25 a 50 mm.
H (Alta)	La depresión tiene más de 50 mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Depresión. Elaboración Propia

Medida (m²)

Las depresiones son medidas en m² de área afectada.

5. Huecos

Descripción

(Manual de Inventarios Viales, 2014, p. 296). “Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior”. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta.

Causas

Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. “La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo piel de cocodrilo, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache” (Rojas, 2016, p. 132).

Tabla 7

Nivel de Severidad de “Huecos”

Profundidad	Diámetro medio (mm)			
	máxima	102 a 203 mm	203 a 457 mm	467 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M	
>25.4 A 50.8 mm	L	M	H	
>50.8 mm	M	M	H	

Nota. Para obtener la severidad del hueco depende de la profundidad y el diámetro. La tabla ha sido tomada del Pavement Condition Index (Pci) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras, por L.R. Vásquez, 2002, Ingepav, p.33. Universidad Nacional de Colombia.

Medida (und)

Los huecos se miden aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Figura 8

Falla de Hueco



Nota. Se aprecia una falla de hueco con acumulación de agua. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>

6. Ahuellamiento

Descripción

Un ahuellamiento suele ser una depresión superficial en las huellas de las ruedas. Vásquez (2002) alega que “el levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, muchas veces, los ahuellamientos son visibles solamente después de una lluvia, cuando las huellas están llenas de agua” (p. 37). El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante, generalmente es causado por la consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico.

Causas

Según Rojas (2016) las repeticiones de las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la subrasante. Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante.

Las causas posibles incluyen:

- Las capas estructurales pobremente compactadas.
- Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
- Mezcla asfáltica inestable.
- Técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad.
- Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad.

- La acción del tránsito (sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original).
- Estacionamiento prolongado de vehículos pesados.
- Exceso de ligantes de riegos. (Rojas, 2016, p. 134).

Tabla 8

Nivel de Severidad “Ahuellamiento”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	6 a 13mm (¼ a ½ pulgada)
M (Media)	13 a 25mm (>½ a 1 pulgada)
H (Alta)	25mm (> 1 pulgada)

Nota. Se muestra los parámetros de evaluación según los tres tipos de severidad para la falla Ahuellamiento. Elaboración Propia.

Medida (m²)

El ahuellamiento es medido en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial, y su severidad es determinada mediante la profundidad media del ahuellamiento. Rojas (2016) dice que “la profundidad media del ahuellamiento se obtiene colocando una regla en dirección perpendicular a la falla, midiendo su profundidad, y luego utilizando las medidas tomadas a lo largo del ahuellamiento para calcular el valor de profundidad media en milímetros” (p. 134).

7. Desplazamiento

Descripción

Según Vásquez (2002) el desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado por acción de la carga de tráfico. Cuando el tráfico empuja contra el pavimento, se produce una onda corta y brusca en la Superficie del pavimento. Este tipo de falla normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Causas

Rojas (2016) comenta que los desplazamientos son ocasionados por las cargas del tránsito, actuando sobre mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos, o bien, por falta de confinamiento lateral. La inadecuada ejecución del riego de liga o imprimación no permite una adecuada adherencia entre la capa asfáltica de rodadura y la subyacente, originando mayor posibilidad de corrimiento.

Tabla 9

Nivel de Severidad “Desplazamiento”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.

Niveles de severidad	Descripción
M (Media)	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad
H (Alta)	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Desplazamiento. Elaboración Propia.

Medida (m²)

Los desplazamientos que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos, no se consideran como una falla por separado. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2014).

8. Hinchamiento

Descripción

Según el Manual de Vásquez, (2002) en la página 43 del “Manual del PCI”, menciona que:

El hinchamiento es la curvatura hacia arriba de la superficie del pavimento. Olas progresivas largas de más de 3,0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de grietas.

Causas

Este daño es causado por la congelación del lecho de la carretera o Suelo potencialmente hinchado.

Tabla 10

Nivel de Severidad "Hinchamiento"

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento.
M (Media)	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
H (Alta)	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla de hinchamiento los cuales serán considerados en la evaluación del método de PCI. Elaboración Propia.

Medida (m²)

El hinchamiento se mide en metros cuadrados del área afectada por el daño.

Figura 9

Falla de Hinchamiento



Nota. Se aprecia una falla de hinchamiento en el pavimento. Tomada de "Propuesta de estrategias de intervención del pavimento flexible, aplicando las metodologías Pci, Vizir y Psi". [Fotografía], Leguía & Pacheco, 2018, p.36.

1.7.4.2.1.2. Fallas Superficiales

9. Exudación

Descripción

Este deterioro o falla se manifiesta por medio de un afloramiento del material bituminoso de la mezcla hacia la superficie del pavimento. “Forma una superficie resbaladiza, brillante y pegajosa según el nivel del fenómeno”. (Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p. 299).

Según Vásquez (2002), “La exudación es una membrana de material bituminoso en el área del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que prácticamente llega a ser pegajosa. La exudación es ocasionada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Sucede cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se propaga en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se almacenará en la superficie”. (p. 12).

Causas

Esta falla puede proceder de las causas siguientes:

- De un contenido excesivo de asfalto en la mezcla
- Por bajo contenido de vacíos.

Tabla 11

Nivel de Severidad "Exudación"

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	La exudación sólo ha sucedido a un nivel muy ligero y es apreciada sólo durante algunos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o ruedas de los vehículos.
M (Media)	La exudación ha sucedido llegando al punto en que asfalto se pega a los zapatos o a las ruedas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.

Niveles de severidad	Descripción
H (Alta)	La exudación ha sucedido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto, se pega a los zapatos y ruedas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Exudación, los cuales se deben tener en cuenta en el momento del análisis visual. Elaboración Propia.

Medida (m²)

La exudación del asfalto se mide en m² de área afectada, registrando separadamente ésta según su severidad. (Rojas,2016, p. 121).

Cuando se computa como Exudación, el área no debe ser considerada como pulimiento de superficie. (Rojas,2016, p. 121).

Figura 10

Falla de exudación



Nota. Muestra exudación bastante extensa en el carril por lo que se considera a una falla de severidad alta. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>.

10. Corrugación

Descripción

La Corrugación, también conocida como “Ondulación”, es una serie de crestas y valles muy próximos que ocurren en intervalos bastante regulares, usualmente de menos de 3.0m, a lo largo del pavimento. Las crestas son perpendiculares a la dirección del tránsito. (Rojas,2016, p. 124).

Causas

“Este tipo de daño suele ser causado por la acción del tránsito combinada con una rodadura o una base asfáltica inestable” (Rojas, 2016, p. 124).

Tabla 12

Nivel de Severidad “Corrugación”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad, como ya se vio en la falla anterior, se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo de inspección, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad.
M (Media)	Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad.

Niveles de severidad	Descripción
<p style="text-align: center;">H (Alta)</p>	<p>Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad. Se perciben vibraciones excesivas dentro del vehículo, por lo que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad.</p>

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Corrugación. Elaboración Propia.

Medida (m²)

La corrugación es medida en m² de área afectada.

11. Grieta de Borde

Descripción

Las grietas de borde son paralelas, habitualmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60m del borde exterior del pavimento. Vásquez (2002) afirma que “este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento”.

Causas

“Este daño se incrementa con el tránsito y puede originarse por el debilitamiento de la base o de la subrasante en las zonas próximas al borde del pavimento debido al clima”. (Rojas, 2016, p. 126).

Tabla 13

Nivel de severidad “Fisuras de Borde”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Se da un bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento. 13.0 a 25.0 mm.
M (Media)	Se aprecia un mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento. 25.0 a 51.0 mm.
H (Alta)	Existe una desintegración considerable a lo largo del borde. Más de 51.0 mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisuras de borde que serán usados al momento de la inspección visual. Elaboración Propia.

Medida (m)

Las fisuras de borde son medidas en metros lineales (m) de área afectada.

12. Grieta de reflexión de junta

Descripción

Vásquez (2002) dice que “este tipo de falla ocurre sólo en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre losas de concreto. Esta falla no incluye fisuras de reflexión provenientes de algún otro tipo de base como las bases estabilizadas con cemento o cal; estas fisuras son causadas principalmente por el movimiento inducido por humedad o temperatura de las losas de concreto que se encuentran bajo la superficie del concreto asfáltico” (p. 24). Esta falla no está relacionada a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar el deterioro de la superficie de CA cerca a la fisura. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura, se dice que la fisura está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico, ayudará a identificar estas fallas.

Causas

Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad. Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones; así mismo, “si por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas, la reflexión se produce con mayor rapidez. El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches” (Rojas, 2016, p. 127).

Tabla 14

Nivel de severidad “Fisuras de Reflexión de Juntas”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	<p>Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 5 mm sin descascaramiento o despostillamiento de sus bordes.</p> <p>Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no provocan golpeteo cuando se circula en vehículo sobre el pavimento.</p>
M (Media)	<p>Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 5 y 15 mm.</p> <p>Fisuras sin sellar, hasta 5 mm de ancho y/o selladas de cualquier ancho, que evidencien leve despostillamiento de sus bordes y/o están rodeadas por fisuras erráticas leves muy próximas.</p>
H (Alta)	<p>Cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un moderado o severo agrietamiento de la superficie, o que evidencie rotura y desprendimiento de parte del material asfáltico en la proximidad de la misma.</p> <p>Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor a 15 mm.</p> <p>La fisura provoca un severo golpeteo en el vehículo cuando se circula sobre el pavimento.</p>

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisuras de reflexión de juntas. Elaboración Propia.

Medida (m)

Las fisuras por reflexión de juntas se miden en “m”. La longitud y nivel de severidad de cada fisura se registra separadamente; se totalizan los metros lineales registrados para cada nivel de severidad en la sección.

14. Desnivel Carril/ Berma

Descripción

“El desnivel carril-berma es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es provocada por la erosión de la berma, el asentamiento de la berma, o por la colocación de nuevas capas sin el debido ajuste del nivel de la berma” (Vásquez, 2002, p. 26).

Causas

“Este daño se debe a la erosión o el asentamiento de la berma o a la construcción de sobre capas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma” (Rojas, 2016, p. 128).

Tabla 15

Nivel de severidad “Desnivel Carril/Berma”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm y menor a 50 mm.

Niveles de severidad	Descripción
M (Media)	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm y menor a 100 mm.
H (Alta)	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100 mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Desnivel de carril. Elaboración Propia.

Medida (m)

El desnivel carril-berma es medido en metros lineales (m).

Figura 11

Desnivel de carril



Nota. Se muestra el desnivel entre el carril y la berma, aparentemente es de severidad media. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>.

15. Fisuras Longitudinales y Transversales

Descripción

Vásquez (2002) define que “las Grietas Longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción del mismo y que las Grietas Transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción” (p. 28). Este tipo de grietas no suelen estar asociado con cargas.

Causas

- Una junta de construcción entre carriles muy mal elaborada.
- La concentración de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura del sitio o una combinación de lo anterior.
- Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento de la capa de base subyacente. Esto incluye las grietas de losas de concreto, pero no las juntas de las mismas. (Rojas,2016, p. 129).

Tabla 16

Nivel de severidad “Fisuras Longitudinales y Transversales”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Se cumple una de las siguientes condiciones: Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm (3/8 pulgada), o fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones).

Niveles de severidad	Descripción
M (Media)	Se cumple una de las siguientes condiciones: Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm (3/8 pulgada) y menor a 75mm (3 pulgadas); fisura sin relleno menor o igual a 75mm (3 pulgadas) rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria; o, fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.
H (Alta)	Se cumple una de las siguientes condiciones: Cualquier fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras secundarias en forma aleatoria, de mediana o alta severidad; fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm (3 pulgadas); o, fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm (4 pulgadas) del pavimento que la rodea está severamente fracturada.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisuras Longitudinales y Transversales. Elaboración Propia.

Medida (m)

La longitud y severidad de cada fisura deben ser registradas. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con distinto nivel de severidad debe ser registrada por separado. “Las Grietas Longitudinales y Transversales se miden en metros lineales (m)” (MTC, 2014, p. 315).

Figura 12

Falla Agrietamiento longitudinal y transversal



Nota. Se muestra la presencia de una grieta longitudinal. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>.

16. Parches

Descripción

Vásquez (2002) define que “un parche es un área del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente, un parche es considerado un defecto sin importar su comportamiento (un área parchada o área adyacente generalmente no se comporta tan bien como lo hace una sección original de pavimento)” (p.30). Por lo general, alguna rugosidad está asociada con esta falla.

Causas

“Si bien los parches por reparaciones de servicios públicos se deben a causas diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica” (Rojas,2016, 130).

Tabla 17

Nivel de severidad “Parches”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	El parche se encuentra en buenas condiciones. La calidad de tránsito es calificada como de baja severidad o mejor.
M (Media)	El parche está deteriorado e forma moderada, o la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad, o ambos.
H (Alta)	El parche se encuentra muy deteriorado, o la calidad de tránsito es calificada como de alta severidad, o ambas; en este caso el parche necesita ser reemplazado lo más pronto posible.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Parches para ser usados en la inspección visual. Elaboración Propia.

Medida (m²)

“Los parchados se miden en m² de área afectada, registrándose separadamente éstas de acuerdo con su nivel de severidad. En un mismo parche (particularmente cuando éste alcanza cierta extensión) pueden diferenciarse áreas con distinto nivel de severidad” (MTC, 2014, p. 322).

17. Pulimento de agregados

Descripción

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. “Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto” (Vásquez, 2002, p. 32).

Causas

Para Rojas (2016) “Este daño es causado por las cargas de tránsito. El Pulimento de Agregado se presenta cuando un examen minucioso del pavimento revela que:

- La porción de agregado que se extiende por encima del asfalto es muy pequeña.
- No hay partículas de agregado ásperas y angulares que proporcionen resistencia al deslizamiento” (p. 131).

Tabla 18

Nivel de severidad “Agregado Pulido”

Niveles de severidad	Descripción
	No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, la extensión del pulimento debe ser significativa antes de incluirla en la evaluación de la condición.

Nota. No se muestra ninguna descripción de los tres tipos de severidad para la Agregado pulido debido que el Manual del PCI así lo demanda.
Elaboración Propia.

Medida (m2)

El agregado pulido es medido en m2. Si se registra exudación, entonces el agregado pulido ya no debe ser registrado.

Figura 13

Falla de pulimento de agregados



Nota. Se muestra la presencia pulimento de agregados. Tomada de INVIAS [Fotografía], Grupo Técnico - Convenio 587, 2006, <https://cutt.ly/5ggFxOF>.

18. Cruce de Vía férrea

Descripción

“Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles”. (Vásquez, 2020, p.35)

Tabla 19

Nivel de severidad "Cruce de vía férrea"

Nivel de severidad	Descripción
L (Bajo)	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.
M (Medio)	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.
H (Alto)	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Nota. Se muestran los niveles de severidad tomados en cuenta en la evaluación. Elaboración Propia.

19. Grieta parabólica

Descripción

Según Rojas (2016) las fisuras parabólicas ó por deslizamiento, son fisuras en forma de media luna, generalmente se presentan en forma transversal a la dirección del tránsito, estas fisuras se producen por acción del frenado de las ruedas o cambio de dirección, la superficie del pavimento se desliza o deforma (p.136)

Para Vásquez (2002) “esta falla ocurre generalmente en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento” (p.41).

Causas

“Este daño suele ocurrir por un riego de liga inadecuado entre la superficie y la capa subyacente de la estructura de pavimento. No tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada” (Rojas, 2016, p.136).

Tabla 20

Nivel de severidad “Fisura Parabólica”

Niveles de severidad	Descripción
L (Baja)	Cuando el ancho promedio de la fisura es menor a 10mm (3/8pulgada).

Niveles de severidad	Descripción
M (Media)	Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: el ancho promedio de la fisura es ≥ 10 y < 40 mm ($\geq 3/8$ y $< 1\frac{1}{2}$ pulgada); o el área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de fisuras secundarias.
H (Alta)	Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: el ancho promedio de la fisura es > 40 ($1\frac{1}{2}$ pulgada); o el área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas.

Nota. Se muestra los parámetros de evaluación según los tres tipos de severidad para la falla Fisura Parabólica. Elaboración Propia.

Medida (m²)

Las fisuras parabólicas o por deslizamiento son medidas en m² y calificadas de acuerdo al mayor nivel de severidad presente en el área.

20. Desprendimiento de Agregados

Descripción

Los desprendimientos son el desgaste en la superficie del pavimento debido a la pérdida de ligante asfáltico o alquitrán y partículas del agregado removidas. "Estas fallas nos indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que estamos en presencia de una mezcla de pobre calidad" (Vásquez, 2002, p. 44).

Causas

“Puede ser causado por bajo contenido de ligante asfáltico, mala calidad de la mezcla, compactación insuficiente, segregación o stripping” (Rojas, 2016, p. 138).

Tabla 21

Nivel de severidad “Desprendimiento de Agregados”

Nivel de severidad	Descripción
L (Bajo)	<p>Cuando el agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas la superficie comienza a mostrar hoyos. En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda.</p>
M (Medio)	<p>Cuando se ha desprendido el ligante o los agregados. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños hoyos. En el caso de derrames de aceite, la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda.</p>
H (Alto)	<p>Cuando el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas son menores a 10mm (4 pulgadas) en diámetro y menores a 13mm (1/2 pulgada) en profundidad; las áreas ahuecadas mayores que estas son consideradas como fallas tipo baches. Para el caso de los derrames de aceite, el ligante</p>

Nivel de severidad	Descripción
	asfáltico ha perdido su efecto de liga y el agregado ha comenzado a perderse.

Nota: Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Desprendimiento de Agregado. Elaboración Propia.

Medida (m²)

Los desprendimientos son medidos en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.

1.7.4.2.2. Fallas contempladas en el método de Visión e Inspección de zonas de Itinerarios en Riesgo (VIZIR)

Esta metodología clasifica los diferentes tipos de patologías del pavimento flexible en dos categorías: Deterioros del Tipo A, las cuales se caracterizan por ser de condición estructural del pavimento y los deterioros del Tipo B, que se caracterizan por ser del tipo funcional.

Tabla 22

Tipos de fallas según la Metodología VIZIR

Tipo A (Fallas estructurales)	Tipo B (Fallas superficiales)
1. Ahuellamiento	7. Fisura longitudinal de junta de construcción
2. Depresiones o hundimientos longitudinales	8. Fisura transversal de junta de construcción
3. Depresiones o hundimientos transversales	9. Fisura de contracción térmica
4. Fisura longitudinal por fatiga	10. Fisura Parabólica
5. Fisura piel de cocodrilo	11. Fisura de Borde

Tipo A (Fallas estructurales)	Tipo B (Fallas superficiales)
6. Bacheos y parcheos	12. Abultamientos o desplazamientos
	13. Ojos de pescado
	14. Pérdida de película de ligante
	15. Pérdida de agregado
	16. Descascaramiento
	17. Pulimiento de agregado
	18. Exudación
	19. Afloramiento de mortero
	20. Afloramiento de agua
	21. Desintegración de bordes de pavimento
	22. Escalonamiento entre calzada y berma
	23. Erosión de las bermas
	24. Segregación

Nota. Se muestra la clasificación de fallas según su tipo. Adaptada del Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras, Instituto Nacional de vías, 2007.

1. Ahuellamiento

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Depresión longitudinal continua en zonas localizadas, generalmente en la trayectoria de circulación de las llantas del vehículo, la cual puede generar levantamientos en las zonas adyacentes a lo largo de la depresión.

Las causas más probables de este tipo de deterioro son: cargas de tránsito superiores en magnitud y frecuencia a las utilizadas para el diseño de la estructura de pavimento; espesor de pavimento insuficiente; compactación o calidad deficiente de la base. (p. 10).

Tabla 23

Nivel de severidad de Vizir “Ahuellamiento”

Niveles de severidad	Descripción
1	Sensible al conductor, pero poco importante. Profundidad < 20mm
2	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. Profundidad entre 20mm y 40 mm.
3	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Profundidad > 40 mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Ahuellamiento. Elaboración Propia.

Figura 14

Pavimento donde presenta la falla Ahuellamiento



Nota. Depresión importante por lo que se considera de severidad 2. Tomada de Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

2. Depresiones o hundimientos longitudinales

Descripción

En el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Depresiones localizadas de la superficie del pavimento. Este tipo de deterioro está orientado longitudinal. Está asociado a diversas causas, dentro de las cuales se encuentran: asentamiento localizado de la subrasante; deficiencias en el proceso constructivo como, por ejemplo, mala compactación; deficiente compactación en rellenos para estructuras hidráulicas y de servicios; deficiencia del drenaje subsuperficial. (p. 11)

Tabla 24

Nivel de Severidad de Vizir “Depresiones o Hundimientos Longitudinales”

Niveles de severidad	Descripción
1	Sensible al conductor, pero poco importante. Profundidad < 20mm
2	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. Profundidad entre 20mm y 40 mm.
3	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Profundidad > 40 mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Depresiones o hundimientos longitudinales. Elaboración Propia

3. Depresiones o hundimientos transversales

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Depresiones localizadas de la superficie del pavimento. Este tipo de deterioro está orientado transversalmente. Este tipo de deterioro está asociado a diversas causas, dentro de las cuales se encuentran: asentamiento localizado de la subrasante; deficiencias en el proceso constructivo como, por ejemplo, mala compactación; deficiente compactación en rellenos para estructuras hidráulicas y de servicios; deficiencia del drenaje subsuperficial. (p. 11)

Tabla 25

Nivel de severidad de vizir “Depresiones o hundimientos transversales”

Niveles de severidad	Descripción
1	Sensible al conductor, pero poco importante. Profundidad < 20mm
2	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. Profundidad entre 20mm y 40 mm.
3	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Profundidad > 40 mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Depresiones o hundimientos transversales. Elaboración Propia

Figura 15

Pavimento donde presenta la falla Depresiones o hundimientos transversales



Nota. Depresión importante considerada de severidad 3. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

4. Fisura longitudinal por fatiga

Descripción

Para el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), define que:

Corresponden a fisuras predominantemente paralelas al eje de la vía y localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular (huellas del tránsito). El fisuramiento se inicia en la superficie de las capas asfálticas y evoluciona en sentido descendente.

Las causas más comunes de este tipo de deterioro son los altos esfuerzos horizontales de tensión producidos por las llantas de los vehículos pesados, así como una baja rigidez. (p. 12).

Tabla 26

Nivel de severidad de vizir “Fisura longitudinal por fatiga”

Niveles de severidad	Descripción
1	Fisuras finas en la huella de rodamiento < 6 mm.
2	Fisuras abiertas y con cierta frecuencia se encuentran ramificadas.
3	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisura longitudinal por fatiga. Elaboración Propia.

Figura 16

Pavimento Donde Presenta la falla Fisura Longitudinal por Fatiga



Nota. Se aprecia fisuras abiertas en continuidad considerada de severidad 2. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

5. Fisura piel de cocodrilo

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas que se generan formando polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular. El fisuramiento se inicia en la parte inferior de las capas asfálticas donde los esfuerzos y las deformaciones de tensión producto de las cargas repetidas de tránsito, alcanzan su mayor magnitud.

La causa principal de estas fisuras es la fatiga de las capas asfálticas sometidas a repeticiones de cargas en un mismo sitio, superiores a las

permisibles. Otra causa puede ser la insuficiencia estructural del pavimento. (p. 13).

Tabla 27

Nivel de Severidad Vizir “Fisura Piel de Cocodrilo”

Niveles de severidad	Descripción
1	Formación de mallas grandes (>500mm), con fisuras finas, sin pérdida de material.
2	Presencia de mallas más densas (<500mm), con pérdida ocasional de material, desprendimiento y ojos de pescado en formación.
3	Presencia de mallas densas con fisuras muy abiertas y fragmentos separados (<200mm), con pérdida ocasional y/o generalizada de material.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisura piel de cocodrilo. Elaboración Propia.

Figura 17

Pavimento donde presenta la falla Fisura piel de cocodrilo



Nota. Presencia de mallas densas <500mm considerada de gravedad 2.

Tomada de Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles

[Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

6. Bacheos y parcheos

Descripción

El Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), señala que: Corresponde a áreas donde se ha realizado la remoción y reemplazo del pavimento, por materiales generalmente similares a los del pavimento original.

La intervención puede ser superficial sólo a nivel de la capa asfáltica mediante “parcheo”, o una intervención que involucre capas subyacentes mediante “bacheo”. Las causas pueden estar asociadas a deficiencias en el drenaje subterráneo produciendo retención de agua en estas áreas; deficiencias en el proceso constructivo (contaminación de materiales; mala compactación). (p. 14).

Tabla 28

Nivel de severidad de vizir “Bacheos y parcheos”

Niveles de severidad	Descripción
1	Intervención superficial ligada a deterioro Tipo B.
2	Intervenciones ligadas a deterioros Tipo A. Comportamiento satisfactorio de la reparación
3	Intervenciones ligadas a deterioros Tipo A. Ocurrencia de fallas en la zona reparada.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Bacheos y parcheos. Elaboración Propia

7. Fisuras longitudinales de junta de construcción

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Corresponde a fisuras en sentido longitudinal, coincidentes con juntas de construcción. Generalmente, la causa principal de este deterioro está asociada a un proceso constructivo deficiente de la junta longitudinal, el cual puede involucrar falta de ligante en las paredes de la junta, o deficiencia en la compactación de la mezcla asfáltica. (p. 15)

Tabla 29

Nivel de severidad de vizir “Fisura longitudinal de junta de construcción

Niveles de severidad	Descripción
1	Fina y única < 6 mm.
2	– Ancha sin desprendimiento ≥ 6 mm. – Fina y ramificada.
3	Ancha > 6mm con desprendimientos o ramificada.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisura longitudinal de junta de construcción. Elaboración Propia

Figura 18

Pavimento falla Fisura longitudinal de junta de construcción



Nota. Esta falla presenta fisuras con un ancho ≥ 6 mm siendo esta de gravedad o severidad 2. Tomada de Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

8. Fisura transversal de junta de construcción

Descripción

Así mismo el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), define que:

Corresponde a fisuras en sentido transversal, coincidentes con juntas de construcción. Generalmente, la causa principal de este deterioro está asociada a un proceso constructivo deficiente de la junta transversal, el cual puede involucrar falta de ligante en las paredes de la junta, o deficiencia en la compactación de la mezcla asfáltica. (p. 15)

Tabla 30

Nivel de severidad de vizir “Fisura transversal de junta de construcción”

Niveles de severidad	Descripción
1	Fina y única < 6 mm.
2	– Ancha sin desprendimiento ≥ 6 mm. – Fina y ramificada.
3	Ancha > 6mm con desprendimientos o ramificada.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisura transversal de junta de construcción. Elaboración Propia

Figura 19

Pavimento donde presenta la falla Fisura transversal de junta de construcción



Nota. Esta falla presenta una única fisura fina <6mm siendo esta de gravedad o severidad 1. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

9. Fisura de contracción térmica

Descripción

De acuerdo al Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), alude que:

Esta forma de deterioro involucra diversos tipos de fisuras, principalmente de tipo transversal, y en bloque, que aparecen en diversas áreas de la superficie del pavimento.

Se diferencian de otros deterioros, como FLF y FPC, porque se presentan en zonas donde no hay repeticiones permanentes de carga, aun cuando es evidente que éstas pueden aumentar su nivel de deterioro a causa de la contracción térmica de las capas asfálticas, debido a los ciclos diarios de temperatura, así también por el uso de un tipo de asfalto inadecuado para las características climáticas de la zona. (p. 16)

Tabla 31

Nivel de severidad “Fisura de contracción térmica”

Niveles de severidad	Descripción
1	Fina y única < 6 mm.
2	<ul style="list-style-type: none"> – Ancha sin desprendimiento ≥ 6mm sin desprendimientos. – Finas con desprendimientos. – Ramificadas.
3	Fisuras Ancha > 6mm con desprendimientos o ramificada.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisura de contracción térmica. Elaboración Propia

Tabla 32

Pavimento donde presenta la falla Fisura de contracción térmica



Nota. Presenta fisuras anchas mayor a 6mm con desprendimiento por lo que es considerada de severidad o gravedad 3. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

10. Fisura parabólica

Descripción

Para el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Fisuras en forma de parábola, que se presentan por el frenado, giro o circulación a muy baja velocidad de cargas pesadas que hacen deslizar y deformar la capa superior del pavimento.

Este deterioro se presenta generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad y, en algunos casos, en sectores donde no hay adecuada liga (adherencia) entre las capas asfálticas y las capas subyacentes de la estructura. Este deterioro se evidencia más en zonas donde el pavimento experimenta elevados esfuerzos tangenciales (curvas) y en tramos de

alta pendiente longitudinal, así como en zonas de frenado y aceleración de los vehículos. (p. 17).

Tabla 33

Nivel de severidad vizir “Fisura Parabólica”

Niveles de severidad	Descripción
1	Fisuras finas < 6 mm.
2	Fisuras anchas ≥ 6 mm sin desprendimientos.
3	Fisuras anchas Ancha ≥ 6 mm con desprendimientos.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisura Parabólica. Elaboración Propia.

Figura 20

Pavimento donde presenta la falla Fisura Parabólica



Nota. Presencia de fisuras finas mejores a 6mm considerado de severidad o gravedad 1. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

11. Fisura de borde

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), hace mención que:

Este tipo de fisuras generalmente son continuas y con tendencia longitudinal, que se localizan paralelas y cerca al borde externo del pavimento.

Sus orígenes pueden ser variadas. Una de las principales es la ausencia de berma o bordillo, lo cual se traduce en falta de confinamiento lateral de la estructura. Otras causas son: deficiencias en la compactación en el borde del pavimento; aplicación de cargas muy cerca del borde del pavimento; abertura de una junta de ampliación de calzada y cambios volumétricos del suelo de subrasante por modificación estacional de la humedad. (p.18).

Tabla 34

Nivel de severidad “Fisura de Borde”

Niveles de severidad	Descripción
1	Fisuras finas < 6 mm.
2	Fisuras anchas ≥ 6 mm sin desprendimientos.
3	Fisuras anchas Ancha ≥ 6 mm con desprendimientos.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Fisura de Borde. Elaboración Propia

Figura 21

Pavimento donde presenta la falla Fisura de Borde



Nota. Fisuras finas < 6mm considerada de severidad 1. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

12. Abultamientos o desplazamientos

Descripción

En el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), define que las:

Ondulaciones transversales sucesivas de la mezcla asfáltica, o ahuellamiento que se produce exclusivamente en las capas asfálticas. Este tipo de deterioro se origina por la deficiencia de estabilidad de la mezcla asfáltica, por el uso de agregados redondeados, por una dosificación de asfalto en exceso o por el empleo de asfaltos blandos. (p. 20).

Tabla 35

Nivel de severidad vizir “Abultamientos o desplazamientos”

Niveles de severidad	Descripción
1	Profundidad < 20 mm.
2	Profundidad $20 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$.
3	Profundidad > 40 mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Abultamientos o desplazamientos. Elaboración Propia

Figura 22

Pavimento donde presenta la falla Abultamientos o desplazamientos



Nota. Se presenta abultamiento con dimensión <20mm considerada de severidad 1. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

13. Ojos de pescado

Descripción

Señala el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), que las:

Cavidades de forma aproximadamente redondeada, las cuales resultan del desprendimiento ocasionado por el tránsito, de trozos de carpeta afectados por el fisuramiento tipo “piel de cocodrilo”, por depresiones o desintegraciones localizadas de la mezcla asfáltica. Su origen puede estar asociado al avance de otro tipo de deterioros, como las fisuras tipo piel de cocodrilo. También, se pueden producir por espesores insuficientes de las capas asfálticas, así como por retención de agua en áreas fisuradas y/o deformadas. (p. 19).

Tabla 36

Nivel de severidad Vizir “Ojos de pescado”

Niveles de severidad	Descripción
1	Cantidad: < 5; Diámetro: $\leq 300\text{mm}$
2	Cantidad: 5 a 10; Diámetro: $\leq 300\text{mm}$. Cantidad: < 5; Diámetro: $\leq 1000\text{mm}$
3	Cantidad: > 10; Diámetro: $\leq 300\text{mm}$ Cantidad: 5 a 10; Diámetro: $\leq 1000\text{mm}$

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Ojos de pescado. Elaboración Propia

Figura 23

Pavimento donde presenta la falla Ojos de pescado



Nota. Se aprecia 4 huecos con diámetros $\leq 300\text{mm}$ considerada de severidad 1. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

14. Pérdida de la película de ligante

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), especifica que:

Este deterioro corresponde al desprendimiento progresivo de la película de ligante bituminoso que envuelve los agregados pétreos, el cual evoluciona con la acción del tránsito y de los agentes climáticos.

La causa principal de este deterioro es la hidrofilia de los agregados. Otras causas pueden estar asociadas con la calidad del asfalto, así como con la contaminación de los agregados (sucios) y los efectos de agentes agresivos (agua y solventes, entre otros). (p. 21)

Tabla 37

Nivel de severidad vizir “Pérdida de película de ligante”

Niveles de severidad	Descripción
1	Pérdidas aisladas
2	Pérdidas continuas
3	Pérdidas generalizadas y muy marcadas

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Pérdida de película de ligante. Elaboración Propia.

Figura 24

Pavimento donde presenta la falla Pérdida de película de ligante



Nota. Se nota que la pérdida de ligante es aislada por lo que es considerada de severidad 1. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

15. Pérdida de agregados

Descripción

“Este deterioro corresponde al desprendimiento progresivo de los agregados pétreos, desintegrando la capa de rodadura. Este tipo de deterioro es común y casi exclusivo que se presente en los tratamientos superficiales, debido a deficiencias en el proceso de constructivo” (Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras, 2007, p. 22).

Tabla 38

Nivel de severidad vizir “Pérdida de agregado”

Niveles de severidad	Descripción
1	Pérdidas aisladas
2	Pérdidas continuas
3	Pérdidas generalizadas y muy marcadas

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Pérdida de agregado. Elaboración Propia

16. Descascaramiento

Para el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Corresponde a la pérdida de fragmentos de la capa asfáltica superior, sin llegar a afectar las capas subyacentes. Las causas principales de este deterioro están asociadas a la deficiente adherencia

entre la capa asfáltica y la capa subyacente, así como a un espesor insuficiente de la capa de rodadura. (p. 23).

Niveles de severidad	Descripción
1	Profundidad: ≤ 25 mm Área: ≤ 0.8 m ²
2	Profundidad: ≤ 25 mm; Área: > 0.8 m ² Profundidad: > 25 mm; Área: ≤ 0.8 m ²
3	Profundidad: > 25 mm; Área: > 0.8 m ²

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Descascaramiento. Elaboración Propia.

Figura 25

Pavimento donde presenta la falla Descascaramiento



Nota. Se evidencia cascaramiento con una profundidad menor a 25mm y un área mayor a 0.80m² considerada de severidad 2. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

17. Pulimiento de agregado

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), describe que:

Este deterioro se evidencia por la presencia de agregados expuestos con caras pulimentadas en la superficie del pavimento, generando superficies lisas que pueden afectar la resistencia al deslizamiento.

Este deterioro está relacionado íntimamente con la seguridad vial frente a accidentes de tránsito, por la deficiencia de adherencia que se suscita en el contacto entre el neumático y el pavimento. La causa de este deterioro es la utilización de agregados pétreos de alta susceptibilidad al pulimento en condiciones de servicio, tal el caso de los agregados calizos. (p. 24).

Tabla 39

Nivel de Severidad Vizir “Pulimiento de Agregado”

Niveles de severidad	Descripción
1	Longitud comprometida < 10% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas muy locales. Se debe mantener en continua observación.
2	Longitud comprometida \geq 10% a < 50% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas y continuas.

Niveles de severidad	Descripción
3	Longitud comprometida $\geq 50\%$ de la sección (100 metros) en una calzada, áreas continuas

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Pulimiento de agregado. Elaboración Propia.

Figura 26

Pavimento Donde Presenta la Falla Pulimiento de Agregado



Nota. Se evidencia la forma del deterioro. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

18. Exudación

Descripción

Es la apariencia de una película de asfalto en la superficie del pavimento, presentándose un aspecto brillante y pegajoso que bajo el estado de superficie húmeda produce significativas pérdidas de fricción.

“La exudación se debe principalmente a defectos en la manufactura de la mezcla, asociados a una cantidad excesiva de asfalto o un contenido muy bajo de vacíos con aire” (Instructivo para la

inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras, 2007, p. 25).

Tabla 40

Nivel de Severidad Vizir “Exudación”

Niveles de severidad	Descripción
1	Se presenta de forma puntual en un área específica.
2	Se presenta continua sobre el área o trayectoria por donde circula la rueda del vehículo.
3	Se presenta continua y muy marcada en diversas áreas de la superficie del pavimento.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Exudación. Elaboración Propia.

19. Afloramiento de mortero

Descripción

De acuerdo al Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Corresponde al afloramiento de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie del borde de las fisuras indica la existencia de este fenómeno.

La ausencia o un inadecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa principal de este tipo de deterioro, el cual se presenta en

zonas fisuradas no tratadas a tiempo por donde se registra la expulsión, hacia la superficie, de agua mezclada junto con material fino de la base.

(p. 26)

Tabla 41

Nivel De Severidad Vizir “Afloramiento De Mortero”

Niveles de severidad	Descripción
1	Localizados y apenas perceptibles.
2	Intensos.
3	Muy intensos.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Afloramiento de mortero. Elaboración Propia.

Figura 27

Pavimento donde presenta la falla Afloramiento de mortero



Nota. Se presenta un intenso afloramiento de mortero considerada de severidad 2. Tomada de *Manual para Inspección Visual de Pavimentos Flexibles* [Fotografía], Instituto Nacional de vías, 2008, repositorio.usmp.pe

20. Afloramiento de agua

Se presenta por la apariencia del líquido en la superficie del pavimento en momentos de los cuales no hay lluvia.

"El afloramiento se presenta por las fisuras y por las áreas segregadas del pavimento. La carencia de un adecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa principal de este tipo de deterioro” (Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras, 2007, p. 27).

Tabla 42

Nivel de Severidad Vizir “Afloramiento de Agua”

Niveles de severidad	Descripción
1	Localizados y apenas perceptibles.
2	Intensos.
3	Muy intensos.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Afloramiento de agua. Elaboración Propia

21. Desintegración de bordes de pavimento

Descripción

Según el Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), menciona que:

Este deterioro se presenta cuando las bermas no son revestidas y los vehículos se estacionan frecuentemente en ellas o circulan muy cerca del borde de la calzada. La principal causa de este deterioro está

asociada con el tránsito repetido de vehículos por los bordes del pavimento. (p. 28)

Tabla 43

Nivel de Severidad Vizir “Desintegración de los Bordes De Pavimento”

Niveles de severidad	Descripción
1	Inicio de la desintegración, sectores localizados.
2	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.
3	Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla.

22. Escalonamiento entre cazada y berma

Descripción

Para Chávez & Cusquisiban, (2017) mencionan que “Corresponde al desnivel que presentan las bermas con respecto a la superficie del pavimento (rasante). El desnivel se puede presentar debido a la consolidación de las capas que conforman la estructura de la berma”. (p. 30)

“En muchos casos, el escalonamiento se puede deber, simplemente, al hecho de que la construcción se realizó dejando una diferencia de nivel entre la calzada y la berma” (Instructivo para la

inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras, 2007, p. 27).

Tabla 44

Nivel de Severidad Vizir “Escalonamiento Entre Calzada y Berma”

Niveles de severidad	Descripción
1	Desnivel entre 10mm a 50mm.
2	Desnivel entre 50mm a 100mm.
3	Desnivel superior a 100mm.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Escalonamiento entre calzada y berma. Elaboración Propia

23. Erosión de las bermas

Descripción

“Corresponde a la destrucción de bermas revestidas y no revestidas. La causa de este deterioro es un inadecuado sistema de drenaje superficial” (Chávez & Cusquisiban, 2017, p.31).

Tabla 45

Nivel de Severidad “Erosión de las Bermas”

Niveles de severidad	Descripción
1	Erosión incipiente.
2	Erosión pronunciada.
3	Erosión extrema que pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Erosión de las bermas. Elaboración Propia.

24. Segregación

Descripción

El Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras (2007), define que:

La segregación granulométrica en una mezcla asfáltica se puede definir como la distribución no uniforme de los agregados finos y gruesos, la cual da lugar a una falta de homogeneidad en las propiedades y características de la mezcla, de tal magnitud que provoca un acortamiento sensible de la durabilidad de las mezclas bituminosas. Este tipo de deterioro está asociado con problemas de producción de la mezcla asfáltica y/o deficiencias en la construcción (carga, transporte o compactación). (p. 31).

Tabla 46

Nivel de Severidad “Segregación”

Niveles de severidad	Descripción
1	Longitud comprometida < 10% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas muy locales. Se debe mantener en continua observación.
2	Longitud comprometida \geq 10% a < 50% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas y continuas.
3	Longitud comprometida \geq 50% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas continuas.

Nota. Se muestra la descripción de los tres tipos de severidad para la falla Segregación. Elaboración Propia

1.7.5. Estrategias de intervención en pavimentos

1.7.5.1. Mantenimiento o conservación vial

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, (2018) en la página 34 de “Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial”, menciona que:

La conservación vial es un proceso que involucra actividades de obras civiles, instalaciones y equipamientos destinados a preservar las carreteras y caminos rurales, que se realizan con carácter permanente o continuo en los tramos conformantes de una red vial, que el estado requiere mantener en buenas condiciones operativas.

“Se debe mencionar que el gasto en la conservación de carreteras y caminos se constituye en una actividad estratégica de la que depende la mayor parte de la producción y de los servicios del país, en razón que una conservación adecuada, no sólo preserva el patrimonio vial, sino que disminuyen los costos de operación de los usuarios lo que hace más competitivo al país. La conservación vial técnicamente es una actividad muy especializada, de importante magnitud económica, que debe realizarse con eficiencia y oportunidad para minimizar los gastos y cumplir las metas que se programan presupuestalmente sobre un periodo anual”. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, p.22).

Según Sánchez (2016), la conservación vial es un “Amplio conjunto de actividades, adecuadas y oportunas, destinadas a asegurar el funcionamiento aceptable a largo plazo de las vías al menor costo posible.

Incluye actividades como la conservación rutinaria y la conservación periódica”. (p.4).

“Conjunto de acciones que se desarrollan para preservar a largo plazo la condición de los caminos y el servicio que prestan. Procura asegurar, al menor costo posible, el funcionamiento adecuado de un camino o red de caminos, permitiendo costos razonables de operación de los vehículos. Uno de los objetivos primordiales de la conservación es evitar, al máximo posible, la pérdida innecesaria de capital ya invertido, mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie del camino. La conservación procura, específicamente, evitar la destrucción de elementos tales como obras de arte en general, túneles, drenajes, puentes, señalización, pavimento, y otros elementos que en conjunto conforman la infraestructura vía”. (Administradora boliviana de carreteras, 2011, p.10).

Las actividades de conservación para pavimentos flexibles, se clasifican en periódicas y rutinarias:

1.7.5.1.1. Conservación Periódico

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) “El mantenimiento periódico está conformada por obras que acumulan aspectos que no pueden ser de reparación inmediata, pero que, si son visibles y en base a la experiencia y demanda del tráfico, son programables para ser realizadas por tramos viales, cuya prioridad se certifica en el campo en función de los registros de estado del camino” (p.22).

1.7.5.1.1.1. Tipos de conservación para una conservación periódica en pavimentos flexibles en calzada y bermas

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones, (2018) en la página 26 de “Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial”, establece los siguientes tipos de conservación:

1. Sellos asfálticos

“Consiste en la ejecución de riegos asfálticos, sobre la superficie de rodadura de la vía, incluyendo los correspondientes a los túneles, puentes y demás elementos, los cuales consisten en riegos con emulsión, lechada asfáltica, sellos arena-asfalto y tratamiento superficial simple o monocapa” (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.324).

Daños en el pavimento tratados con sellos asfálticos

- “Falta de adherencia superficial de la carpeta, la cual se presenta cuando en las mezclas asfálticas se utilizan agregados que no tienen afinidad con el asfalto y el tránsito produce un desgaste del ligante, dejando las partículas más gruesas expuestas. Este daño puede provocar una disminución en el coeficiente de fricción pavimento-neumático que puede resultar muy peligrosa”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.324).
- “Desgaste de la superficie de una mezcla asfáltica, el cual ocurre cuando se utilizan agregados poco resistentes que se fracturan con el paso vehicular y provocan pérdidas de asfalto”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.324).

- “Corrección de la carencia de una cantidad adecuada de asfalto en la mezcla, originada por deficiencias durante la construcción”.

(Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.324).

Las principales aplicaciones de las técnicas de sellado asfáltico para la conservación

- “Los sellos con emulsión asfáltica, que se utilizan para rejuvenecer superficies que presentan un cierto grado de envejecimiento (oxidación), para sellar fisuras y grietas pequeñas y cuando se detecta una insuficiencia de asfalto en la dosificación de la mezcla asfáltica utilizada en la construcción”. (Ministerio de

Transporte y comunicaciones, 2018, p.324).

- “Las lechadas asfálticas que cumplen una función similar que los sellos con emulsión y además detienen el desgaste superficial y mejoran la fricción entre el pavimento y los neumáticos”.

(Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.324).

- “Los sellos arena-asfalto y tratamiento superficial simple, al igual que los sellos anteriores, rejuvenecen, sellan la superficie, detienen el desgaste superficial y mejoran la fricción entre pavimento y neumático”. (Ministerio de Transporte y

comunicaciones, 2018, p.324).

- “El tamaño del agregado a utilizar se define en el diseño, según el objetivo propuesto y cumpliendo con las especificaciones técnicas correspondientes”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.324).

-

2. Recapeos asfálticos

“Radica en la colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento de la vía. Con el fin de recuperar las condiciones superficiales y estructurales del pavimento” (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.325).

3. Fresado de carpeta asfáltica

“Consiste en cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento de la vía, incluyendo los correspondientes a los túneles, puentes y demás elementos, de acuerdo a las especificaciones técnicas y de conformidad con el proyecto” (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.330).

4. Microfresado de carpeta asfáltica

“Radica en cortar superficialmente la capa de rodadura del pavimento de la vía. También se le denomina cepillado superficial. El microfresado sólo se realiza una vez terminados todos los trabajos de reparación de juntas, parchados, reparación de baches, reparación de grietas y otros, salvo el resellado de grietas que se debe hacer con posterioridad”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.332).

5. Reconformación de base granular en bermas

“Consiste en escarificar, conformar, nivelar y compactar la base granular existente, con o sin aporte de nuevo material. Con el objetivo de recuperar las dimensiones, cotas y alineamientos de la berma, a fin de tener un funcionamiento adecuado para el tránsito vehicular”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.332).

6. Imprimación reforzada en bermas con material granular

“La aplicación de un riego asfáltico reforzado con una capa de arena, sobre la superficie de la berma preparada, con el objetivo de proteger la base granular de la berma”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.336).

7. Nivelación de bermas con mezcla asfáltica

“Radica en la nivelación de bermas con mezclas asfálticas, con el propósito de corregir los desniveles con respecto del borde del pavimento, deformaciones o cuando la geometría no se ajusta a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada”.

1.7.5.1.2. Conservación Rutinario

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, (2018) en la página 597 de el “Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial”, menciona que:

Es el conjunto de acciones que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes.

Para Sánchez (2016) “el mantenimiento preventivo comprende un conjunto de actividades que se realizan en la calzada y el entorno de una vía pavimentada, cuando menos una vez al año, para retrasar todo lo posible el proceso de degradación de las características funcionales o estructurales del

pavimento, así como para corregir los impactos negativos del entorno que, sin suponer degradaciones de los elementos del pavimento, también impiden o dificultan la correcta realización de su función” (p.6).

1.7.5.1.2.1. Tipos de conservación para una conservación rutinaria en pavimentos flexibles en calzada y bermas

1. Sellado de fisuras y grietas en calzada

Para el Ministerio de Transporte y comunicaciones (2018) “El sellado de fisuras con aberturas iguales o menores a 3 milímetros y de grietas con aberturas mayores a 3 milímetros consiste en la colocación de materiales especiales sobre o dentro de las fisuras o en realizar el relleno con materiales especiales dentro de las grietas del pavimento. (p.287). Esto con el objetivo de impedir la entrada de agua, piedras o materiales duros y así evitar agrietamientos severos como los de piel de cocodrilo y la aparición de baches.

2. Sellado de fisuras y grietas en bermas

“El sello de fisuras (aberturas iguales o menores a 3 mm) y de grietas (aberturas mayores a 3mm) consiste en la colocación de materiales especiales sobre o dentro de las fisuras o en realizar el relleno con materiales especiales dentro de las grietas del pavimento de la vía. El sellado debe realizarse en el menor tiempo posible después de que se han desarrollado”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.293).

3. Parchado superficial en calzada

“Consiste en la reparación de baches en la capa de rodadura del pavimento de la vía. Esta actividad es una de las más difundidas

técnicamente en la conservación de pavimentos flexibles. El parchado superficial comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la superficie de rodadura, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos” (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.299).

4. Parchado profundo en calzada

“El Parchado Profundo consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura del pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto las capas asfálticas, como parte de la base y/o subbase”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.304).

5. Bacheo de bermas en material granular

“La actividad se refiere a la reparación de bermas granulares no pavimentadas, que se encuentren desniveladas respecto del borde del pavimento, que estén deformadas o cuya geometría no se ajuste a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.309).

6. Nivelación de bermas con material granular

“Radica en la nivelación de bermas granulares no pavimentadas, que se encuentren desniveladas respecto del borde del pavimento, que estén deformadas o cuya geometría no se ajuste a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada, con o sin aporte de material”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.312).

7. Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico

“Consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la capa de rodadura asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y las demás capas de suelos. Esta actividad de ser el caso, también comprende a los túneles, puentes y demás elementos de la vía”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.315).

Para el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) en la página 315 de el “Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial” indica que: los tipos de fallas más comunes, que no se deban a causas estructurales, a las que va dirigida esta operación, son:

- Áreas donde se presentan una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, con un grado de severidad que incluye trozos separados sueltos.
- Baches pocos profundos, entendiéndose como tales aquella cuya profundidad alcanza menos de 50mm.
- Desplazamiento de áreas localizadas de la capa de rodadura.

Salvo para el último tipo de falla, la colocación de un parche asfáltico, directamente sobre las zonas que presentan las fallas descritas, es también una solución eficaz, puesto que refuerza una estructura que se encuentra débil y actúa como un sello que impide la infiltración de agua. En todo caso, antes de optar por esta alternativa, deben

considerarse los efectos negativos que tiene en el IRI del pavimento y, por consiguiente, en el nivel de servicio útil remanente del pavimento.

“No se recomienda efectuar esta operación en zonas de pavimento que presenten hundimientos longitudinales y/o transversales, dado que la aplicación suele desprenderse”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.315).

8. Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico

“Este mantenimiento rutinario consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas o cuando el daño afecte tanto a la capa asfáltica como a la base y subbase granular”. (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2018, p.319).

Para el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) en la página 319 de el “Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial” indica que: los tipos de fallas más comunes a las que va dirigida esta operación son:

- Áreas agrietadas por fatigamiento de la estructura del pavimento, que presentan una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, con un grado de severidad que incluye trozos separados sueltos.
- Baches pocos profundos, entendiéndose como tales aquellos cuya profundidad alcanza menos de 50 milímetros.
- Sectores deformados por hundimientos de capas inferiores o por efecto del tránsito.

- Sectores que presentan emanación de agua y/o finos. Este fenómeno se refiere al surgimiento o eyección de agua desde bajo el pavimento a través de las grietas; muchas veces estos lugares son claramente visibles después de un periodo de precipitaciones, por los depósitos de suelos finos que quedan sobre el pavimento o las bermas.
- Grietas de borde de alta severidad, que se reconocen por la forma semicircular y porque se localizan hasta unos 300 mm del borde del pavimento. El pavimento debe encontrarse quebrado y con pérdida de material en más de 10% de la longitud de la grieta.

1.7.5.2. Rehabilitación

Para Paccori (2018) la rehabilitación de pavimentos “Son actividades que permiten restaurar las condiciones iniciales del pavimento, la reparación es más selectiva dado que se busca restablecer la capacidad estructural y la calidad original de la superficie de rodadura, considerando que cumplan las especificaciones técnicas con las cuales fueron diseñadas en un inicio” (p.53).

1.7.5.2.1. Alternativas viables de rehabilitación:

- Rehabilitación superficial.
- Rehabilitación estructural.
- Reconstrucción parcial o total

1.7.5.2.2. Alternativas de rehabilitación superficial

Las técnicas de rehabilitación pueden dividirse en técnicas tradicionales y técnicas de reciclado. Entre las más importantes para llevar a cabo son las siguientes:

Técnicas tradicionales

“Son técnicas usuales que se utilizan generalmente en la actualidad. Con estos métodos, los deterioros más importantes se corrigen colocando una capa de refuerzo superficial a base de materiales vírgenes. Si los deterioros son muy importantes, se procede a eliminar el grosor defectuoso y se substituye por nuevas capas bituminosas” (Quezada, 2004, p.12).

Técnicas de reciclado

“Este tipo de métodos se basan en la reutilización de los materiales el pavimento defectuoso. Junto con estos materiales envejecidos, se pueden incorporar otros elementos como agentes rejuvenecedores, nueva mezcla bituminosa, espuma, etc.” (Quezada, 2004, p.12).

1.7.5.2.3. Clasificación según la temperatura del reciclado

Reciclado en caliente

Según Fano & Chávez (2017) El proceso de reciclado de pavimentos asfálticos en planta en caliente “consiste principalmente en retirar las capas de asfalto de la carretera envejecida, mediante el fresado o demolición. De esta forma, el material es transportado al centro de fabricación donde es recolectado, caracterizado y finalmente procesado hasta cumplir con las condiciones de tamaño, humedad, etc. Luego, se mezcla en caliente con áridos vírgenes, betunes nuevos y/o agentes rejuvenecedores, para así lograr una mezcla bituminosa compuesta en parte por material reciclado, el cual será colocado y compactado en obra como una mezcla convencional” (p.78). Por otro lado, el reciclado en caliente también puede ejecutarse en campo, en un período muy breve.

Reciclado en frío

Para Fano & Chávez (2017) el reciclado en frío “El proceso de reciclado en frío tiene muchos aspectos, que pueden satisfacer muchas necesidades de mantenimiento y reparación de la infraestructura vial. Se pueden identificar dos condiciones de reciclado en frío, dependiendo si el material es tratado o no con algún agente ligante. A su vez, cada una de estas categorías se puede dividir por el tipo de procesamiento que recibe el material” (p.79).

Figura 28

Categorías de Reciclado en Frío



Nota. En la imagen se presentan los sistemas de clasificación primaria y secundaria. Tomada de Wirtgen-Cold Recycling Technology, 2012, <https://www.researchgate.net>.

1.7.5.2.4. Clasificación según el lugar de reciclado

Reciclado in-situ

“El reciclado in-situ consiste en la pulverización de la carpeta asfáltica existente y su mezcla con el material de base existente, añadiéndose

un aditivo en la capa reciclada para conseguir una mejor resistencia para soportar adecuadamente las cargas del tránsito futuro. Para este proceso se utilizan maquinas recicladoras, las cuales son especialmente diseñadas para reciclar capas de pavimentos de gran espesor en tan solo una sola pasada”. (Fano & Chávez, 2017, p.83).

Reciclado en planta

Para Fano & Chávez (2017) el reciclado en planta es “Es un proceso en donde se combinan materiales recuperados de un pavimento asfáltico y eventualmente de la base granular, con asfalto y agregados nuevos y / o de reciclaje agregados al asfalto, dependiendo de las necesidades. Para así producir mezclas para pavimentación en caliente, el cual también puede obtenerse por medio de fresado en frío. Así, la nueva mezcla en caliente se lleva al sitio de origen para su colocación, donde se distribuye y compacta con métodos y equipos convencionales” (p.83).

1.7.5.2.5. Clasificación según la profundidad del reciclado

Reciclado superficial

Según Fano & Chávez (2017) El reciclaje superficial, “se desarrolla con el fin de eliminar el agrietamiento severo que tienen las capas asfálticas y, al mismo tiempo, mejorar el índice de servicio. Habitualmente esta categoría de reciclaje se desenvuelve como una estrategia a corto plazo, sin embargo, también se puede utilizar en aquellos pavimentos en donde las capas asfálticas superiores sean débiles. Además, con el reciclaje superficial, el cual su espesor no es superior a 2.5 cm, puede existir un ligero mejoramiento de la capacidad estructural del pavimento, dado al efecto del

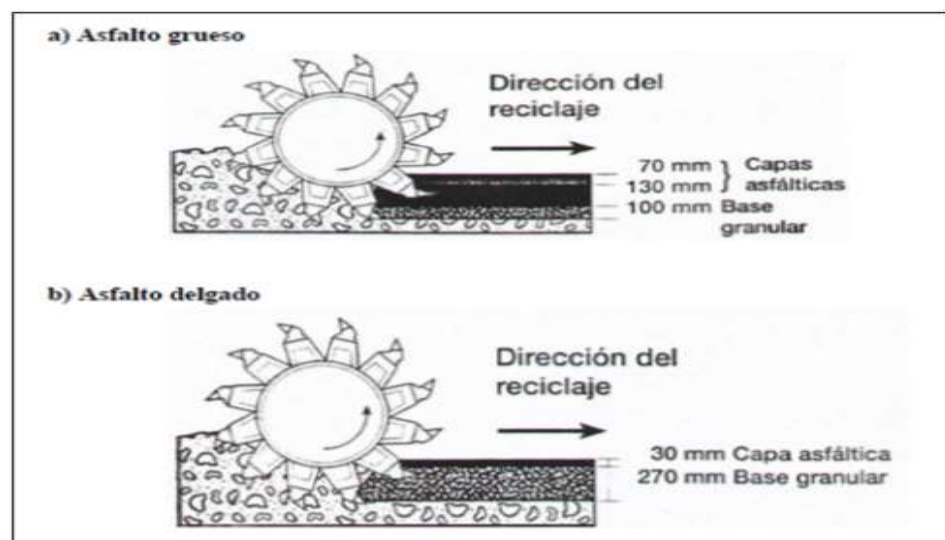
revestimiento asfáltico, el cual frecuentemente se aplica sobre la capa tratada” (p.86).

Reciclado profundo

Fano & Chávez (2017) “El propósito de reforzar el pavimento que está deteriorado, comprende un amplio espectro de aplicaciones y cubre estrategias de diseño a mediano y largo plazos. Lo que hace que mejoren las propiedades de funcionalidad del pavimento son los revestimientos colocados sobre la superficie de la capa reciclada, cumpliendo propiedades como la resistencia al deslizamiento y el índice de servicio. Así mismo, el reciclaje profundo, los cuales sus espesores típicos superan los 2.5 cm, también resultan adecuados para reforzar los pavimentos deteriorados que tienen capas asfálticas gruesas o delgadas” (p.87).

Figura 29

Reciclaje Profundo a 300 mm con Diferentes Espesores de Capa Asfáltica



Nota. En la imagen se muestran dos ejemplos de reciclaje profundo, ambas con profundidades de 300 mm. Tomada de Wirtgen-Cold Recycling Technology, 2012, <https://www.researchgate.net>.

1.7.6. Micro-pavimento en frio

Según Rujel & Solórzano (2015) El micropavimento es “una mezcla de emulsión asfáltica catiónica modificada con polímero, 100% agregado de grava, polvo mineral fino, agua y aditivos para el control de fracturas en campo. El cemento Portland tipo I se usa generalmente como un polvo fino. Sin embargo, se pueden usar muchos materiales inertes, como la cal hidratada que se usa en algunos sistemas, y se pueden usar aditivos de control de campo para ajustar el tiempo de rotura durante la construcción” (p.114). Además, se requiere que los agregados sean de alta calidad, para obtener una mayor estabilidad en la mezcla.

1.7.6.1. Diseño de Mezcla

“El diseño se refiere a la caracterización de los materiales y diseños de mezcla. Al igual que con otros tratamientos de superficie, debido a que la tecnología de micropavimentos se puede utilizar para mejorar la función del pavimento, no se requiere un diseño estructural. Se debe proporcionar un diseño de mezcla que cumpla con las especificaciones de mezcla y material. El diseño de mezcla generalmente desarrollado por el fabricante de la emulsión, determina la cantidad de emulsión modificada con polímero, agregado y mineral fino, e incluye rangos recomendados de agua y aditivos” (Rujel & Solórzano, 2015, p.115).

La información sobre el diseño de mezcla de un micropavimento se encuentra en los documentos de la normativa International Slurry Surfacing Association (ISSA-A143), así como también en las Especificaciones Técnicas Generales (EG-2013) del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

1.7.6.2. Prueba y selección de materiales

Agregados

Para Rujel & Solórzano (2015) El agregado “representa del 82% al 90% del peso del micropavimento, esto depende del tamaño de partícula y del uso del agregado, lo que tiene una gran influencia en el comportamiento del micropavimento. Para obtener los mejores resultados, el agregado debe estar 100% triturado, limpio, resistente a la corrosión y libre de químicos, arcilla y otros materiales que puedan afectar su fijación, mezcla y colocación. Los agregados triturados deben estar preferiblemente en ángulo y no contener muchas partículas planas o alargadas” (p.117).

Tabla 47

Granulometría Recomendadas por la ISSA - A143 Para el Sistema de Micropavimento

Abertura del Tamiz	TIPO II	TIPO III	Tolerancia Permisible
	Porcentaje pasante	Porcentaje pasante	
3/8" (9.50mm)	100	100	± 5%
#4 (4.75mm)	90 – 100	70 – 90	± 5%
#8 (2.36 mm)	65 – 90	45 – 70	± 5%
#16 (1.18mm)	45 – 70	28 – 50	± 5%
#30 (0.60mm)	30 – 50	19 – 34	± 5%
#50 (0.30mm)	18 – 30	12 – 25	± 4%
#100 (0.15mm)	10 – 21	7 – 18	± 3%
#20 (0.075mm)	5 – 15	5 – 15	± 2%

Nota. En la tabla se muestra la granulometría del agregado como también otros componentes de mezcla. Tomada de Norma De Rendimiento Recomendada Para Micro Pavimentación, 2010, International Slurry Surfacing Association.

Material Fino

Los minerales finos tienen como propósito disminuir la segregación de los agregados además de aumentar o reducir el sistema con el cual la mezcla alcanza su rompimiento y su deposición.

Para Rujel & Solórzano (2015) “El cemento portland y la cal hidratada han sido usados como minerales finos para micropavimentos, estos incrementan la rigidez. Particularmente el cemento portland también es utilizado para mejorar la granulometría. Normalmente se especifica hasta un 3 % de cemento portland (o $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de cal hidratada) por el peso seco del agregado” (p.119).

Emulsión

Para Rodriguez (2019) Son conjuntos de compuestos líquidos inmiscibles, que tienen una dispersión fina afianzada a un líquido y articulados mediante emulgentes. De acuerdo a las propiedades físicas y químicas y en relación a la estabilidad, fraguado y almacenaje, se puede definir que es una dispersión coloidal de macropartículas de cemento asfáltico (líquido) en una matriz líquida estabilizada y el agua; tras la aplicación se separan el agua y las emulsiones asfálticas, a este proceso se llama rotura. La fabricación es simple, lo complejo es la formulación o el diseño y su adaptación a los materiales pétreos; la composición básica de una emulsión asfáltica para el revestimiento es el cemento asfáltico y el agua y esta a su vez está compuesto por agente emulsificante. Las emulsiones catiónicas modificadas con polímeros son comúnmente usadas en las mezclas de micropavimentos tanto en el Perú como en otros países. El contenido de

asfalto residual en los micropavimentos, generalmente varia de 5.5 - 9.5 % por el peso seco del agregado (p.67).

Agua

Para Rodriguez (2019) “El agua es el componente que determina la consistencia de la mezcla, debe de estar libre de materiales álcalis (minerales como calcio y magnesio) o agentes contaminantes y sustancias deletéreas, y en general se usa el agua potable. Este elemento líquido está presente en el agregado y las dosificaciones deben de cumplir las tolerancias mínimas y máximas con la finalidad de no afectar la cohesión y segregación de la mezcla” (p.68). Además, dependiendo de la condición en la que se encuentra el agua y del porcentaje de absorción en el agregado, el contenido de humedad total de una mezcla para micropavimentos generalmente está dentro del 4-12% del peso seco del agregado, las mezclas con un contenido de agua superior al 12% pueden ser demasiado fluidas lo que se evidencia una sedimentación de agregados, dejando el aglutinante emulsionado en estado suspendido. Por otro lado, el Ph debe de cumplir las normas NTP 339.074, NTP 339.073 y NTP 339.072.

Polímeros

Los polímeros son un grupo de materiales plásticos cuyas propiedades intrínsecas pueden modificarse mecánicamente antes de que cambie la temperatura ambiente. La adición de polímeros suele aumentar la dureza del asfalto y mejora su sensibilidad a los cambios de temperatura. El aumento de rigidez aumenta la resistencia a la formación de ahuellamientos en climas cálidos y permite el uso de una base de cemento asfáltico relativamente suave, lo que proporciona un mejor rendimiento a bajas temperaturas. Normalmente,

para las mezclas de micropavimentos, la cantidad de polímero sólido del 3-4% (presente en el residuo por destilación) se especifica por el peso del asfalto residual. Algunos estudios de laboratorio han demostrado que la adición de polímero generalmente logrará la máxima dureza cuando el contenido de emulsión es del 10-12%. (Rujel & Solórzano, 2015, p.125).

1.7.6.3. Cantidades de Aplicación

Según la normativa ISSA, las cantidades de aplicación para micropavimentos en carreteras de alto volumen de tráfico varían de 8.1 – 16.3 kg/m², dependiendo del peso unitario del agregado. Como superficie de desgaste, el micro pavimento suele tener un espesor de 10-15 mm. El propósito básico es aplicar un material con un espesor de al menos 1¼ veces el tamaño nominal máximo del agregado en la mezcla. Cuando la superficie existente está desgastada o áspera y abierta de alguna manera, se necesita más material para llenar los vacíos de la superficie.

1.7.6.4. Condiciones climáticas

Si la temperatura de la acera o la temperatura ambiente es inferior a 10 ° C, si estaría lloviendo o la temperatura prevista es inferior a 0 ° C dentro de las 24 horas posteriores a la instalación, no se debe ser colocado el micropavimento. Algunos proyectos fracasaron cuando se aplicaron en condiciones de frío y / o lluvia. En clima frío, el micro pavimento puede agrietarse o desintegrarse, o si se coloca en un día caluroso y seco, la superficie puede agrietarse demasiado rápido, provocando retención de agua y retrasando el curado interno. El clima cálido requiere un cambio en la formulación para permitir un tiempo de mezcla más largo para aplicar correctamente el micropavimento. (Rujel & Solórzano, 2015, p.142).

1.7.6.5. Proceso constructivo

Una parte importante para asegurar el éxito de las aplicaciones de micropavimentos es el proceso de construcción, como se describe a continuación:

De acuerdo con las instrucciones de ISSA, la selección y producción de agregados debe ser triturada al 100%. El tamaño de partícula promedio del agregado debe ser de 3/4 "a 1". Antes de usar estos materiales, deben mezclarse uniformemente para mantener la representatividad de la granulometría tipo III de la ISSA.

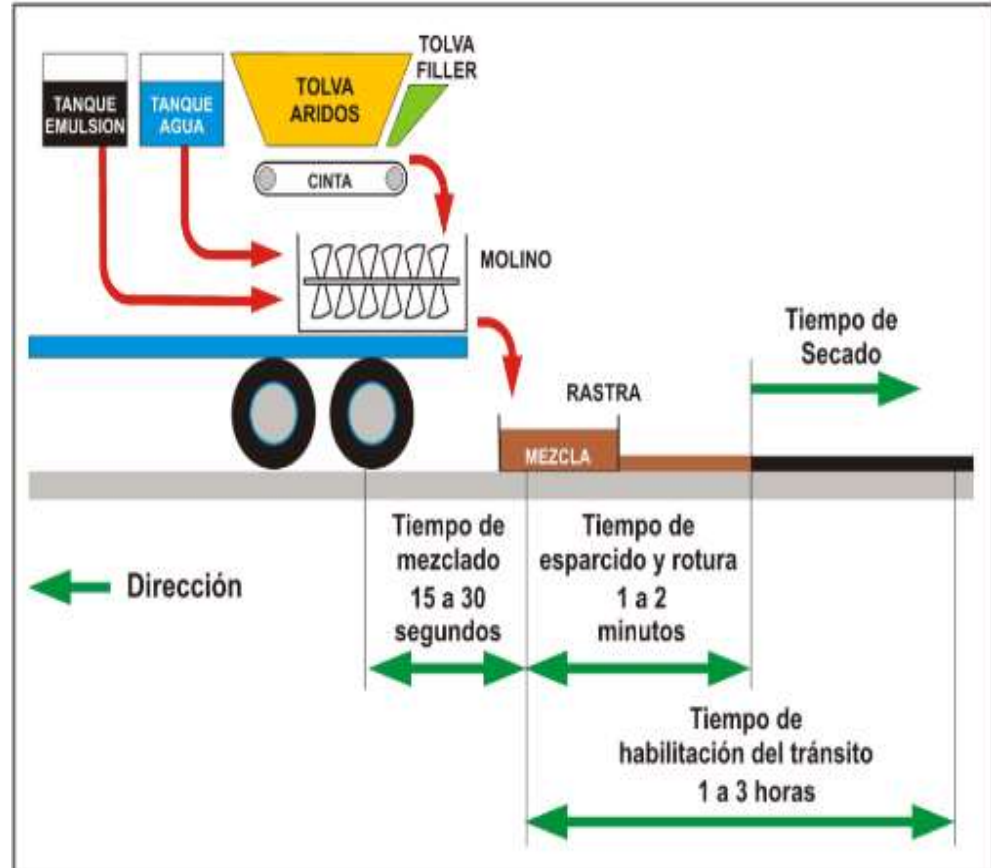
Luego se deberá limpiar toda el área de la superficie donde se aplicará el micropavimento. Si el pavimento posee fallas estas deben ser reparadas con un mes mínimo antes de la aplicación del micropavimento.

En cada acopio de material se habilitará espacio suficiente para realizar las maniobras del carguío del agregado y suministro de los demás materiales al micropavimentador. Con apoyo de un cargador frontal se abastece el agregado, el filler (cemento portland tipo I, 0.3% con respecto al peso seco del agregado), y el abastecimiento de la emulsión y del agua previamente mezclada con el aditivo (sulfato de aluminio, 1% con respecto al peso del agua) con apoyo de camiones cisternas, quedando listo el micropavimentador para trasladarse al frente de trabajo, donde se aplicará el micropavimento.

En cada acopio de material, se proporcionará suficiente espacio para la operación de carga de agregados y suministro de otros materiales a la micropavimentadora.

Figura 30

Tiempo de Procesamiento para el Micropavimento



Nota. En la imagen se muestra el tiempo que requiere la colocación del micropavimentos. Tomada de Importancia de la Determinación de un Micropavimento en Frío Como Capa de Rodadura de Alta Performance para el Proyecto Conococha – Recuay, 2015, <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2187>.

1.7.7. Slurry Seal

Para Pavimentos y Asfaltos (2015) “los sellos de lechada asfáltica son una mezcla de agregado fino bien graduado, emulsión asfáltica de rompimiento lento “SS” o controlado “QS” (ésta no se debe confundir con la emulsión de rompimiento rápido “RS” que se utiliza para otras aplicaciones), relleno mineral “filler” y agua, que adquiere un aspecto “cremoso” cuando es mezclado”, es un tratamiento preventivo que se utiliza generalmente en carreteras, calles y autopistas para extender su vida útil.

Jiménez & Ulloa (2016) menciona que “el sello de lechada asfáltica (Slurry Seal) es una técnica de conservación de pavimentos que se ha empleado muy ampliamente a nivel mundial, pues es un método que permite extender la vida útil de un pavimento a bajo costo, lo cual implica una mayor eficacia de la inversión de fondos públicos en actividades de conservación vial”. Así mismo el uso adecuado de la lechada asfáltica permite sellar fisuras en los pavimentos que muestran un estado de oxidación muy avanzado, como también restaurar la textura superficial y proporcionar de mayor resistencia al deslizamiento; igualmente es posible utilizarlo en la impermeabilización de las capas de rodadura y puede corregir el desprendimiento de partículas. En este tratamiento, la lechada asfáltica es fabricada por el equipo de aplicación, justo antes de su colocación.

Estos sellos se clasifican en Tipo I, II, ó III según el tamaño de los agregados donde:

- Tipo I: Pasando el tamiz N.º 8
- Tipo II: Pasando el tamiz N.º 4
- Tipo III: Pasando el tamiz N.º 3/8

1.7.7.1. Ensayos para los agregados

Según Jiménez & Ulloa (2016) el agregado que se utiliza para la elaboración de sellos de lechada asfáltica que está expuesto a la acción abrasiva del tránsito. Si no es lo bastante resistente entonces se desgastará de manera muy rápida y producirá que el pavimento se deteriore más rápidamente, con la pérdida de resistencia a la fricción cuando el pavimento está mojado. El agregado debe de cumplir las especificaciones de resistencia a la abrasión, forma, tamaño, limpieza de finos y durabilidad. La forma ideal del agregado es que sea cúbico, evitando las partículas elongadas y planas, pues estas se alinean en su lado plano y no quedan totalmente recubiertas con el asfalto, pudiendo desprenderse.

Las especificaciones que debe cumplir el agregado para ser utilizado en los sellos de lechada asfáltica.

Tabla 48

Especificaciones para los Agregados Finos

Ensayo	Norma	Especificación
Granulometría	AASHTO T 27 y T 11	Tabla 50
Abrasión Los Ángeles	AASHTO T 96 INTE 06-02-27	35 % máx
Equivalente de arena	AASHTO T 176	45 % mín
Durabilidad por acción de los sulfatos	AASHTO T 104 INTE 06-02-24	15 % máx (Sodio) 25 % máx (Magnesio)
Azul de metileno		10 mg/g máx (Basalto) 7 mg/g máx (Arenisca)

Nota. En la tabla se muestra las especificaciones para agregados finos granulometría. Tomada de a tomada de A105 Recommended Performance Guidelines, 2010, Emulsified Asphalt Slurry Seal.

Tabla 49

Especificaciones Granulométricas para los Agregados Finos

Agregados - Granulometrías				
Tamaño de Tamiz	Tipo I (% pasante)	Tipo II (% pasante)	Tipo III (% pasante)	Tolerancia
3/8	-	100	100	±5%
#4	100	90-100	70-90	±5%
#8	90-100	65-90	45-70	±5%
#16	65-90	40-65	28-50	±5%
#30	40-65	30-50	19-34	±5%
#50	25-42	18-30	12-35	±4%
#100	15-30	10-21	7-18	±3%
#200	10-20	5-15	5-15	±2%

Nota. En la tabla se muestra la granulometría del agregado que se utilizan. Tomada de a tomada de A105 Recommended Performance Guidelines, 2010, Emulsified Asphalt Slurry Seal.

1.7.7.2. Aplicación de Slurry Seal

Según el Programa de Infraestructura del Transporte (2016), los sellos de lechada asfáltica se aplican sobre pavimentos con deterioros de índole funcional (no estructural) que se han identificado de manera visual, tales como:

- Sellado de fisuras con grietas menores a 3 mm
- Sellado de pavimentos que se encuentran en buen estado, pero presentan cierto grado de oxidación
- Corrección del desprendimiento de partículas
- Restauración de la textura superficial y la resistencia al deslizamiento

- Reducción del ruido e impermeabilizar
- Mejoramiento de la superficie de ruedo por restricciones de peso, o cuando no es posible colocar capas de mayor espeso
- Mejoramiento del confort del usuario y la regularidad superficial de la carretera
- Corrección de ahuellamientos menores a 6 mm

Se ha observado que no es conveniente utilizar sellos de lechada asfáltica en vías que presenten deterioros muy avanzados, como, por ejemplo:

- Agrietamiento por fatiga: cuero de lagarto y rupturas en bloque
- Desprendimiento severo de partículas
- Grietas transversales con desprendimiento severo en el borde
- Ahuellamiento o roderas severas

En estos casos, los sellos de lechada asfáltica pueden ser utilizados siempre y cuando sean precedidos o complementados con otras técnicas de mantenimiento extensivas e intensivas, que permitan dar una solución real al problema, que probablemente se relaciona con deficiencias a nivel estructural.

1.7.7.3. Aplicación In situ

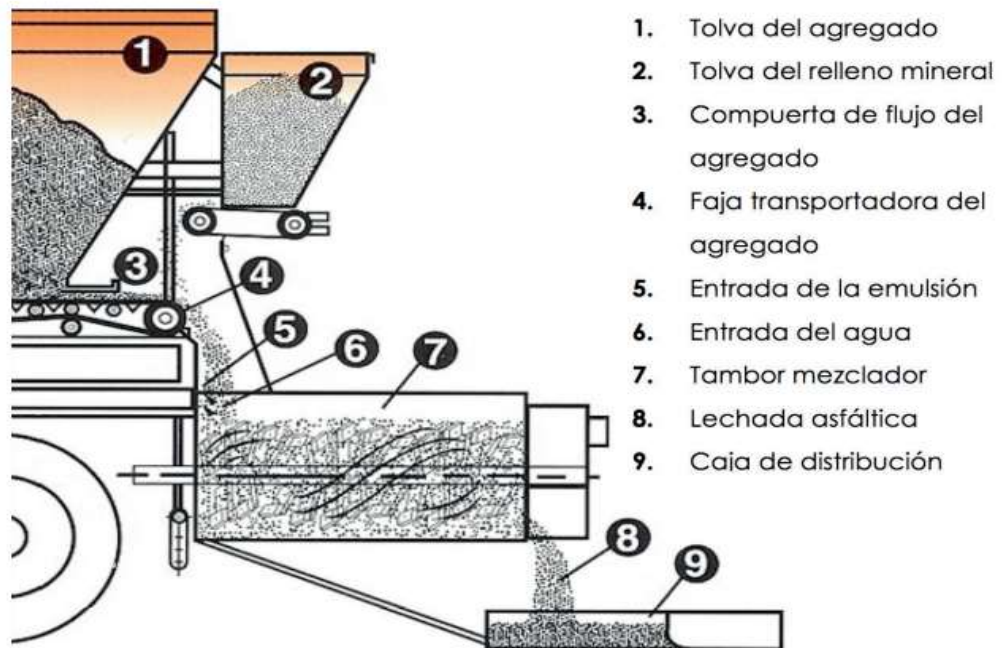
El Programa de Infraestructura del Transporte (2016) dice que el Slurry Seal es aplicado en la superficie del pavimento existente por medio de un dispositivo de distribución, con un tipo de encofrado, que se incorpora a una unidad de mezclado. La lechada asfáltica se introduce dentro de la caja de distribución, la cual coloca el recubrimiento mientras que todo el ensamblaje es movido hacia delante. La caja de colocación es capaz de distribuir el sello

de lechada sobre el ancho de un carril en una sola pasada, la cual está diseñada de tal manera que se conserva con un contacto constante sobre la superficie. Esto asegura que su aplicación sea uniforme del nuevo recubrimiento, en las distintas configuraciones geométricas del pavimento, como la corona, las superficies elevadas o las pendientes de los espaldones.

Es importante hacer notar que la diferencia entre una lechada asfáltica y una microcapa no radica sólo en incorporar polímero en la emulsión asfáltica. Una microcapa es una mezcla hecha con agregados de mayor calidad que las lechadas (en cuanto a parámetros mecánicos se refiere).

Figura 31

Esquema de la Fabricación



Nota. Se muestra el del Sello de Lechada Asfáltica. Tomada del Programa de Infraestructura del Transporte, 2016.

1.7.8. Asfalto espumado

1.7.8.1. Aplicación del asfalto espumado

La tecnología de asfalto espumado consiste en inyectar una pequeña cantidad de agua fría y aire comprimido en el asfalto caliente, que se lleva a cabo en la cámara de expansión. Cuando se mezcla con una pequeña cantidad de agua atomizada (generalmente 2% en masa) en una cámara de expansión especial, el asfalto caliente (160-180 °C) se convierte en asfalto espumado. En un estado espumado (estado temporal de baja viscosidad), el asfalto se puede mezclar. El agregado a temperatura ambiente se mezcla, donde el contenido de humedad cambia con la espuma. El proceso de espumado del asfalto es dependiente del cambio de estado del agua de líquido a vapor, un proceso que está acompañado de una expansión de unas 1500 veces el volumen original del líquido a una presión atmosférica normal. Cuando las partículas de agua están en contacto con el asfalto caliente, la energía térmica del asfalto se transfiere en agua. Una vez que el agua alcanza su punto de ebullición, cambia de estado y genera burbujas llenas de vapor de agua en este estado, las cuales están rodeadas por una fina película de asfalto. (Wirtgen GmbH Manual de reciclado en frío, 2012, p.81).

1.7.8.2. Propiedades del asfalto espumado

Según Wirtgen Manual de reciclado en frío (2012) indica que el asfalto espumado se caracteriza por dos propiedades principales:

- La relación de expansión es una medida de la viscosidad de la espuma y determinará el grado de dispersión del asfalto en la mezcla. Se calcula como la relación entre la espuma y su volumen original.

- La vida media, una medida de la estabilidad de la espuma, puede indicar la tasa de colapso de la espuma. Se calcula como el tiempo (en segundos) necesario para que la espuma desaparezca a la mitad de su volumen máximo.

1.7.8.3. Temperatura del asfalto espumado

La viscosidad del asfalto es inversamente proporcional a la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, cuanto mayor es la viscosidad, más grandes son las burbujas que se forman cuando el agua cambia de estado durante el proceso de formación de espuma. Debido a que este proceso absorbe energía del asfalto, la temperatura antes de la formación de espuma debe superar los 180 ° C para obtener un producto satisfactorio. (Wirtgen GmbH Manual de reciclado en frío, 2012, p.82).

1.7.8.4. Características aceptables del espumado

Narro & Morales (2018) “No hay límite para el rendimiento del asfalto espumado y el objetivo siempre será la producción de la mejor espuma para estabilizar. Según la experiencia, la espuma se puede dispersar completamente y estabilizar eficazmente. Es posible cuando la relación de expansión y la vida media son tan bajas como 8 veces y 6 segundos respectivamente para estabilizar el material a 25 ° C; sin embargo, hay otros factores que influyen, como la temperatura del material granular” (p.56).

Se considerarán los siguientes valores mínimos para la razón de expansión y la vida media:

- Razón de expansión: 10 veces
- Vida media: 8 segundos

1.7.8.5. Producción in situ del asfalto espumado

Para Narro & Morales (2018) “La tecnología in situ requiere equipos de molienda y mezcla. Hay varios modelos y La configuración de este tipo de equipo, pero generalmente equipado con un tambor de mezcla y trituración, donde el material es removido de la superficie, triturado y mezclado con asfalto espumado. La inyección del asfalto espumado en el agregado se realiza simultáneamente a través de varias cámaras de expansión individuales. Dependiendo de los accesorios del equipo de reciclaje mixto pueden estar rotos, alargados, niveladas y extendidas” (p.44).

1.7.8.6. Ventajas del asfalto espumado

Wirtgen Manual de reciclado en frio (2012) describe las principales ventajas de estabilizar con asfalto espumado, descritas a continuación:

- El costo del ligante se reduce porque el asfalto espumado contiene asfalto de penetración estándar y una pequeña cantidad de agua, generalmente 2% (masa) de asfalto. Excepto por la inversión inicial en equipo, el asfalto espumado no incurrirá en costos de fabricación.
- La Reducción de costos de transporte. Para la misma proporción de asfalto residual, la emulsión debe contener un 40% de agua y debe ser transportada con el asfalto. El material tratado con asfalto espumado se puede colocar inmediatamente, compactar y abrir para su uso.
- El material de asfalto espumado puede permanecer utilizable durante mucho tiempo y puede almacenarse en condiciones climáticas adversas sin la necesidad de lavar el asfalto del agregado.

- El proceso de asfalto espumado se puede utilizar para tratar materiales in situ con alto contenido de humedad del suelo, porque el ligante se puede agregar sin usar agua adicional.

1.7.9. Métodos de evaluación del pavimento

1.7.9.1. Metodología PCI

Para Rodriguez y Tacza (2018) “La metodología de PCI, permite la estimación de pavimentos flexibles y rígidos, con ello se obtiene el índice de integridad del pavimento y la condición operacional de la superficie, determinando las necesidades de una reparación o mantenimiento de la vía estudiada, alargando su vida útil” (p.30). Por ende, esta evaluación se ejecuta por medio de inspecciones visuales en toda el área de estudio, tomándose en cuenta las fallas encontradas y con ello la severidad que tienen, además con la metodología de PCI se obtiene “Valores deducidos” con el fin de identificar la severidad de las fallas sobre el pavimento.

Índice de condición del pavimento

Es una calificación numérica que representa la condición del pavimento. Y varía desde cero (0), para un pavimento “fallado” siendo este la peor condición posible, hasta un valor de cien (100) para un pavimento “Excelente”. Cada rango de valor de PCI tiene su descripción cualitativa de las condiciones del pavimento.

1.7.9.2. Metodología VIZIR

Para Marrugo (2014) “El método VIZIR es un sistema de por medio del cual se puede calificar la condición superficial de los pavimentos flexibles. Este sistema se caracteriza por dar una clasificación inicial de dos tipos de

daños Tipo A daños estructurales y tipo B funcionales”. (p.16). Las fallas de tipo A están asociados a la carencia estructural del pavimento, las fallas de tipo B son funcionales, asociadas a aspectos constructivos.

“Evalúa las condiciones del pavimento mediante un índice con un valor adimensional calculando el deterioro superficial (I_s), medido con porcentajes viales del área”. (Marrugo, 2014, p.16).

Índice de fisuración

Según Sierra y Rivas (2016) “El cálculo del índice de fisuración, el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural” (p.36). Es decir, se mide en función de su gravedad y extensión, solo de las fallas del tipo A, que tengan relación con la fisuración del pavimento.

Índice de deformación

Para Sierra y Rivas (2016) el índice de deformación “Depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural, Se mide en función a la gravedad y extensión de las fallas de tipo A. Las fallas que aplican son: Ahuellamiento, Hundimiento o depresiones longitudinales y transversales”. (p.36).

Índice de deterioro superficial

Según Sierra y Rivas (2016) el índice de deterioro superficial “califica el tramo de estudio según los índices de deterioro y según la longitud de muestreo que estemos realizando, el valor del “ I_s ” varía entre 1 y 7”. (p.36).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según su propósito: Aplicada

Se considera una investigación Aplicada, ya que esta investigación utiliza normas técnicas para la elaboración de ensayos e información científica para comparar resultados obtenidos.

Según su diseño: No Experimental - Comparativo

Se considera una investigación de diseño No Experimental, ya que este estudio es más de observación y análisis de cada patología que se encuentren en el pavimento.

Hernández, Fernández y Baptista (2014), dice que el estudio no experimental no general ninguna situación, pero sí en cambio se observan situaciones ya existentes, las cuales no son estimuladas intencionalmente; además, indica que las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, menos se puede influir en ellas. (p.152).

Por el nivel: Concluyente

Se considera una investigación de nivel concluyente, ya que con esta investigación buscamos generar hallazgos. Con el análisis de las fallas encontradas mediante los métodos de PCI y VIZIR llegaremos a cumplir las conclusiones o tomar decisiones.

2.2. Variables

2.2.1. Variable independiente

Las variables independientes de esta investigación son:

- Índice de desempeño PCI
- Índice de desempeño VIZIR

Definición: Son procedimientos que estudian las patologías que presentan los pavimentos flexibles calificando la condición superficial, mediante la inspección visual, identificando su clase, severidad, estado y grado de servicio.

Tabla 50

Clasificación y Descripción de Variables Independientes

Variable independiente	Tipo	Clasificación	Dimensiones	Indicadores	Índice de Metodología	Rango de evaluación
-Índice de desempeño PCI	Cuantitativa	Continua	Estudio superficial del pavimento	Clasificación	Excelente	100 – 85
					Muy bueno	85 – 70
	-	Ordinal	Bueno		70 – 55	
	Cualitativa		Regular		55 – 40	
			Malo		40 – 25	
			Muy Malo		25 – 10	
		Fallado	10 – 0			
-Índice de desempeño VIZIR	Cuantitativa	Continua	Estudio superficial del pavimento	Bueno	1 - 2	
	-	Ordinal		Marginal	3 - 4	
	Cualitativa			Deficiente	5 - 6 -7	

Nota. En la tabla se presenta la clasificación de las variables independientes con los respectivos métodos con sus rangos de evaluación. Elaboración propia.

2.2.2. Variable dependiente

La variable dependiente para esta investigación es: Evaluación y conservación del pavimento flexible.

Definición: Son operaciones necesarias para determinar el estado y condición del pavimento flexible para el mantenimiento y preservación de sus elementos que lo conforman, mejorando su vida útil.

Tabla 51

Clasificación y Descripción de la Variable dependiente

Variable dependiente	Tipo	Clasificación	Dimensiones	Indicadores	Índice de Metodología	Rango
Evaluación y conservación del pavimento flexible	Cuantitativa	Continua	Tipo de Fallas	INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	Agrietamiento en bloque	Alta
	a -	Ordinal			Abultamiento y hundimientos	
	Cualitativa		Ahuellamiento			
			Cruce de vía férrea			
			Corrugación			
			Piel de cocodrilo			
			Depresión			
			Pulimiento de agregados			
			Grieta parabólica			
			Grietas longitudinales y transversales		Medio	
		Grieta de borde	Medio			
		Grieta de reflexión de junta	Bajo			
		Exudación				
		Parcheo	Alto			
		Desplazamiento				
		Desprendimiento de agregados				
		Hinchamiento				
		Desnivel				
		carril/berma	Bajo			
		Huecos				

Variable dependiente	Tipo	Clasificación	Dimensiones	Indicadores	Índice de Metodología	Rango
					Afloramiento de mortero Ahuellamiento Afloramiento de agua Fisura longitudinal de junta de Fisuras piel de cocodrilo Fisuras longitudinales por fatiga Bacheos y parcheos Fisura transversal de junta de construcción Fisuras parabólicas 1 Fisuras de contracción térmica Fisura de borde 2 construcción Desplazamiento Ojos de pescado 3	
				INSPECCIÓN VISUAL Y RUTAS DE RIESGOS (VIZIR)	Exudación Depresiones o hundimiento longitudinales Depresiones o hundimiento transversales Escalonamiento entre calzada y berma Desintegración de los bordes del pavimento Erosión de las bermas Pérdida de la película de ligante. Pérdida de agregados Descascaramiento Segregación Pulimiento de agregados	1-2-3

Nota. En la tabla se presenta la clasificación de la variable independiente con los respectivos métodos de evaluación. Elaboración propia.

2.3. Matriz de consistencia

Tabla 52

Matriz de consistencia

EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE LOS INDICES DE DESEMPEÑO “PCI” Y “VIZIR” EN LA CARRETERA HUANCHACO, TRUJILLO 2021						
PAVIMENTOS						
ÁREA	PROBLEMA	CAUSAS	METODOLOGÍAS	TECNICAS / HERRAMIENTAS	LOGROS	INDICADORES
Pavimentos	Problema general: ¿La evaluación del pavimento flexible con los métodos PCI y VIZIR en la carretera Huanchaco, permiten determinar el estado del pavimento?	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño • Calidad • Condiciones climáticas • Trafico 	<p>Diseño</p> <p>No experimental – Comparativo</p> <p>Tipo de investigación</p> <p>Cuantitativo – Cualitativo</p>	<p>Técnicas</p> <p>Se utiliza el análisis visual y toma de datos con fichas correspondientes a cada método, teniendo conocimiento el tipo de daño y severidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el estado superficial del pavimento flexible mediante el método de índice de condición de pavimento (PCI). • Evaluar el estado superficial del pavimento flexible mediante el método de inspección visual y rutas de riesgos (VIZIR). 	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de desempeño PCI • Índice de desempeño VIZIR <p>Indicadores:</p> <p>Índice de condición del pavimento (PCI):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calificación de daño • Nivel de severidad <p>Inspección visual y rutas de riesgo (VIZIR):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de fisuración. • Índice de deformación
	Problemas específicos: ¿Cuál será el estado del pavimento flexible mediante el estudio comparativo	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de planificación vial. 	<p>Población</p> <p>La población es la longitud de la carretera Huanchaco, siendo un total de 1900 metros de longitud.</p> <p>Muestra</p>	<p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wincha métrica de 50m. • Regla de 3m 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la relación existente entre los métodos PCI y VIZIR verificando su grado de confiabilidad. 	

<p>de los métodos PCI y VIZIR?</p> <p>¿Qué relación existe entre los métodos PCI y VIZIR al determinar el grado de confiabilidad de ambos?</p> <p>¿Mediante los métodos PCI y VIZIR será posible identificar las patologías existentes en el pavimento de la carretera Huanchaco?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de recursos económicos. 	<p>La muestra está conformada por 52 tramos para ambos carriles teniendo un total de 104 tramos a analizar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara fotográfica • Laptop • Manual de PCI Y VIZIR • Programas computacionales • Formatos • Hojas de cálculos • Planos de la localización • Fotografías de las fallas 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las fallas y/o deterioros más influyentes del pavimento flexible en toda el área de estudio. • En función al método más eficaz plantear alternativas para el mantenimiento y conservación del pavimento flexible • Determinar el costo de la alternativa del pavimento evaluado 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de deterioro superficial • Calificación de daño <p>Variable dependiente: Evaluación y conservación del pavimento flexible.</p> <p>Indicadores: Valoración de la evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PCI: Rango de 0 -100 • VIZIR: Rango de 1 - 7
---	--	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.4. Enfoque de investigación

El enfoque de este estudio es: Cuantitativo – Cualitativo

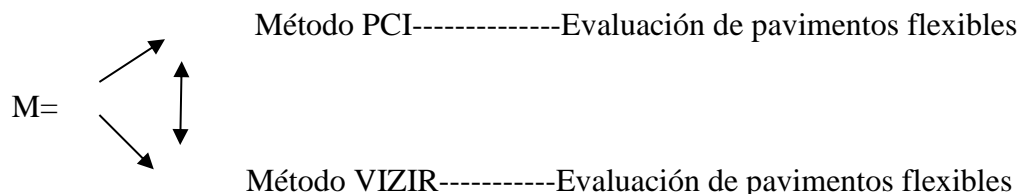
Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo manifiesta la necesidad de medir y estimar dimensiones de los problemas de investigación, siendo secuencial y aprobatorio. (p.04).

El enfoque cualitativo se guía por la claridad de las preguntas de investigación, análisis de datos e hipótesis. Este enfoque puede plantearse problemas antes, durante o después de la recolección de datos de la investigación, moviendo de manera dinámica entre los hechos y su interpretación. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.7).

2.5. Diseño de investigación

El diseño de investigación es No experimental – comparativo, es el procedimiento usado en ciencia para describir las características del fenómeno, sujeto o población a estudiar, sino que se limita a observar lo que ocurre sin buscar una explicación, las variables no son manipuladas ni controladas. El investigador se limita a observar los hechos tal y como ocurren en su ambiente natural. Se obtienen los datos de forma directa y se estudian posteriormente.

Además, es un estudio comparativo y es el siguiente esquema:



En donde:

M= Longitud de las calles horizontales y verticales

2.6. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

La población es la longitud de la carretera Huanchaco, siendo un total de 1900 metros de longitud, compuesta por dos carriles tanto derecho como izquierdo. y el cual consta de 52 tramos para cada uno teniendo un total de 104 tramos en los dos carriles.

Muestra

Se efectuó la división de las unidades de muestreo en toda la longitud del área de estudio. Para el método VIZIR es recomendable fraccionar cada 100 m, pero para poder realizar la comparación de estas dos metodologías usaremos la unidad de muestreo del PCI, donde nos indica que el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En la siguiente tabla se representan la longitud – ancho de calzada.

Tabla 53

Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas de PCI

Ancho de la Calzada (m)	Longitud de unidad de muestra (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (Max)	31.50

Nota. En la tabla se muestra que dependiendo el ancho de la calzada que tenga nuestra vía, vamos a obtener la longitud de unidad de muestra.

Esta tabla ha sido tomada de Pavement Condition Index (Pci) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras por L.R. Vasquez, 2002. Ingepav. p.05.

La carretera Huanchaco tiene una calzada de 6.30 m lo cual realizando una interpolación de acuerdo con las longitudes y anchos de calzada de la tabla se considera una longitud de muestra de 36.56 m. Al tener una longitud de 1900 m la segmentación de las longitudes es de 51 muestras de 36.56 y 1 muestra de 35.44.

Al tener el área de estudio un ancho de calzada de 6.30 m y considerando una longitud de 36.56 m obtenemos el área de la unidad con 230.33 m².

Con la longitud de 1900 m y el ancho de calzada de 6.30 obtenemos el área total de 11970 m².

Como vemos Ecuación 1 la cantidad de unidad de muestra, se adquiere de la división de área total entre el área de unidad. Se detalla a continuación:

$$N = \frac{\text{área total}}{\text{área de la unidad}}$$

$$= \frac{11970}{230.33} = 51.969$$

Para determinar el número mínimo de unidades se considera la ecuación 2:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{51.969 \times 10^2}{\frac{0.05^2}{4} \times (51.969 - 1) + 10^2} = 51.963$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

La sección de unidad de muestreo se obtiene de la división de N entre el número mínimo de unidades, pero en esta investigación se tomarán el total de unidades con el fin de obtener una evaluación completa de la calzada.

Considerando es esta manera que el número de muestreo es 51.969 para lo cual se tomó en 52 unidades para ambos carriles haciendo de ida y venida habiendo un total de 104 unidades de muestra.

2.7. Unidad de análisis

La presente unidad de análisis está conformada por los tramos de longitud de la carretera Huanchaco.

2.8. Criterios de evaluación de muestra

Metodología PCI

Para la evaluación de fallas se realizó el muestreo de 104 unidades de muestra con longitudes variables de acuerdo al ancho de calzada de la carretera Huanchaco, paso siguiente realizó la inspección de todas las unidades de muestra, sin excepción alguna tomando en cuenta el manual de Pavement Condition Index para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, clasificando todas las fallas con su perteneciente nivel de severidad.

Metodología VIZIR

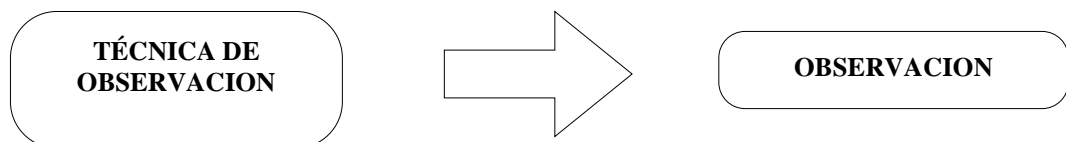
Para un mejor análisis entre estas dos metodologías PCI y VIZIR se ha considerado que el área de unidad de muestra sea la misma para ambos métodos.

2.9. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.9.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada para la recolección de datos recogidos de las vías en estudio corresponde a la recopilación por observación y registro en las fichas elaboradas para los métodos del Índice de Condición PCI e Inspección visual y rutas en riesgos VIZIR.

Es importante mencionar que cada método analizado (PCI y VIZIR) cuentan con un procedimiento para seleccionar unidades de muestra que son parte del procedimiento de evaluación, más aún la inspección se realizó en toda la longitud de las vías planteadas. Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó en primer lugar la revisión de la información concerniente a los métodos en estudio (PCI y VIZIR). Se aplicó la metodología del PCI para la vía en estudio de pavimento flexible; y la metodología VIZIR para la vía de pavimento flexible.

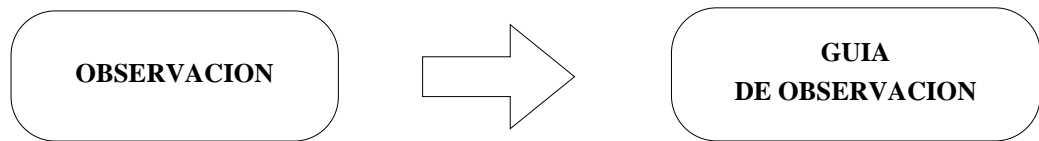


Prueba de Normalidad

Asimismo, previo al análisis se usará la prueba de Kolmogórov-Smirnov para contrastar la normalidad de un conjunto de datos. Se plantea que los datos provienen de una población normal.

2.9.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizará la guía de observación, ya que este nos permite a recolectar información acerca de los resultados de los tipos de patologías, severidad y extensión; además serán de gran utilidad los formatos determinados por cada metodología.



2.9.2.1. Metodología de Índice de condición de pavimento (PCI)

A continuación, se detalla los registros de campo de la metodología PCI,

- Ubicación de la vía.
- Fecha
- Codificación de la vía.
- Progresiva inicial de la vía estudiada.
- Progresiva final de la vía estudiada.
- Nombre del inspector de la vía.
- Fallas.
- Unidad de muestreo.
- Área de muestreo.
- Gráfico de las fallas.
- Severidad: los niveles son: Low = Bajo (daño leve), Medium=Medio, High = Alto.
- Evaluación individual de cada tipo de patología.
- Total: es el total de cada tipo de patología y el nivel de severidad.

- Valor deducido: es el resultado con los ábacos midiendo cada tipo de daño y su nivel de severidad.
- Densidad, este es el resultado entre el área de muestreo.

2.9.2.2. Inspección Visual y Rutas de Riesgo (Vizir)

A continuación, se detalla los registros de campo de la metodología

- Nombre de la vía.
- Fecha del día que se realizó la inspección.
- Progresiva inicial.
- Progresiva final.
- Calzada.
- Convección numérica
- Nombre del inspector.
- Área de la muestra.
- Nivel de deterioro: pueden ser deterioro de Tipo A (fallas estructurales) o Tipo B (fallas funcionales).
- Extensión
- Índice de fisuración
- Índice de deformación
- Índice de deterioro superficial

2.10. Análisis de datos

2.10.1. Métodos estadísticos

Prueba estadística T de Student

Juárez, López y Salinas (2014), indican que “esta prueba es para muestras independientes, siendo su función comparar dos grupos de medidas aritméticas y tener una diferencia estadística significativa” (p.226). Las características que debe cumplir son:

- Elección totalmente aleatoria de los grupos.
- Uniformidad de las varianzas de los grupos.
- Nivel intervalar de la variable dependiente.
- Prorrateo normal de la variable dependiente en todos los conjuntos.

2.10.2. Hipótesis Nula y alternativa

Hipótesis Nula

No Existe relación significativa entre la conservación de pavimentos flexibles mediante los métodos del Índice de condición PCI e Inspección Visual y rutas de riesgos VIZIR en la Carretera Huanchaco.

Hipótesis Alternativa

Existe relación significativa entre la conservación de pavimentos flexibles mediante los métodos del Índice de condición PCI e Inspección Visual y rutas de riesgos VIZIR en la carretera Huanchaco entre el km 11+200 hasta el km 13+100.

2.11. Procedimiento

2.11.1. Método PCI (Índice de condición del pavimento)

Este método fue desarrollado entre 1974-1976 por el equipo de ingeniería de la Fuerza aérea de Estados Unidos, tiene como objetivo desarrollar un sistema de mantenimiento de pavimentos.

2.11.1.1. Parámetros de evaluación

El índice de condición del pavimento tiene un rango de calificación que va desde (0) para un pavimento flexible o rígido en mal estado y una calificación de 100 para un pavimento en un estado excelente.

Tabla 54

Parámetros 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

Nota. En la tabla se muestra los rangos de PCI, mediante estos se obtendrá la calificación del pavimento.

Esta tabla ha sido tomada de Pavement Condition Index (Pci) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras por L.R. Vasquez, 2002. Ingepav. p.02.

2.11.1.2. Categorización de las fallas del pavimento contempladas en el PCI

La información de las patologías, brindan una idea más clara de los daños de estas y la relación que tiene con el cambio climático, malos materiales y las cargas de los vehículos. En la siguiente tabla se observa las fallas que se consideran en el Índice de condición del pavimento PCI.

Tabla 55

Codificación y Unidades de Medidas del PCI

Nombre de la falla	Código	Unidad de la medida
Piel de cocodrilo	1	m ²
Exudación	2	m ²
Agrietamiento de Bloque	3	m ²
Abultamiento y hundimiento	4	m
Corrugación	5	m ²
Depresión	6	m ²
Grieta de borde	7	m
Grieta de reflexión de junta	8	m
Desnivel de carril/berma	9	m
Grietas longitudinales y verticales	10	m ²
Parcheo	11	m ²
Pulimiento de agregados	12	und
Huecos	13	m ²
Cruce de la vía férrea	14	m ²
Ahuellamiento	15	m ²
Desplazamiento	16	m ²
Grieta parabólica	17	m ²
Hinchamiento	18	m ²
Desprendimiento de agregados	19	m ²

Nota. En la tabla se muestra las unidades de medida que se tomaran en cuenta en la inspección de campo. Elaboración propia.

2.11.1.3. Procedimiento de los cálculos del Índice de condición del pavimento

(PCI)

El cálculo del PCI son los resultados obtenidos en los registros visuales, en los cuales está establecido la clase, severidad y cantidad de cada falla.

Paso 1:

Como ejemplo de cálculo se tomará la unidad de muestra UI-52

En primer lugar, se totaliza las fallas registradas y su severidad y luego se usa la siguiente fórmula para calcular la densidad:

$$Densidad = \frac{\text{Área de falla}}{\text{Área de la unidad}}$$

Tabla 56

Calculo de Densidad de Fallas

N°	FALLA	COD.	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD
19	Desprendimiento de agregados	DAG	M	213.37	92.64%
12	Pulimiento de agregados	PU	-	15.96	6.93%
8	Grieta de reflexión de junta	GR	A	3.34	1.45%

Fuente: Elaboración propia, 2021

Paso 2:

Se obtiene el valor deducido para cada tipo de falla y su nivel de severidad mediante los ábacos y tablas que se denominan valor deducido de falla.

Si ninguno o tan solo uno de los valores deducidos es mayor que 2 se usa el valor deducido total.

Tabla 57

Calculo de Valores Deducidos Individuales

N°	Falla	Cod.	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido
19	Desprendimiento de agregados	DAG	M	213.37	92.64%	42.42
12	Pulimiento de agregados	PU	-	15.96	6.93%	2.30
8	Grieta de reflexión de junta	GR	A	3.34	1.45%	9.28

Fuente: Elaboración propia, 2021

Paso 3:

Cálculo de Numero Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) con la siguiente ecuación:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Es el número máximo admisible de valores deducidos.

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

- Por ultimo en este paso el número de valores individuales deducidos se comprime a “m”.

- Al tener menos valores deducidos que “m” estos se utilizan en todos los que tengan.

Paso 4:

Se realiza la lista los valores deducidos de mayor a menor y se toma los m primeros valores deducidos y se determina el número de valores deducidos “q”, los cuales sean mayores que 2.

Paso 5:

Se suma horizontalmente los valores deducidos y con el resultado obtenido y el valor de “q” se obtendrá el valor deducido corregido para cada una de las sumas.

Tabla 58

Calculo de Valores Deducidos Corregidos

Nº	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	42.4	9.3	2.3	54.0	3	34
2	42.4	9.3	2	53.7	2	40
3	42.4	2.0	2	46.4	1	46

Fuente: Elaboración propia, 2021

Paso 6:

Se determina el máximo valor Deducido Corregido

Valor Deducido Máximo (HDV)= 46

Paso 7:

El PCI de la unidad de muestra (UI-52) se calcula restando de 100 el máximo valor deducido corregido. Por último, se obtiene la calificación.

$$PCI = 100 - 46 = 54$$

Condición del estado del pavimento: Regular

2.11.2. Método VIZIR (Inspección Visual y Rutas de Riego)

Este método francés consiste en la inspección visual determinando la condición superficial de la vía, identificando el tipo de deterioros para los cuales se toman las medidas necesarias de la patología, finalmente se calcula el índice superficial (Is).

2.11.2.1. Categorización de las fallas del pavimento contempladas en el VIZIR

VIZIR adopta dos tipos de deterioro instructivo los son:

- Tipo A: Es la condición estructural del pavimento.
- Tipo B: Es la condición de tipo funcional.

Tabla 59

Codificación, Unidades de Medida y Clase de las Fallas del Método Vizir

	Tipo de daños	Und	Código	Clase
	Ahuellamiento	m	AH	Deformación
T	Depresiones o hundimiento	m	DL	Deformación
	longitudinales			
I	Depresiones o hundimiento	m	DT	Deformación
	transversales			
P	Fisuras longitudinales por fatiga	m	FLF	Agrietamiento
	Fisuras piel de cocodrilo			
O		m	FPC	Agrietamiento

	Tipo de daños	Und	Código	Clase
	Bacheo y Parcheo	m	B	Deformación
	Fisura longitudinal de junta de construcción	m	FLJ	Agrietamiento
	Fisura transversal de junta de construcción	m	FTJ	Agrietamiento
	Fisuras de contracción térmica	m	FCT	Agrietamiento
	Fisuras parabólicas	m	FP	Agrietamiento
	Fisura de borde	m	FB	Otros
	Ojos de pescado	und	O	Desprendimiento
	Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	m	DM	Deformación
T	Pérdida de la película de ligante	m	PL	Desprendimiento
I	Pérdida de agregados	m	PA	Desprendimiento
P	Descascaramiento	m ²	DM	Desprendimiento
O	Pulimientto de agregados	m	PU	Desprendimiento
B	Exudación	m	EX	Afloramiento
	Afloramiento de mortero	m	AM	Afloramiento
	Afloramiento de agua	m	AA	Afloramiento
	Desintegración de los bordes del pavimento	m	DM	Otros
	Escalonamiento entre calzada y berma	m	ECB	Otros
	Erosión de las bermas	m	EB	Otros
	Segregación	m	S	Otros

Fuente: Esta tabla ha sido adaptada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por Instituto Nacional de vías, 2007. INVIAS.

2.11.2.2. Procedimiento de los cálculos del Inspección Visual y Rutas de Riesgo

Para el cálculo de Índice de Deterioro Superficial “Is” se siguen los siguientes pasos:

Paso 1:

Como ejemplo de cálculo se tomará la unidad de muestra UI-15

Se totalizar las fallas con sus respectivos niveles de severidad.

Se calcula la densidad con la siguiente expresión:

$$Densidad = \frac{\text{área de falla} * 100}{\text{área total}}$$

Tabla 60

Calculo de la Densidad de las Fallas Existentes en UI-15

N°	TIPO DE FALLAS EXISTENTES	GRAVEDAD			EXTENSIÓN	
		1	2	3	Área/ long	Densidad
1	Pérdida de la película de ligante			85.05	85.05	36.93%
2	Bacheo y zanjas reparadas		1.27	2.26	2.26	0.98%
3	Ahuellamiento	31.62			31.62	13.73%

Nota. Como se aprecia en la tabla, se toma el máximo de las severidades sean longitudes o áreas, con dicho número se obtiene la densidad de cada falla.

Elaboración propia.

Paso 2:

Se realiza los cálculos para la determinación del Índice de Deterioro Superficial.

Primero se determina el Índice de Fisuración (If). Las fallas consideradas de tipo “A” para hallar el If son: Fisuras longitudinales por fatiga, fisuras por piel de cocodrilo y bacheo y zanjas reparadas. En el ejemplo de la tabla 62 contamos con 3 fallas, siendo una de ellas bacheo y zanjas reparadas con un área de 2.26 m² de severidad 3 y 0.98% de extensión. A continuación, se presenta la tabla 56 para la determinación del índice de fisuración.

Tabla 61

Determinación del Índice de Fisuración

		Examen visual		
		If		
Extensión		0 – 10%	10% - 50%	>50%
Gravedad				
1		1	2	3
2		2	3	4
3		3	4	5

Nota. Se termina el índice de fisuración mediante la extensión y gravedad que tenga la falla analizada, en este ejemplo se obtuvo 2.

Esta tabla ha sido tomada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por el Instituto Nacional de vías, 2007. INVIAS.

Paso 3:

Seguido se determina el índice de deformación, las fallas que aplican para este índice son: Ahuellamiento, depresiones o hundimientos longitudinal y transversal.

En este ejemplo si se determina el índice de formación por presentar la falla de ahuellamiento, con área de 31.62 m² de nivel de gravedad de 1 y con una extensión de 13.73%.

Tabla 62

Determinación del Índice de Deformación

		Examen visual		
		Id		
Gravedad	Extensión	0 – 10%	10% - 50%	>50%
	1	1	2	3
2	2	3	4	5
3	3	4	5	

Nota. Se termina el índice de deformación mediante la extensión y gravedad que tenga la falla analizada, en este ejemplo se obtuvo 2.

Esta tabla ha sido tomada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por el Instituto Nacional de vías, 2007. INVIAS.

Paso 4:

Con los valores de índice de fisuración e índice de deformación se da paso a determinar el índice de deterioro superficial (Is).

En el ejemplo se obtuvo un índice de fisuración de 2 y un índice de deformación de 2. A continuación, con la tabla 58 se determinación del índice de fisuración.

Tabla 63

Determinación del Índice de Deterioro Superficial

		Primera calificación				
		Is				
Id	If	0	1 - 2	3	4 - 5	
	0		1	2	3	4
1 - 2		2	3	4	5	
3		3	4	5	6	
4 - 5		4	5	6	7	

Nota. Se termina el índice de deformación mediante los valores obtenidos del If e Id, en este ejemplo se obtuvo un índice de fisuración de 3.

Esta tabla ha sido tomada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por el Instituto Nacional de vías, 2007. INVIAS.

Paso 5:

Si en la inspección existiera la falla de Bacheo y zanjas reparadas el índice de deterioro superficial, debe ser corregido por reparación de acuerdo al nivel de severidad y la densidad que tiene la falla. En este ejemplo la falla de bacheo y zanja de reparadas fue de gravedad 2 y con una extensión de 1.12%. El valor de corrección por reparación para la UI-15 es de cero.

Tabla 64

Determinación del Valor de Corrección

	Extensión	0 - 10%	10% - 50%	> 50%
Gravedad				
	1	0	0	0
	2	0	0	1
	3	0	1	1

Fuente. Esta tabla ha sido tomada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por el Instituto Nacional de vías, 2007. INVIAS.

Finalmente se determinó el Índice de deterioro superficial

$$\text{Índice de Deterioro Superficial (Is)} = 2 + 0 = 2$$

Paso 6:

Se determina la calificación impuesta por la metodología Vizir.

Tabla 65

Parámetros de Calificación de VIZIR

Rango	Clasificación
1 - 2	Bueno
3 - 4	Marginal
5, 6 y 7	Deficiente

Fuente. Esta tabla ha sido tomada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por el Instituto Nacional de vías, 2007. INVIAS.

2.12. Aspectos Éticos

La presente investigación es original y no es copia de otras investigaciones, asimismo también busca brindar a todos los ingenieros y personas ligadas al mundo de la construcción información relevante sobre las metodologías de PCI y VIZIR, así como también métodos de reconstrucción y mantenimiento óptimos.

Se contó con la supervisión del asesor de esta investigación para realizar las inspecciones de campo, como también el análisis de los datos obtenidos para lograr nuestros objetivos. Además, los resultados de la investigación son totalmente fidedignos.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo se presentará los resultados obtenidos mediante la secuencia ordenada de los objetivos trazados en la investigación mediante la inspección visual de la carretera Huanchaco desde el kilómetro 11+200 al 13+100, el cual se realizó mediante los procedimientos del método PCI y VIZIR.

3.1. Presentación de Resultados

A través del análisis de cada unidad de muestreo, agrupamos los datos para obtener el resultado global de las condiciones estimadas del pavimento estudiado.

3.1.1. Resultados de la evaluación Superficial del pavimento mediante el PCI – Calzada derecha

Contando con los parámetros precisados para la evaluación como son: la severidad de la falla, el tipo de falla que se presentan en el área, cantidad, densidad y valor deducido, se realizó la aplicación de la metodología PCI a las 52 unidades de muestra para conocer la condición en el que se encuentran cada una.

Tabla 66

Resultados del PCI por unidad de muestra - Calzada Derecha

N°	Progresiva		PCI	Condición
	Inicio	Final		
UD - 1	11+200.00	11+236.56	67	Bueno
UD - 2	11+236.56	11+273.12	85	Muy bueno
UD - 3	11+273.12	11+309.68	84	Muy bueno
UD - 4	11+309.68	11+346.24	84	Muy bueno
UD - 5	11+346.24	11+382.80	84	Muy bueno
UD - 6	11+382.80	11+419.36	51	Regular
UD - 7	11+419.36	11+455.92	84	Muy bueno
UD - 8	11+455.92	11+492.48	84	Muy bueno

N°	Progresiva		PCI	Condición
	Inicio	Final		
UD - 9	11+492.48	11+529.04	96	Excelente
UD - 10	11+529.04	11+565.60	93	Excelente
UD - 11	11+565.60	11+602.16	84	Muy bueno
UD - 12	11+602.16	11+638.72	85	Excelente
UD - 13	11+638.72	11+675.28	78	Muy bueno
UD - 14	11+675.28	11+711.84	84	Muy bueno
UD - 15	11+711.84	11+748.40	57	Bueno
UD - 16	11+748.40	11+784.96	57	Bueno
UD - 17	11+784.96	11+821.52	52	Regular
UD - 18	11+821.52	11+858.08	52	Regular
UD - 19	11+858.08	11+894.64	65	Bueno
UD - 20	11+894.64	11+931.20	55	Regular
UD - 21	11+931.20	11+967.76	84	Muy bueno
UD - 22	11+967.76	12+004.32	43	Regular
UD - 23	12+004.32	12+040.88	57	Bueno
UD - 24	12+040.88	12+077.44	57	Bueno
UD - 25	12+077.44	12+114.00	40	Regular
UD - 26	12+114.00	12+150.56	56	Bueno
UD - 27	12+150.56	12+187.12	59	Bueno
UD - 28	12+187.12	12+223.68	57	Bueno
UD - 29	12+223.68	12+260.24	70	Muy bueno
UD - 30	12+260.24	12+296.80	78	Muy bueno
UD - 31	12+296.80	12+333.36	64	Bueno
UD - 32	12+333.36	12+369.92	59	Bueno
UD - 33	12+369.92	12+406.48	67	Bueno
UD - 34	12+406.48	12+443.04	84	Muy bueno
UD - 35	12+443.04	12+479.60	84	Muy bueno
UD - 36	12+479.60	12+516.16	84	Muy bueno
UD - 37	12+516.16	12+552.72	84	Muy bueno
UD - 38	12+552.72	12+589.28	84	Muy bueno
UD - 39	12+589.28	12+625.84	72	Muy bueno
UD - 40	12+625.84	12+662.40	86	Excelente
UD - 41	12+662.40	12+698.96	84	Muy bueno
UD - 42	12+698.96	12+735.52	84	Muy bueno

N°	Progresiva		PCI	Condición
	Inicio	Final		
UD - 43	12+735.52	12+772.08	78	Muy bueno
UD - 44	12+772.08	12+808.64	84	Muy bueno
UD - 45	12+808.64	12+845.20	84	Muy bueno
UD - 46	12+845.20	12+881.76	84	Muy bueno
UD - 47	12+881.76	12+918.32	84	Muy bueno
UD - 48	12+918.32	12+954.88	84	Muy bueno
UD - 49	12+954.88	12+991.44	84	Muy bueno
UD - 50	12+991.44	13+028.00	49	Regular
UD - 51	13+028.00	13+064.56	84	Muy bueno
UD - 52	13+064.56	13+100.00	84	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla N°67 se aprecia el número de muestras que presenta cada categoría, así como también el porcentaje de calificación, donde la calificación predominante es Muy Bueno.

Tabla 67

Cuadro de frecuencias y porcentaje de las fallas identificadas en la carretera Huanchaco – Calzada Derecha

Categoría	N° de muestras	Porcentaje
Excelente	4	8%
Muy bueno	29	56%
Bueno	12	23%
Regular	7	13%
Malo	0	0%
Muy Malo	0	0%
Fallado	0	0%
Total	52	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, en la Tabla N°68 se muestra el resultado de valor y condición operacional de toda la sección estudiada (calzada derecha), esta evaluación se realiza a partir de los resultados obtenidos en cada Unidad de Muestra de la carretera Huanchaco.

Tabla 68

Resultados del PCI por Unidad de Muestra - Calzada Derecha

N°	Progresiva		Área	PCI	Valor	Condición
	Inicio	final			PCI Sección	
UD - 1	11+200.00	11+236.56	230.33	67	73	Muy
UD - 2	11+236.56	11+273.12	230.33	85		Bueno
UD - 3	11+273.12	11+309.68	230.33	84		
UD - 4	11+309.68	11+346.24	230.33	84		
UD - 5	11+346.24	11+382.80	230.33	84		
UD - 6	11+382.80	11+419.36	230.33	51		
UD - 7	11+419.36	11+455.92	230.33	84		
UD - 8	11+455.92	11+492.48	230.33	84		
UD - 9	11+492.48	11+529.04	230.33	96		
UD - 10	11+529.04	11+565.60	230.33	93		
UD - 11	11+565.60	11+602.16	230.33	84		
UD - 12	11+602.16	11+638.72	230.33	85		
UD - 13	11+638.72	11+675.28	230.33	78		
UD - 14	11+675.28	11+711.84	230.33	84		
UD - 15	11+711.84	11+748.40	230.33	57		
UD - 16	11+748.40	11+784.96	230.33	57		
UD - 17	11+784.96	11+821.52	230.33	52		
UD - 18	11+821.52	11+858.08	230.33	52		
UD - 19	11+858.08	11+894.64	230.33	65		
UD - 20	11+894.64	11+931.20	230.33	55		
UD - 21	11+931.20	11+967.76	230.33	84		
UD - 22	11+967.76	12+004.32	230.33	43		
UD - 23	12+004.32	12+040.88	230.33	57		

N°	Progresiva		Área	PCI	Valor	Condición
	Inicio	final			PCI Sección	
UD - 24	12+040.88	12+077.44	230.33	57		
UD - 25	12+077.44	12+114.00	230.33	40		
UD - 26	12+114.00	12+150.56	230.33	56		
UD - 27	12+150.56	12+187.12	230.33	59		
UD - 28	12+187.12	12+223.68	230.33	57		
UD - 29	12+223.68	12+260.24	230.33	70		
UD - 30	12+260.24	12+296.80	230.33	78		
UD - 31	12+296.80	12+333.36	230.33	64		
UD - 32	12+333.36	12+369.92	230.33	59		
UD - 33	12+369.92	12+406.48	230.33	67		
UD - 34	12+406.48	12+443.04	230.33	84		
UD - 35	12+443.04	12+479.60	230.33	84		
UD - 36	12+479.60	12+516.16	230.33	84		
UD - 37	12+516.16	12+552.72	230.33	84		
UD - 38	12+552.72	12+589.28	230.33	84		
UD - 39	12+589.28	12+625.84	230.33	72		
UD - 40	12+625.84	12+662.40	230.33	86		
UD - 41	12+662.40	12+698.96	230.33	84		
UD - 42	12+698.96	12+735.52	230.33	84		
UD - 43	12+735.52	12+772.08	230.33	78		
UD - 44	12+772.08	12+808.64	230.33	84		
UD - 45	12+808.64	12+845.20	230.33	84		
UD - 46	12+845.20	12+881.76	230.33	84		
UD - 47	12+881.76	12+918.32	230.33	84		
UD - 48	12+918.32	12+954.88	230.33	84		
UD - 49	12+954.88	12+991.44	230.33	84		
UD - 50	12+991.44	13+028.00	230.33	49		
UD - 51	13+028.00	13+064.56	230.33	84		
UD - 52	13+064.56	13+100.00	223.27	84		

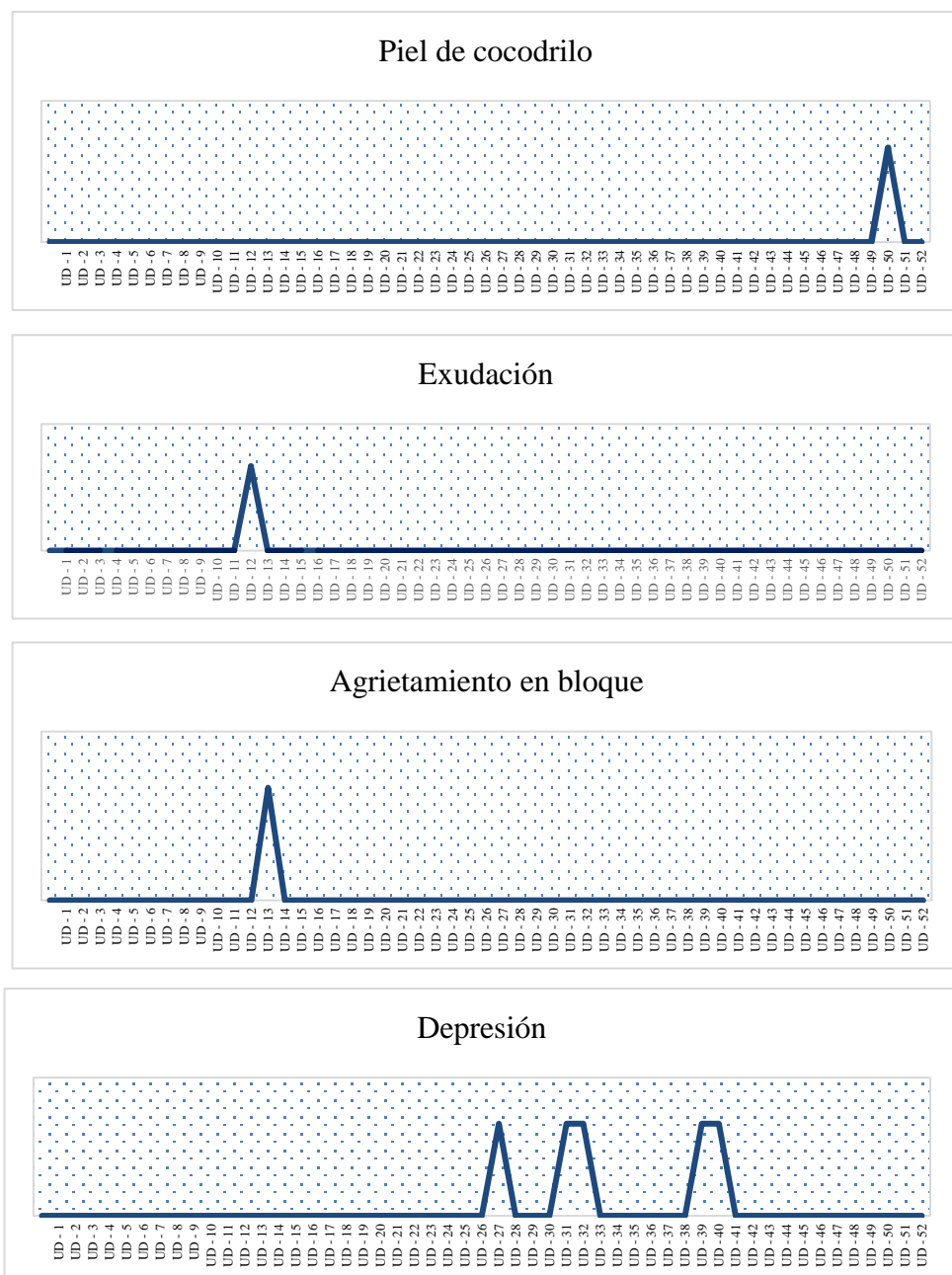
Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.1.1. Ubicación de las fallas incidentes – Calzada derecha

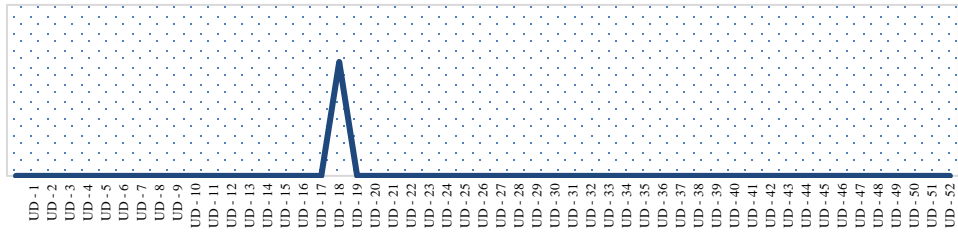
En el punto anterior se definieron todas las fallas que se presentan en la vía estudiada. En el Gráfico N° 1 se presenta la existencia o no existencia por tipo de falla para cada una de las unidades de muestra que compone el área de estudio.

Gráfico 1

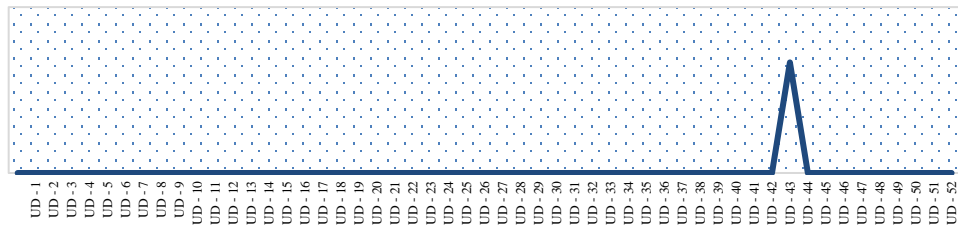
Ubicación de las Fallas Registradas - Calzada Derecha



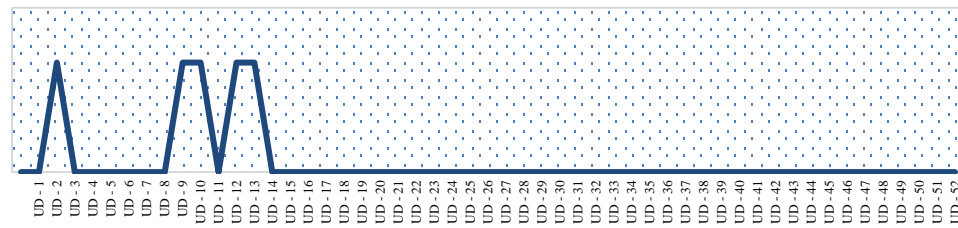
Grieta de borde



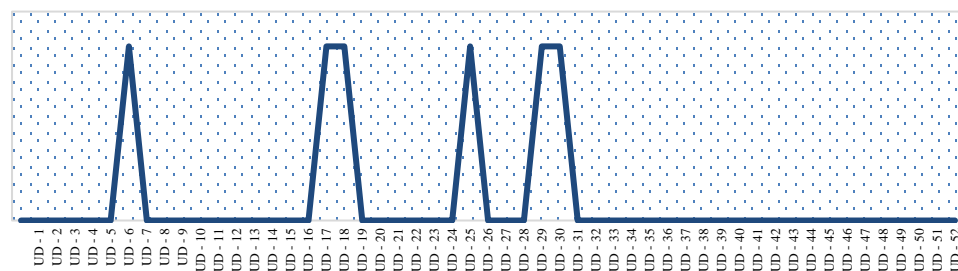
Grieta de reflexión de junta



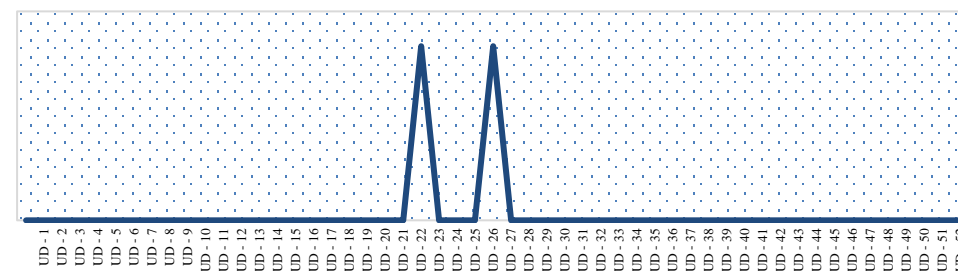
Grietas Longitudinales y Transversales

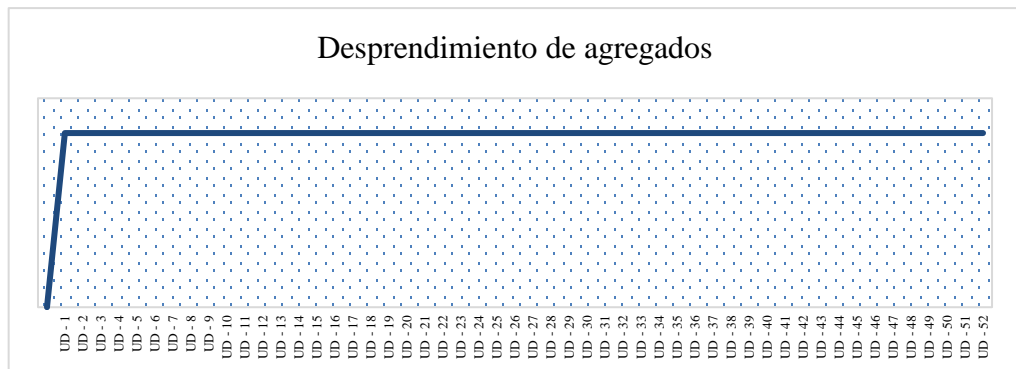
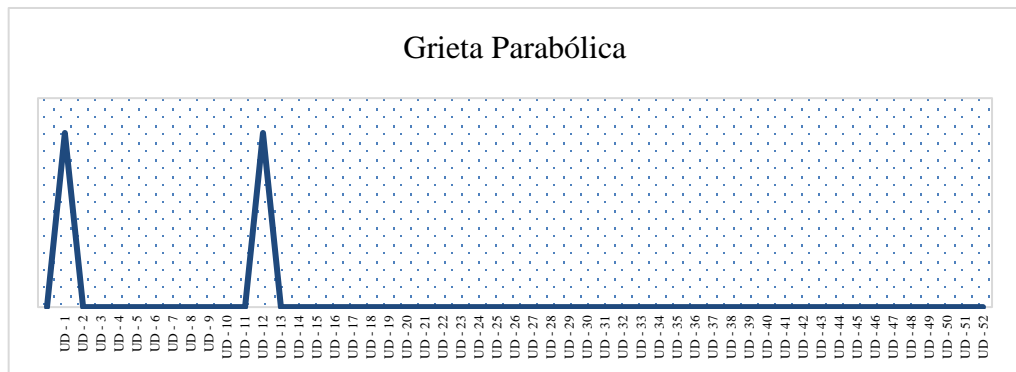
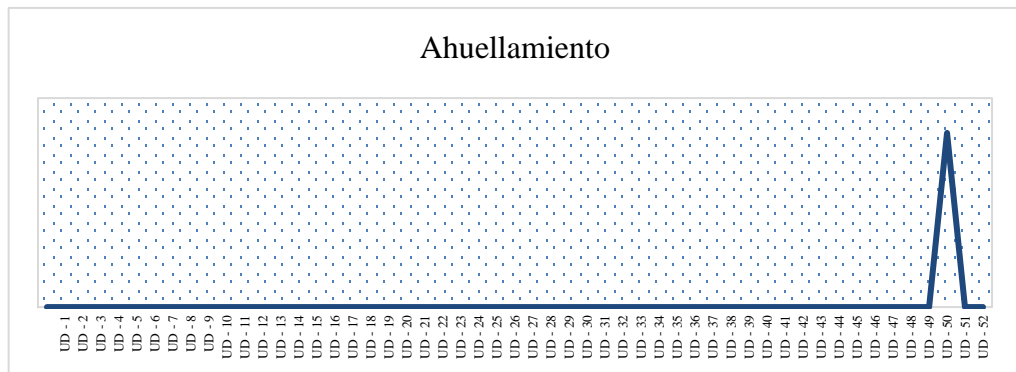
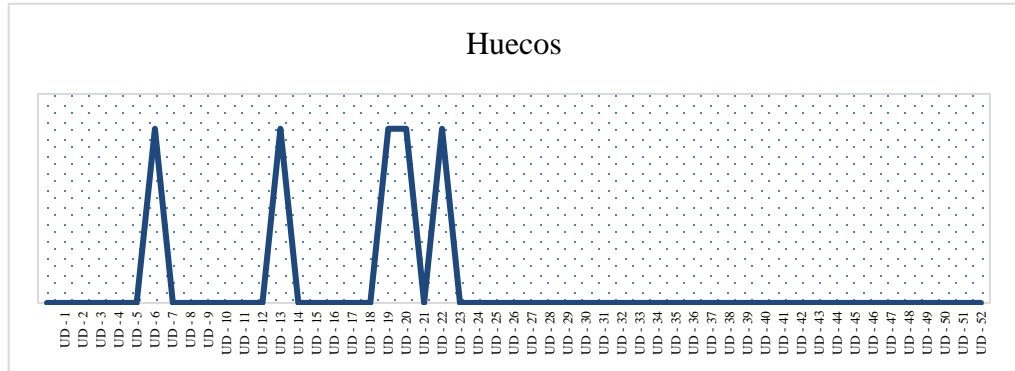


Parcheo



Pulimento de agregados





Fuente: Elaboración Propia, 2021.

3.1.2. Resultados de la evaluación Superficial del pavimento mediante el VIZIR

– Calzada derecha

Posteriormente de determinar los parámetros de evaluación, como es la gravedad de la falla, el tipo de falla, índice de fisuración, índice de deformación e índice superficial, se obtiene los resultados en las 52 muestras presentadas en la siguiente tabla.

Tabla 69

Resultados de VIZIR por Unidad de Muestra - Calzada Derecha

N°	Progresiva		If	Id	Is	Descripción
	Inicio	Final				
UD - 1	11+200.00	11+236.56	0	0	1	Condición Buena
UD - 2	11+236.56	11+273.12	0	1	3	Condición Marginal
UD - 3	11+273.12	11+309.68	0	0	1	Condición Buena
UD - 4	11+309.68	11+346.24	0	0	1	Condición Buena
UD - 5	11+346.24	11+382.80	0	0	1	Condición Buena
UD - 6	11+382.80	11+419.36	0	1	3	Condición Marginal
UD - 7	11+419.36	11+455.92	0	0	1	Condición Buena
UD - 8	11+455.92	11+492.48	0	0	1	Condición Buena
UD - 9	11+492.48	11+529.04	0	1	3	Condición Marginal
UD - 10	11+529.04	11+565.60	0	1	3	Condición Marginal
UD - 11	11+565.60	11+602.16	0	0	1	Condición Buena
UD - 12	11+602.16	11+638.72	0	1	3	Condición Marginal
UD - 13	11+638.72	11+675.28	0	1	3	Condición Marginal
UD - 14	11+675.28	11+711.84	0	0	1	Condición Buena
UD - 15	11+711.84	11+748.40	0	0	1	Condición Buena
UD - 16	11+748.40	11+784.96	0	0	1	Condición Buena
UD - 17	11+784.96	11+821.52	0	1	3	Condición Marginal
UD - 18	11+821.52	11+858.08	0	2	3	Condición Marginal
UD - 19	11+858.08	11+894.64	0	0	1	Condición Buena
UD - 20	11+894.64	11+931.20	0	0	1	Condición Buena
UD - 21	11+931.20	11+967.76	0	0	1	Condición Buena

N°	Progresiva		If	Id	Is	Descripción
	Inicio	Final				
UD - 22	11+967.76	12+004.32	0	0	1	Condición Buena
UD - 23	12+004.32	12+040.88	0	0	1	Condición Buena
UD - 24	12+040.88	12+077.44	0	0	1	Condición Buena
UD - 25	12+077.44	12+114.00	0	2	3	Condición Marginal
UD - 26	12+114.00	12+150.56	0	0	1	Condición Buena
UD - 27	12+150.56	12+187.12	1	0	2	Condición Buena
UD - 28	12+187.12	12+223.68	0	0	1	Condición Buena
UD - 29	12+223.68	12+260.24	0	1	3	Condición Marginal
UD - 30	12+260.24	12+296.80	0	1	3	Condición Marginal
UD - 31	12+296.80	12+333.36	1	0	2	Condición Buena
UD - 32	12+333.36	12+369.92	2	0	2	Condición Buena
UD - 33	12+369.92	12+406.48	0	0	1	Condición Buena
UD - 34	12+406.48	12+443.04	0	0	1	Condición Buena
UD - 35	12+443.04	12+479.60	0	0	1	Condición Buena
UD - 36	12+479.60	12+516.16	0	0	1	Condición Buena
UD - 37	12+516.16	12+552.72	0	0	1	Condición Buena
UD - 38	12+552.72	12+589.28	0	0	1	Condición Buena
UD - 39	12+589.28	12+625.84	1	0	2	Condición Buena
UD - 40	12+625.84	12+662.40	1	0	2	Condición Buena
UD - 41	12+662.40	12+698.96	0	0	1	Condición Buena
UD - 42	12+698.96	12+735.52	0	0	1	Condición Buena
UD - 43	12+735.52	12+772.08	0	0	1	Condición Buena
UD - 44	12+772.08	12+808.64	0	0	1	Condición Buena
UD - 45	12+808.64	12+845.20	0	0	1	Condición Buena
UD - 46	12+845.20	12+881.76	0	0	1	Condición Buena
UD - 47	12+881.76	12+918.32	0	0	1	Condición Buena
UD - 48	12+918.32	12+954.88	0	0	1	Condición Buena
UD - 49	12+954.88	12+991.44	0	0	1	Condición Buena
UD - 50	12+991.44	13+028.00	2	3	5	Condición Deficiente
UD - 51	13+028.00	13+064.56	0	0	1	Condición Buena
UD - 52	13+064.56	13+100.00	0	0	1	Condición Buena

Fuente: Elaboración propia, 2021

La tabla N°70 muestra el número de muestras provistas en cada categoría, y el porcentaje de calificados, de los cuales el principal calificado es condición Buena.

Tabla 70

Cuadro de Frecuencias y Porcentaje de las Fallas Identificadas (VIZIR) en la Carretera Huanchaco – Calzada Derecha

Categoría	N° de muestras	Porcentaje
Condición Buena	40	77%
Condición Marginal	11	21%
Condición Deficiente	1	2%
Total	52	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Tabla N°71 se enumeran los resultados del índice superficial y la condición de operación de todo el tramo vial estudiado (calzada derecha). La evaluación se basa en los resultados obtenidos en cada Unidad de Muestra de la carretera Huanchaco.

Tabla 71

Resultado de VIZIR en la Sección - Calzada Derecha

N°	PROGRESIVA		Área	Is	Promedio Is	Estado Del Tramo
	INICIO	FINAL				
UD - 1	11+200.00	11+236.56	230.33	1	2	Condición Buena
UD - 2	11+236.56	11+273.12	230.33	3		
UD - 3	11+273.12	11+309.68	230.33	1		
UD - 4	11+309.68	11+346.24	230.33	1		
UD - 5	11+346.24	11+382.80	230.33	1		
UD - 6	11+382.80	11+419.36	230.33	3		
UD - 7	11+419.36	11+455.92	230.33	1		

N°	PROGRESIVA		Área	Is	Promedio Is	Estado Del Tramo
	INICIO	FINAL				
UD - 8	11+455.92	11+492.48	230.33	1		
UD - 9	11+492.48	11+529.04	230.33	3		
UD - 10	11+529.04	11+565.60	230.33	3		
UD - 11	11+565.60	11+602.16	230.33	1		
UD - 12	11+602.16	11+638.72	230.33	3		
UD - 13	11+638.72	11+675.28	230.33	3		
UD - 14	11+675.28	11+711.84	230.33	1		
UD - 15	11+711.84	11+748.40	230.33	1		
UD - 16	11+748.40	11+784.96	230.33	1		
UD - 17	11+784.96	11+821.52	230.33	3		
UD - 18	11+821.52	11+858.08	230.33	3		
UD - 19	11+858.08	11+894.64	230.33	1		
UD - 20	11+894.64	11+931.20	230.33	1		
UD - 21	11+931.20	11+967.76	230.33	1		
UD - 22	11+967.76	12+004.32	230.33	1		
UD - 23	12+004.32	12+040.88	230.33	1		
UD - 24	12+040.88	12+077.44	230.33	1		
UD - 25	12+077.44	12+114.00	230.33	3		
UD - 26	12+114.00	12+150.56	230.33	1		
UD - 27	12+150.56	12+187.12	230.33	2		
UD - 28	12+187.12	12+223.68	230.33	1		
UD - 29	12+223.68	12+260.24	230.33	3		
UD - 30	12+260.24	12+296.80	230.33	3		
UD - 31	12+296.80	12+333.36	230.33	2		
UD - 32	12+333.36	12+369.92	230.33	2		
UD - 33	12+369.92	12+406.48	230.33	1		
UD - 34	12+406.48	12+443.04	230.33	1		
UD - 35	12+443.04	12+479.60	230.33	1		
UD - 36	12+479.60	12+516.16	230.33	1		
UD - 37	12+516.16	12+552.72	230.33	1		
UD - 38	12+552.72	12+589.28	230.33	1		
UD - 39	12+589.28	12+625.84	230.33	2		
UD - 40	12+625.84	12+662.40	230.33	2		
UD - 41	12+662.40	12+698.96	230.33	1		
UD - 42	12+698.96	12+735.52	230.33	1		
UD - 43	12+735.52	12+772.08	230.33	1		
UD - 44	12+772.08	12+808.64	230.33	1		

N°	PROGRESIVA		Área	Is	Promedio	Estado Del Tramo
	INICIO	FINAL				
UD - 45	12+808.64	12+845.20	230.33	1		
UD - 46	12+845.20	12+881.76	230.33	1		
UD - 47	12+881.76	12+918.32	230.33	1		
UD - 48	12+918.32	12+954.88	230.33	1		
UD - 49	12+954.88	12+991.44	230.33	1		
UD - 50	12+991.44	13+028.00	230.33	5		
UD - 51	13+028.00	13+064.56	230.33	1		
UD - 52	13+064.56	13+100.00	223.27	1		

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.3. Comparación de resultados de las metodologías – Calzada derecha

En el siguiente punto se realizó la comparación de los resultados de los métodos evaluados, ambos mostrados anteriormente en las tablas 68 y 71. Para los dos métodos se consideró la igualdad de longitudes, unidades de muestreo y progresivas.

Tabla 72

Calificación de vía Inspeccionada por Ambas Metodologías-Calzada

Derecha

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UD - 1	67	Bueno	1	Condición Buena
UD - 2	85	Muy bueno	3	Condición Marginal
UD - 3	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 4	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 5	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 6	51	Regular	3	Condición Marginal
UD - 7	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 8	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 9	96	Excelente	3	Condición Marginal

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UD - 10	93	Excelente	3	Condición Marginal
UD - 11	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 12	85	Excelente	3	Condición Marginal
UD - 13	78	Muy bueno	3	Condición Marginal
UD - 14	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 15	57	Bueno	1	Condición Buena
UD - 16	57	Bueno	1	Condición Buena
UD - 17	52	Regular	3	Condición Marginal
UD - 18	52	Regular	3	Condición Marginal
UD - 19	65	Bueno	1	Condición Buena
UD - 20	55	Regular	1	Condición Buena
UD - 21	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 22	43	Regular	1	Condición Buena
UD - 23	57	Bueno	1	Condición Buena
UD - 24	57	Bueno	1	Condición Buena
UD - 25	40	Regular	3	Condición Marginal
UD - 26	56	Bueno	1	Condición Buena
UD - 27	59	Bueno	2	Condición Buena
UD - 28	57	Bueno	1	Condición Buena
UD - 29	70	Muy bueno	3	Condición Marginal
UD - 30	78	Muy bueno	3	Condición Marginal
UD - 31	64	Bueno	2	Condición Buena
UD - 32	59	Bueno	2	Condición Buena
UD - 33	67	Bueno	1	Condición Buena
UD - 34	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 35	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 36	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 37	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 38	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 39	72	Muy bueno	2	Condición Buena
UD - 40	86	Excelente	2	Condición Buena
UD - 41	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 42	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 43	78	Muy bueno	1	Condición Buena

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UD - 44	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 45	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 46	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 47	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 48	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 49	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 50	49	Regular	5	Condición Deficiente
UD - 51	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UD - 52	84	Muy bueno	1	Condición Buena

Fuente: Elaboración propia, 2021

Acorde con los valores obtenidos de los cálculos realizados de cada metodología, se obtuvo un valor de calificación del estado de vía, del cual luego deriva la tabla 73 con la valoración final. De acuerdo a las categorías de evaluación de las dos metodologías se cataloga en 3 acciones de intervención para las calzadas con el fin de entrelazar los parámetros y así poder poseer una evaluación homogénea para ambos métodos.

Tabla 73

Clasificación de Tratamientos de los Métodos VIZIR y PCI

Tratamiento	VIZIR	PCI
Mantenimiento	1 - 2	100 - 71
Rehabilitación	3 - 4	70 - 41
Reconstrucción	5 - 7	40 - 0

Fuente: Elaboración propia, 2021

Finalmente, al relacionar las categorías de calificación de las metodologías PCI y VIZIR estas se clasifican en 3 acciones de intervención para el pavimento. La calificación de intervención se realizó para las 52 unidades de muestra de la calzada derecha.

Tabla 74

Comparación de Resultados de Intervención de la Carretera Huanchaco por los Métodos PCI y VIZIR - Calzada Derecha

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UD - 1	67	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 2	85	Mantenimiento	3	Rehabilitación
UD - 3	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 4	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 5	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 6	51	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UD - 7	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 8	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 9	96	Mantenimiento	3	Rehabilitación
UD - 10	93	Mantenimiento	3	Rehabilitación
UD - 11	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 12	85	Mantenimiento	3	Rehabilitación
UD - 13	78	Mantenimiento	3	Rehabilitación
UD - 14	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 15	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 16	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 17	52	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UD - 18	52	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UD - 19	65	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 20	55	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 21	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 22	43	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 23	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UD - 24	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 25	40	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UD - 26	56	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 27	59	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UD - 28	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 29	70	Mantenimiento	3	Rehabilitación
UD - 30	78	Mantenimiento	3	Rehabilitación
UD - 31	64	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UD - 32	59	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UD - 33	67	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UD - 34	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 35	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 36	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 37	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 38	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 39	72	Mantenimiento	2	Mantenimiento
UD - 40	86	Mantenimiento	2	Mantenimiento
UD - 41	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 42	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 43	78	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 44	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 45	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 46	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 47	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 48	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 49	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 50	49	Rehabilitación	5	Reconstrucción
UD - 51	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UD - 52	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.4. Resultados de la evaluación Superficial del pavimento mediante el PCI – Calzada izquierda

Teniendo precisos los parámetros para la evaluación como son la severidad de la falla, el tipo de falla que se presentan en el área, cantidad, densidad y valor deducido, se realizó la aplicación de la metodología PCI a las 52 unidades de muestra para conocer la condición en el que se encuentran cada una.

Tabla 75

Resultados del PCI por Unidad de Muestra - Calzada Izquierda

N°	PROGRESIVA		PCI	CONDICIÓN
	INICIO	FINAL		
UI - 1	11+200.00	11+236.56	76	Muy bueno
UI - 2	11+236.56	11+273.12	86	Excelente
UI - 3	11+273.12	11+309.68	84	Muy bueno
UI - 4	11+309.68	11+346.24	84	Muy bueno
UI - 5	11+346.24	11+382.80	66	Bueno
UI - 6	11+382.80	11+419.36	48	Regular
UI - 7	11+419.36	11+455.92	71	Muy bueno
UI - 8	11+455.92	11+492.48	67	Bueno
UI - 9	11+492.48	11+529.04	55	Regular
UI - 10	11+529.04	11+565.60	42	Regular
UI - 11	11+565.60	11+602.16	54	Regular
UI - 12	11+602.16	11+638.72	77	Muy bueno
UI - 13	11+638.72	11+675.28	63	Bueno
UI - 14	11+675.28	11+711.84	45	Regular
UI - 15	11+711.84	11+748.40	53	Regular
UI - 16	11+748.40	11+784.96	48	Regular
UI - 17	11+784.96	11+821.52	55	Regular
UI - 18	11+821.52	11+858.08	53	Regular
UI - 19	11+858.08	11+894.64	57	Bueno
UI - 20	11+894.64	11+931.20	57	Bueno
UI - 21	11+931.20	11+967.76	47	Regular
UI - 22	11+967.76	12+004.32	57	Bueno

N°	PROGRESIVA		PCI	CONDICIÓN
	INICIO	FINAL		
UI - 23	12+004.32	12+040.88	55	Regular
UI - 24	12+040.88	12+077.44	57	Bueno
UI - 25	12+077.44	12+114.00	57	Bueno
UI - 26	12+114.00	12+150.56	57	Bueno
UI - 27	12+150.56	12+187.12	57	Bueno
UI - 28	12+187.12	12+223.68	44	Regular
UI - 29	12+223.68	12+260.24	41	Regular
UI - 30	12+260.24	12+296.80	48	Regular
UI - 31	12+296.80	12+333.36	41	Regular
UI - 32	12+333.36	12+369.92	55	Bueno
UI - 33	12+369.92	12+406.48	55	Bueno
UI - 34	12+406.48	12+443.04	57	Bueno
UI - 35	12+443.04	12+479.60	55	Regular
UI - 36	12+479.60	12+516.16	57	Bueno
UI - 37	12+516.16	12+552.72	57	Bueno
UI - 38	12+552.72	12+589.28	57	Bueno
UI - 39	12+589.28	12+625.84	57	Bueno
UI - 40	12+625.84	12+662.40	55	Regular
UI - 41	12+662.40	12+698.96	55	Regular
UI - 42	12+698.96	12+735.52	55	Regular
UI - 43	12+735.52	12+772.08	57	Bueno
UI - 44	12+772.08	12+808.64	57	Bueno
UI - 45	12+808.64	12+845.20	57	Bueno
UI - 46	12+845.20	12+881.76	55	Regular
UI - 47	12+881.76	12+918.32	55	Regular
UI - 48	12+918.32	12+954.88	55	Regular
UI - 49	12+954.88	12+991.44	43	Regular
UI - 50	12+991.44	13+028.00	56	Bueno
UI - 51	13+028.00	13+064.56	54	Regular
UI - 52	13+064.56	13+100.00	55	Regular

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla N°76 se aprecia el número de muestras que presenta cada categoría, así como también el porcentaje de calificación, donde la calificación predominante es Regular.

Tabla 76

Cuadro de Frecuencias y Porcentaje de las Fallas Identificadas en la Carretera Huanchaco – Calzada Izquierda.

Categoría	N° de muestras	Porcentaje
Excelente	1	2%
Muy bueno	5	10%
Bueno	21	40%
Regular	25	48%
Malo	0	0%
Muy Malo	0	0%
Fallado	0	0%
Total	52	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Tabla N°77 se muestra el resultado de valor y condición operacional de toda la sección estudiada (calzada izquierda), esta evaluación se realiza a partir de los resultados obtenidos en cada Unidad de Muestra de la carretera Huanchaco.

Tabla 77

Resultado del PCI en la sección - Calzada Izquierda

N°	Progresiva		Área	PCI	Valor PCI	Condición
	Inicio	Final				
UI - 1	11+200.00	11+236.56	230.33	76	57	Bueno
UI - 2	11+236.56	11+273.12	230.33	86		
UI - 3	11+273.12	11+309.68	230.33	84		
UI - 4	11+309.68	11+346.24	230.33	84		
UI - 5	11+346.24	11+382.80	230.33	66		

N°	Progresiva		Área	PCI	Valor PCI	Condición
	Inicio	Final				
UI - 6	11+382.80	11+419.36	230.33	48		
UI - 7	11+419.36	11+455.92	230.33	71		
UI - 8	11+455.92	11+492.48	230.33	67		
UI - 9	11+492.48	11+529.04	230.33	55		
UI - 10	11+529.04	11+565.60	230.33	42		
UI - 11	11+565.60	11+602.16	230.33	54		
UI - 12	11+602.16	11+638.72	230.33	77		
UI - 13	11+638.72	11+675.28	230.33	63		
UI - 14	11+675.28	11+711.84	230.33	45		
UI - 15	11+711.84	11+748.40	230.33	53		
UI - 16	11+748.40	11+784.96	230.33	48		
UI - 17	11+784.96	11+821.52	230.33	55		
UI - 18	11+821.52	11+858.08	230.33	53		
UI - 19	11+858.08	11+894.64	230.33	57		
UI - 20	11+894.64	11+931.20	230.33	57		
UI - 21	11+931.20	11+967.76	230.33	47		
UI - 22	11+967.76	12+004.32	230.33	57		
UI - 23	12+004.32	12+040.88	230.33	55		
UI - 24	12+040.88	12+077.44	230.33	57		
UI - 25	12+077.44	12+114.00	230.33	57		
UI - 26	12+114.00	12+150.56	230.33	57		
UI - 27	12+150.56	12+187.12	230.33	57		
UI - 28	12+187.12	12+223.68	230.33	44		
UI - 29	12+223.68	12+260.24	230.33	41		
UI - 30	12+260.24	12+296.80	230.33	48		
UI - 31	12+296.80	12+333.36	230.33	41		
UI - 32	12+333.36	12+369.92	230.33	57		
UI - 33	12+369.92	12+406.48	230.33	57		
UI - 34	12+406.48	12+443.04	230.33	57		
UI - 35	12+443.04	12+479.60	230.33	55		
UI - 36	12+479.60	12+516.16	230.33	57		
UI - 37	12+516.16	12+552.72	230.33	57		
UI - 38	12+552.72	12+589.28	230.33	57		
UI - 39	12+589.28	12+625.84	230.33	57		
UI - 40	12+625.84	12+662.40	230.33	55		
UI - 41	12+662.40	12+698.96	230.33	55		
UI - 42	12+698.96	12+735.52	230.33	55		

N°	Progresiva		Área	PCI	Valor PCI	Condición
	Inicio	Final				
UI - 43	12+735.52	12+772.08	230.33	57		
UI - 44	12+772.08	12+808.64	230.33	57		
UI - 45	12+808.64	12+845.20	230.33	57		
UI - 46	12+845.20	12+881.76	230.33	55		
UI - 47	12+881.76	12+918.32	230.33	55		
UI - 48	12+918.32	12+954.88	230.33	55		
UI - 49	12+954.88	12+991.44	230.33	43		
UI - 50	12+991.44	13+028.00	230.33	56		
UI - 51	13+028.00	13+064.56	230.33	54		
UI - 52	13+064.56	13+100.00	223.27	55		

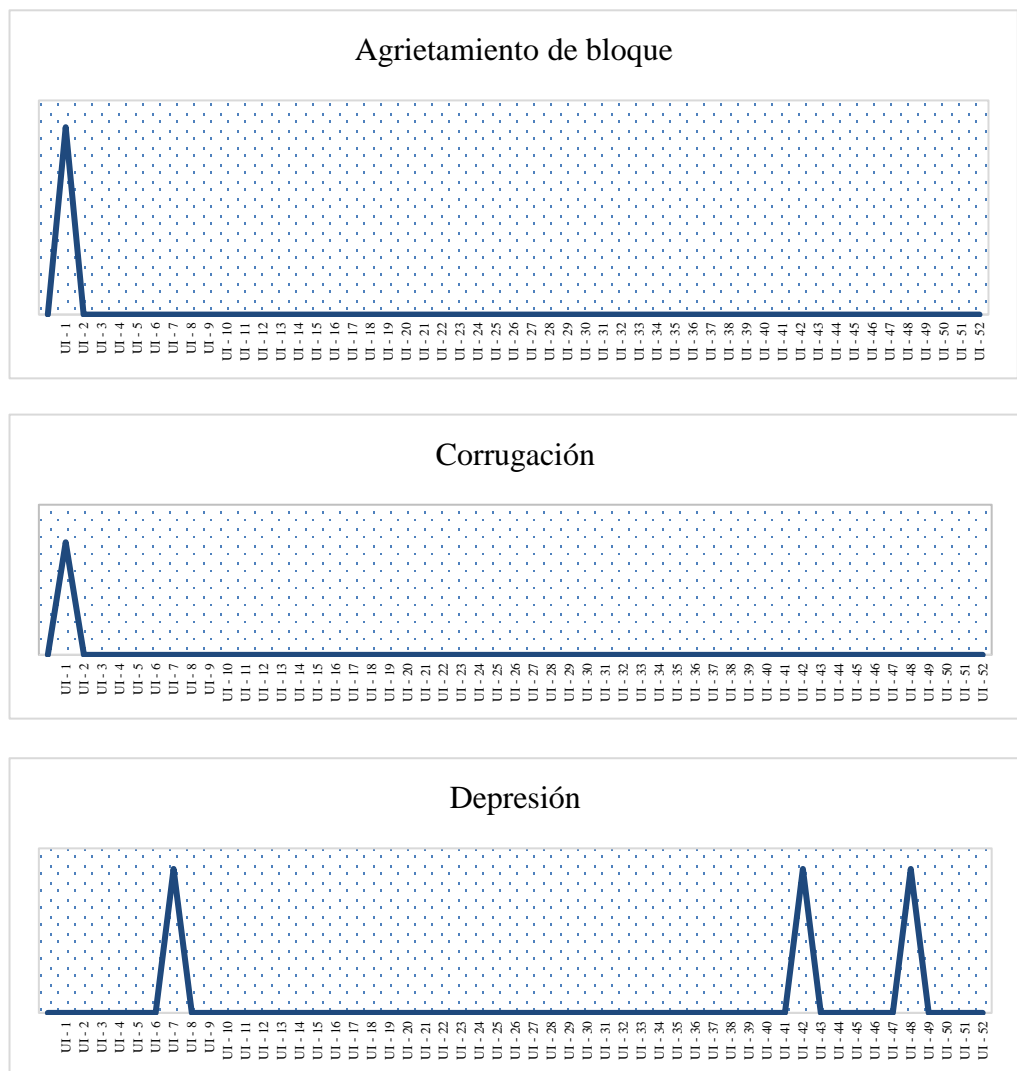
Fuente: Elaboración propia, 2021

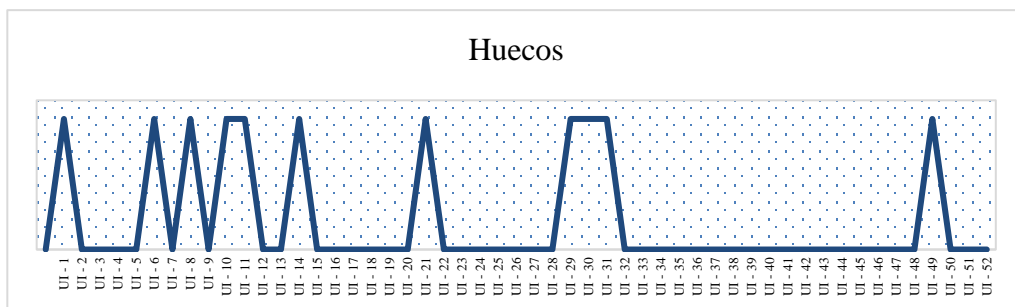
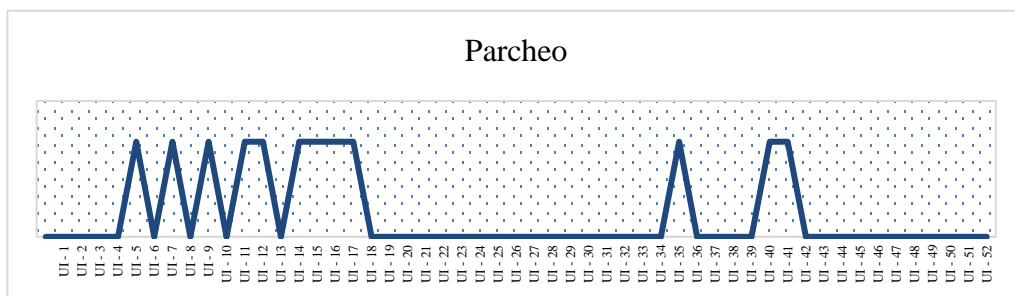
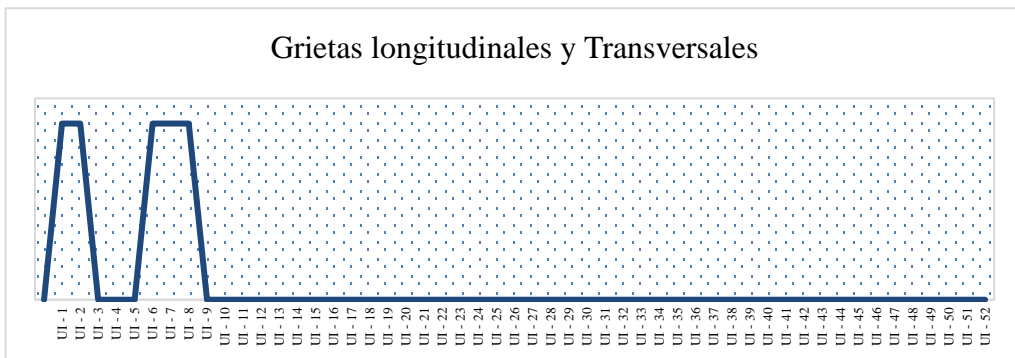
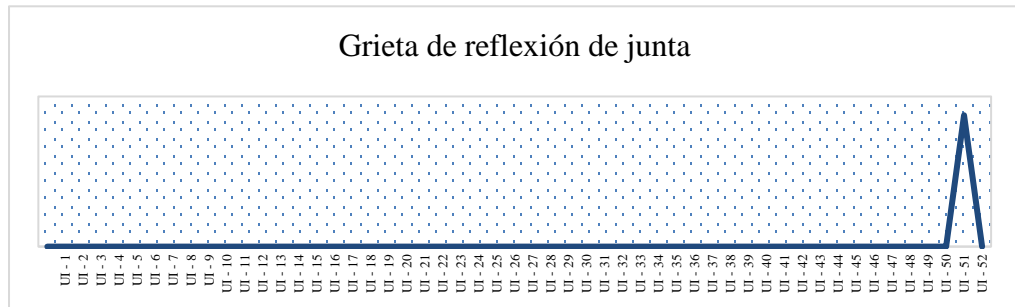
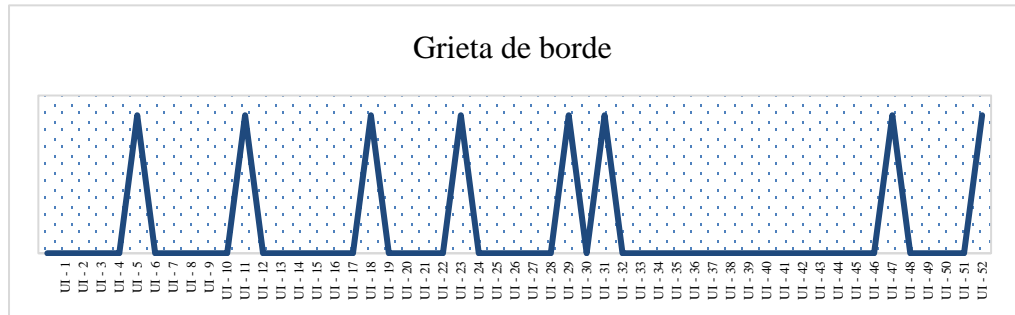
3.1.4.1. Ubicación de las fallas incidentes – Calzada Izquierda

En el punto anterior se definieron todas las fallas que se presentan en la vía estudiada. En el Gráfico N° 2 se presenta la existencia o no existencia por tipo de falla para cada una de las unidades de muestra que compone el área de estudio.

Gráfico 2

Ubicación de las Fallas Registradas - Calzada Izquierda





3.1.5. Resultados de la evaluación Superficial del pavimento mediante el VIZIR

– Calzada Izquierda

Después de determinar los parámetros de evaluación, como es la gravedad de la falla, el tipo de falla, índice de fisuración, índice de deformación e índice superficial, esto se aplicó en las 52 muestras.

Tabla 78

Resultados de VIZIR por Unidad de Muestra - Calzada Izquierda

N°	Progresiva		If	Id	Is	Descripción
	Inicio	Final				
UI - 1	11+200.00	11+236.56	1	0	2	Condición Buena
UI - 2	11+236.56	11+273.12	1	0	2	Condición Buena
UI - 3	11+273.12	11+309.68	0	0	1	Condición Buena
UI - 4	11+309.68	11+346.24	0	0	1	Condición Buena
UI - 5	11+346.24	11+382.80	3	0	3	Condición Marginal
UI - 6	11+382.80	11+419.36	1	0	2	Condición Buena
UI - 7	11+419.36	11+455.92	3	2	4	Condición Marginal
UI - 8	11+455.92	11+492.48	1	0	2	Condición Buena
UI - 9	11+492.48	11+529.04	2	0	2	Condición Buena
UI - 10	11+529.04	11+565.60	0	0	1	Condición Buena
UI - 11	11+565.60	11+602.16	2	0	2	Condición Buena
UI - 12	11+602.16	11+638.72	2	0	2	Condición Buena
UI - 13	11+638.72	11+675.28	0	0	1	Condición Buena
UI - 14	11+675.28	11+711.84	2	0	2	Condición Buena
UI - 15	11+711.84	11+748.40	2	2	3	Condición Marginal
UI - 16	11+748.40	11+784.96	2	0	2	Condición Buena
UI - 17	11+784.96	11+821.52	2	0	2	Condición Buena
UI - 18	11+821.52	11+858.08	0	0	1	Condición Buena
UI - 19	11+858.08	11+894.64	0	0	1	Condición Buena
UI - 20	11+894.64	11+931.20	0	0	1	Condición Buena
UI - 21	11+931.20	11+967.76	0	0	1	Condición Buena
UI - 22	11+967.76	12+004.32	0	0	1	Condición Buena
UI - 23	12+004.32	12+040.88	0	0	1	Condición Buena

N°	Progresiva		If	Id	Is	Descripción
	Inicio	Final				
UI - 24	12+040.88	12+077.44	0	0	1	Condición Buena
UI - 25	12+077.44	12+114.00	0	0	1	Condición Buena
UI - 26	12+114.00	12+150.56	0	0	1	Condición Buena
UI - 27	12+150.56	12+187.12	0	0	1	Condición Buena
UI - 28	12+187.12	12+223.68	0	0	1	Condición Buena
UI - 29	12+223.68	12+260.24	0	0	1	Condición Buena
UI - 30	12+260.24	12+296.80	0	0	1	Condición Buena
UI - 31	12+296.80	12+333.36	0	0	1	Condición Buena
UI - 32	12+333.36	12+369.92	0	0	1	Condición Buena
UI - 33	12+369.92	12+406.48	0	0	1	Condición Buena
UI - 34	12+406.48	12+443.04	0	0	1	Condición Buena
UI - 35	12+443.04	12+479.60	2	0	2	Condición Buena
UI - 36	12+479.60	12+516.16	0	0	1	Condición Buena
UI - 37	12+516.16	12+552.72	0	0	1	Condición Buena
UI - 38	12+552.72	12+589.28	0	0	1	Condición Buena
UI - 39	12+589.28	12+625.84	0	0	1	Condición Buena
UI - 40	12+625.84	12+662.40	3	0	3	Condición Marginal
UI - 41	12+662.40	12+698.96	3	0	3	Condición Marginal
UI - 42	12+698.96	12+735.52	0	2	3	Condición Marginal
UI - 43	12+735.52	12+772.08	0	0	1	Condición Buena
UI - 44	12+772.08	12+808.64	0	0	1	Condición Buena
UI - 45	12+808.64	12+845.20	0	0	1	Condición Buena
UI - 46	12+845.20	12+881.76	0	0	1	Condición Buena
UI - 47	12+881.76	12+918.32	0	0	1	Condición Buena
UI - 48	12+918.32	12+954.88	2	0	2	Condición Buena
UI - 49	12+954.88	12+991.44	0	0	1	Condición Buena
UI - 50	12+991.44	13+028.00	0	0	1	Condición Buena
UI - 51	13+028.00	13+064.56	0	0	1	Condición Buena
UI - 52	13+064.56	13+100.00	0	0	1	Condición Buena

Fuente: Elaboración propia, 2021

La tabla N°79 muestra el número de muestras provistas en cada categoría, y el porcentaje de calificados, de los cuales el principal calificado es CONDICIÓN BUENA.

Tabla 79

Cuadro de Frecuencias y Porcentaje de las Fallas Identificadas (VIZIR) en la Carretera Huanchaco – Calzada Izquierda.

Categoría	N° de muestras	Porcentaje
Condición Buena	46	88%
Condición Marginal	6	12%
Condición Deficiente	0	0%
Total	52	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Tabla N°80 se enumeran los resultados del índice superficial y la condición de operación de todo el tramo vial estudiado (calzada izquierda). La evaluación se basa en los resultados obtenidos en cada Unidad de Muestra de la carretera Huanchaco.

Tabla 80

Resultado de VIZIR en la sección - Calzada Izquierda

N°	Progresiva		Área	Is	Promedio Is	Condición
	Inicio	Final				
UI - 1	11+200.00	11+236.56	230.33	2	1	Condición Buena
UI - 2	11+236.56	11+273.12	230.33	2		
UI - 3	11+273.12	11+309.68	230.33	1		
UI - 4	11+309.68	11+346.24	230.33	1		
UI - 5	11+346.24	11+382.80	230.33	3		
UI - 6	11+382.80	11+419.36	230.33	2		

N°	Progresiva		Área	Is	Promedio	Condición
	Inicio	Final				
UI - 7	11+419.36	11+455.92	230.33	4		
UI - 8	11+455.92	11+492.48	230.33	2		
UI - 9	11+492.48	11+529.04	230.33	2		
UI - 10	11+529.04	11+565.60	230.33	1		
UI - 11	11+565.60	11+602.16	230.33	2		
UI - 12	11+602.16	11+638.72	230.33	2		
UI - 13	11+638.72	11+675.28	230.33	1		
UI - 14	11+675.28	11+711.84	230.33	2		
UI - 15	11+711.84	11+748.40	230.33	3		
UI - 16	11+748.40	11+784.96	230.33	2		
UI - 17	11+784.96	11+821.52	230.33	2		
UI - 18	11+821.52	11+858.08	230.33	1		
UI - 19	11+858.08	11+894.64	230.33	1		
UI - 20	11+894.64	11+931.20	230.33	1		
UI - 21	11+931.20	11+967.76	230.33	1		
UI - 22	11+967.76	12+004.32	230.33	1		
UI - 23	12+004.32	12+040.88	230.33	1		
UI - 24	12+040.88	12+077.44	230.33	1		
UI - 25	12+077.44	12+114.00	230.33	1		
UI - 26	12+114.00	12+150.56	230.33	1		
UI - 27	12+150.56	12+187.12	230.33	1		
UI - 28	12+187.12	12+223.68	230.33	1		
UI - 29	12+223.68	12+260.24	230.33	1		
UI - 30	12+260.24	12+296.80	230.33	1		
UI - 31	12+296.80	12+333.36	230.33	1		
UI - 32	12+333.36	12+369.92	230.33	1		
UI - 33	12+369.92	12+406.48	230.33	1		
UI - 34	12+406.48	12+443.04	230.33	1		
UI - 35	12+443.04	12+479.60	230.33	2		
UI - 36	12+479.60	12+516.16	230.33	1		
UI - 37	12+516.16	12+552.72	230.33	1		
UI - 38	12+552.72	12+589.28	230.33	1		
UI - 39	12+589.28	12+625.84	230.33	1		
UI - 40	12+625.84	12+662.40	230.33	3		

N°	Progresiva		Área	Is	Promedio	Condición
	Inicio	Final				
UI - 41	12+662.40	12+698.96	230.33	3		
UI - 42	12+698.96	12+735.52	230.33	3		
UI - 43	12+735.52	12+772.08	230.33	1		
UI - 44	12+772.08	12+808.64	230.33	1		
UI - 45	12+808.64	12+845.20	230.33	1		
UI - 46	12+845.20	12+881.76	230.33	1		
UI - 47	12+881.76	12+918.32	230.33	1		
UI - 48	12+918.32	12+954.88	230.33	2		
UI - 49	12+954.88	12+991.44	230.33	1		
UI - 50	12+991.44	13+028.00	230.33	1		
UI - 51	13+028.00	13+064.56	230.33	1		
UI - 52	13+064.56	13+100.00	223.27	1		

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.6. Comparación de resultados de las metodologías – Calzada izquierda

A continuación, se realizó la comparación de los resultados de los métodos evaluados, ambos mostrados anteriormente en las tablas 77 y 80. Para los dos métodos se consideró la igualdad de longitudes, unidades de muestreo y progresivas.

Tabla 81

Calificación de Vía Inspeccionada por Ambas Metodologías - Calzada Izquierda

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UI - 1	76	Muy bueno	2	Condición Buena
UI - 2	86	Excelente	2	Condición Buena
UI - 3	84	Muy bueno	1	Condición Buena
UI - 4	84	Muy bueno	1	Condición Buena

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UI - 5	66	Bueno	3	Condición Marginal
UI - 6	48	Regular	2	Condición Buena
UI - 7	71	Muy bueno	4	Condición Marginal
UI - 8	67	Bueno	2	Condición Buena
UI - 9	55	Regular	2	Condición Buena
UI - 10	42	Regular	1	Condición Buena
UI - 11	54	Regular	2	Condición Buena
UI - 12	77	Muy bueno	2	Condición Buena
UI - 13	63	Bueno	1	Condición Buena
UI - 14	45	Regular	2	Condición Buena
UI - 15	53	Regular	3	Condición Marginal
UI - 16	48	Regular	2	Condición Buena
UI - 17	55	Regular	2	Condición Buena
UI - 18	53	Regular	1	Condición Buena
UI - 19	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 20	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 21	47	Regular	1	Condición Buena
UI - 22	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 23	55	Regular	1	Condición Buena
UI - 24	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 25	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 26	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 27	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 28	44	Regular	1	Condición Buena
UI - 29	41	Regular	1	Condición Buena
UI - 30	48	Regular	1	Condición Buena
UI - 31	41	Regular	1	Condición Buena
UI - 32	57	Buena	1	Condición Buena
UI - 33	57	Buena	1	Condición Buena
UI - 34	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 35	55	Regular	2	Condición Buena
UI - 36	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 37	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 38	57	Bueno	1	Condición Buena

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UI - 39	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 40	55	Regular	3	Condición Marginal
UI - 41	55	Regular	3	Condición Marginal
UI - 42	55	Regular	3	Condición Marginal
UI - 43	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 44	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 45	57	Bueno	1	Condición Buena
UI - 46	55	Regular	1	Condición Buena
UI - 47	55	Regular	1	Condición Buena
UI - 48	55	Regular	2	Condición Buena
UI - 49	43	Regular	1	Condición Buena
UI - 50	56	Bueno	1	Condición Buena
UI - 51	54	Regular	1	Condición Buena
UI - 52	55	Regular	1	Condición Buena

Fuente: Elaboración propia, 2021

Finalmente, al relacionar las categorías de calificación de las metodologías PCI y VIZIR estas se clasifican en 3 acciones de intervención para el pavimento. La calificación de intervención se realizó para las 52 unidades de muestra de la calzada izquierda.

Tabla 82

Comparación de Resultados de Intervención de la Carretera Huanchaco por los Métodos PCI y VIZIR - Calzada Izquierda

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UI - 1	76	Mantenimiento	2	Mantenimiento
UI - 2	86	Mantenimiento	2	Mantenimiento
UI - 3	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento
UI - 4	84	Mantenimiento	1	Mantenimiento

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UI - 5	66	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UI - 6	48	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 7	71	Mantenimiento	4	Rehabilitación
UI - 8	67	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 9	55	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 10	42	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 11	54	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 12	77	Mantenimiento	2	Mantenimiento
UI - 13	63	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 14	45	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 15	53	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UI - 16	48	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 17	55	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 18	53	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 19	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 20	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 21	47	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 22	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 23	55	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 24	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 25	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 26	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 27	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 28	44	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 29	41	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 30	48	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 31	41	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 32	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 33	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 34	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 35	55	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 36	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 37	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 38	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento

N°	PCI		VIZIR	
	Calificación	Condición	Calificación	Condición
UI - 39	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 40	55	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UI - 41	55	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UI - 42	55	Rehabilitación	3	Rehabilitación
UI - 43	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 44	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 45	57	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 46	55	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 47	55	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 48	55	Rehabilitación	2	Mantenimiento
UI - 49	43	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 50	56	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 51	54	Rehabilitación	1	Mantenimiento
UI - 52	55	Rehabilitación	1	Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.6.1. Resultados de ambos métodos

Finalmente obtenemos las condiciones del pavimento con su respectivo índice de severidad para ambas calzadas con los 2 métodos de estudio.

Tabla 83

Tabla de Resultados De Ambos Métodos

	Calzada Derecha		Calzada Izquierda	
	Condición	Calificación	Condición	Calificación
PCI	Muy Buena	73	Buena	57
VIZIR	Buena	2	Buena	2

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 84

Tabla de Resultados de Intervención Ambos Métodos

	Calzada Derecha		Calzada Izquierda	
	Condición	Calificación	Condición	Calificación
PCI	Mantenimiento	73	Rehabilitación	57
VIZIR	Mantenimiento	2	Mantenimiento	2

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7. Identificación de Fallas más influyentes del pavimento flexible

3.1.7.1. Fallas más influyentes según el PCI – Calzada Derecha

En la tabla 85, se muestra los resultados obtenidos de las fallas más influyentes por cada unidad de muestra, con su respectivo nivel de severidad.

Tabla 85

*Fallas Influyente por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco PCI-
Calzada Derecha*

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UD - 1	11+200.00	11+236.56	Grieta parabólica	B	31.16
230.33	UD - 2	11+236.56	11+273.12	Desprendimiento de agregados	B	15.36
230.33	UD - 3	11+273.12	11+309.68	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 4	11+309.68	11+346.24	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 5	11+346.24	11+382.80	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 6	11+382.80	11+419.36	Huecos	M	33.54
230.33	UD - 7	11+419.36	11+455.92	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 8	11+455.92	11+492.48	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 9	11+492.48	11+529.04	Desprendimiento de agregados	B	4.13
230.33	UD - 10	11+529.04	11+565.60	Desprendimiento de agregados	B	6.51
230.33	UD - 11	11+565.60	11+602.16	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 12	11+602.16	11+638.72	Desprendimiento de agregados	B	10.62
230.33	UD - 13	11+638.72	11+675.28	Huecos	B	18

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UD - 14	11+675.28	11+711.84	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 15	11+711.84	11+748.40	Desprendimiento de agregados	M	43.3
230.33	UD - 16	11+748.40	11+784.96	Desprendimiento de agregados	M	43.3
230.33	UD - 17	11+784.96	11+821.52	Desprendimiento de agregados	A	45.61
230.33	UD - 18	11+821.52	11+858.08	Desprendimiento de agregados	A	37.85
230.33	UD - 19	11+858.08	11+894.64	Desprendimiento de agregados	M	29.19
230.33	UD - 20	11+894.64	11+931.20	Desprendimiento de agregados	A	42.96
230.33	UD - 21	11+931.20	11+967.76	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 22	11+967.76	12+004.32	Desprendimiento de agregados	M	42.82
230.33	UD - 23	12+004.32	12+040.88	Desprendimiento de agregados	M	43.3
230.33	UD - 24	12+040.88	12+077.44	Desprendimiento de agregados	M	43.3
230.33	UD - 25	12+077.44	12+114.00	Desprendimiento de agregados	A	47.13
230.33	UD - 26	12+114.00	12+150.56	Desprendimiento de agregados	A	42.44
230.33	UD - 27	12+150.56	12+187.12	Desprendimiento de agregados	A	38.84
230.33	UD - 28	12+187.12	12+223.68	Desprendimiento de agregados	M	43.3
230.33	UD - 29	12+223.68	12+260.24	Desprendimiento de agregados	M	27.72
230.33	UD - 30	12+260.24	12+296.80	Desprendimiento de agregados	M	21.77

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UD - 31	12+296.80	12+333.36	Desprendimiento de agregados	M	33.77
230.33	UD - 32	12+333.36	12+369.92	Desprendimiento de agregados	M	39.21
230.33	UD - 33	12+369.92	12+406.48	Desprendimiento de agregados	M	30.81
230.33	UD - 34	12+406.48	12+443.04	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 35	12+443.04	12+479.60	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 36	12+479.60	12+516.16	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 37	12+516.16	12+552.72	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 38	12+552.72	12+589.28	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 39	12+589.28	12+625.84	Desprendimiento de agregados	M	24.25
230.33	UD - 40	12+625.84	12+662.40	Desprendimiento de agregados	B	13.83
230.33	UD - 41	12+662.40	12+698.96	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 42	12+698.96	12+735.52	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 43	12+735.52	12+772.08	Grieta de reflexión de junta	A	14.89
230.33	UD - 44	12+772.08	12+808.64	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 45	12+808.64	12+845.20	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 46	12+845.20	12+881.76	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 47	12+881.76	12+918.32	Desprendimiento de agregados	B	15.8

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UD - 48	12+918.32	12+954.88	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 49	12+954.88	12+991.44	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UD - 50	12+991.44	13+028.00	Piel de cocodrilo	M	17.25
230.33	UD - 51	13+028.00	13+064.56	Desprendimiento de agregados	B	15.8
223.27	UD - 52	13+064.56	13+100.00	Desprendimiento de agregados	B	15.8

Nota. Con su valor deducido se indica cual es la falla recurrente de la unidad de muestra. Elaboración propia.

3.1.7.2. Fallas existentes del método PCI – Calzada Derecha

Según la metodología del método PCI detalla en total 19 tipos de fallas para la evaluación, según lo manifestado en el capítulo I; En la Tabla N°86, se muestran las cantidades registradas por unidad de medida según el tipo de falla. Cabe resaltar que estos valores representan el total registrado a lo largo de los 1900 metros que tiene el pavimento estudiado de la calzada derecha.

Tabla 86

Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco - PCI - Carril Derecho

N°	Tipo de falla	Unidad	Total de fallas
1	Piel de cocodrilo	m2	2
2	Exudación	m2	1
3	Agrietamiento en bloque	m2	1
4	Abultamiento y Hundimientos	m2	0
5	Corrugación	m2	0
6	Depresión	m2	5

N°	Tipo de falla	Unidad	Total de fallas
7	Grieta de borde	m	1
8	Grieta de reflexión de junta	m	1
9	Desnivel de carril / Berma	m	0
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	5
11	Parqueo	m ²	6
12	Pulimento de agregados	m ²	2
13	Huecos	und	5
14	Cruce de vía férrea	m ²	0
15	Ahuellamiento	m ²	1
16	Desplazamiento	m ²	0
17	Grieta Parabólica	m ²	2
18	Hinchamiento	m ²	0
19	Desprendimiento de agregados	m ²	53
Total			85

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.3. Fallas incidentes de PCI– Calzada Derecha

Debido a que el total de fallas existentes se clasifican en 13 tipos; se decidió considerar todas las fallas en función al porcentaje que representa cada una en el área estudiada.

Tabla 87

Porcentaje Total de Fallas Identificadas (PCI) de la Carretera Huanchaco - Calzada Derecha

N°	Tipo de falla	Total de fallas	Porcentaje de fallas
1	Piel de cocodrilo	2	2%
2	Exudación	1	1%
3	Agrietamiento en bloque	1	1%
6	Depresión	5	6%
7	Grieta de borde	1	1%
8	Grieta de reflexión de junta	1	1%

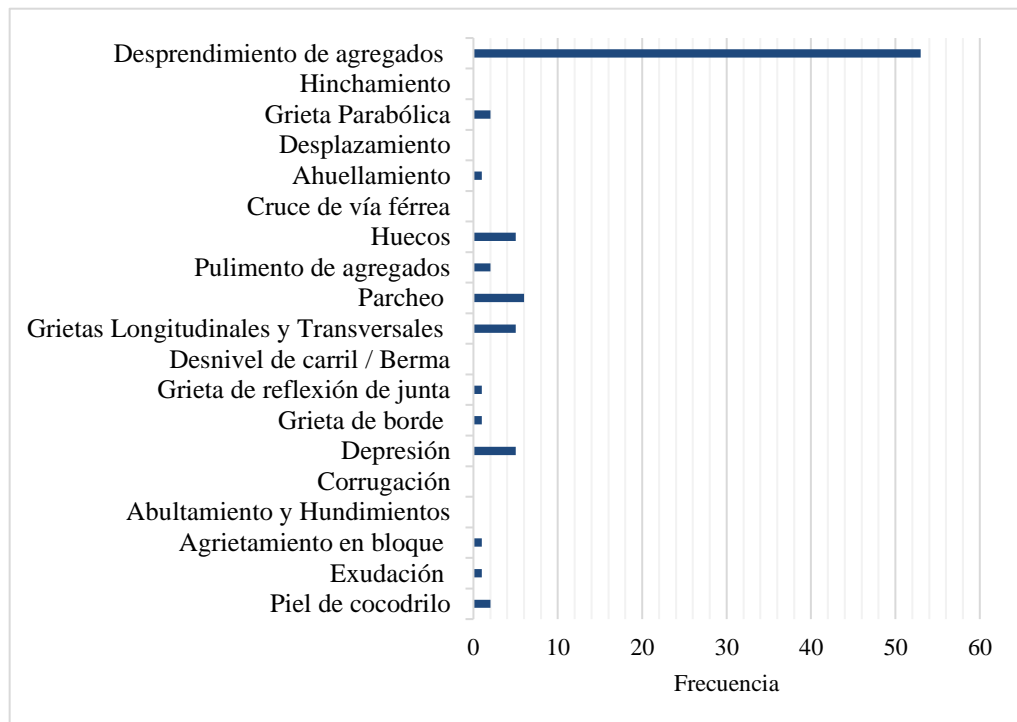
N°	Tipo de falla	Total de fallas	Porcentaje de fallas
10	Grietas Longitudinales y Transversales	5	6%
11	Parqueo	6	7%
12	Pulimento de agregados	2	2%
13	Huecos	5	6%
15	Ahuellamiento	1	1%
17	Grieta Parabólica	2	2%
19	Desprendimiento de agregados	53	62%
TOTAL		85	100%

Nota. En la tabla se aprecia el porcentaje de las fallas identificadas, fallas que fueron evaluadas con diferentes niveles de severidad. Logrando observar que la falla predominante es desprendimiento de agregados con un 62% de presencia en el total. Elaboración propia.

En el gráfico 3 se representa la cantidad que registra cada tipo de falla en función a la unidad de medida que indica la metodología PCI, contabilizándose por unidades (und), metros cuadrados (m²) y metros lineales (m). Los resultados muestran que el área de estudio presenta 13 tipos de fallas existentes del total de diecinueve que indica el método PCI, quedando seis tipos sin haber sido identificadas ni registradas para la calzada derecha.

Gráfico 3

Frecuencia por tipo de Falla Existente - Calzada Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.4. Fallas más influyentes según el VIZIR – Calzada Derecha

En la tabla 88, se muestra los resultados obtenidos de las fallas más influyentes según la metodología VIZIR.

Tabla 88

Fallas Influyente por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco VIZIR- Calzada Derecha

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	%
230.33	UI - 1	11+200.00	11+236.56	Fisuras longitudinales por fatiga	1	7.06%
230.33	UI - 2	11+236.56	11+273.12	Fisuras longitudinales por fatiga	1	8.44%
230.33	UI - 3	11+273.12	11+309.68	Segregación	3	100.00%
230.33	UI - 4	11+309.68	11+346.24	Segregación	3	100.00%
230.33	UI - 5	11+346.24	11+382.80	Bacheo y zanjas reparadas	3	9.03%
230.33	UI - 6	11+382.80	11+419.36	Fisuras longitudinales por fatiga	1	7.96%
230.33	UI - 7	11+419.36	11+455.92	Bacheo y zanjas reparadas	3	6.02%
230.33	UI - 8	11+455.92	11+492.48	Fisuras longitudinales por fatiga	1	6.05%
230.33	UI - 9	11+492.48	11+529.04	Pérdida de la película de ligante	3	100%
230.33	UI - 10	11+529.04	11+565.60	Pérdida de la película de ligante	3	100%
230.33	UI - 11	11+565.60	11+602.16	Pulimiento de agregados	3	100%
230.33	UI - 12	11+602.16	11+638.72	Pulimiento de agregados	3	100%
230.33	UI - 13	11+638.72	11+675.28	Pulimiento de agregados	3	95.28%
230.33	UI - 14	11+675.28	11+711.84	Pulimiento de agregados	3	50.00%

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	%
230.33	UI - 15	11+711.84	11+748.40	Pérdida de la película de ligante	2	36.93%
230.33	UI - 16	11+748.40	11+784.96	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 17	11+784.96	11+821.52	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 18	11+821.52	11+858.08	Pérdida de la película de ligante	3	99.70%
230.33	UI - 19	11+858.08	11+894.64	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 20	11+894.64	11+931.20	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 21	11+931.20	11+967.76	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 22	11+967.76	12+004.32	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 23	12+004.32	12+040.88	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 24	12+040.88	12+077.44	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 25	12+077.44	12+114.00	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 26	12+114.00	12+150.56	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 27	12+150.56	12+187.12	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 28	12+187.12	12+223.68	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 29	12+223.68	12+260.24	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 30	12+260.24	12+296.80	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 31	12+296.80	12+333.36	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 32	12+333.36	12+369.92	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	%
230.33	UI - 33	12+369.92	12+406.48	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 34	12+406.48	12+443.04	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 35	12+443.04	12+479.60	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 36	12+479.60	12+516.16	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 37	12+516.16	12+552.72	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 38	12+552.72	12+589.28	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 39	12+589.28	12+625.84	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 40	12+625.84	12+662.40	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 41	12+662.40	12+698.96	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 42	12+698.96	12+735.52	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 43	12+735.52	12+772.08	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 44	12+772.08	12+808.64	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 45	12+808.64	12+845.20	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 46	12+845.20	12+881.76	Pérdida de la película de ligante	2	88.05%
230.33	UI - 47	12+881.76	12+918.32	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 48	12+918.32	12+954.88	Pérdida de la película de ligante	3	100.00%
230.33	UI - 49	12+954.88	12+991.44	Pérdida de la película de ligante	3	96.04%
230.33	UI - 50	12+991.44	13+028.00	Pérdida de la película de ligante	3	92.91%

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	%
230.33	UI - 51	13+028.00	13+064.56	Pérdida de la película de ligante	3	92.64%
223.27	UI - 52	13+064.56	13+100.00	Pérdida de la película de ligante	3	96.93%

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.5. Fallas existentes del método VIZIR – Calzada derecha

Según la metodología del método VIZIR detalla en total 24 tipos de fallas para la evaluación clasificadas en tipo A y B, según lo manifestado en el capítulo I; En la Tabla N°89, se muestran las cantidades registradas en el área estudiada.

Tabla 89

Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco - VIZIR - Calzada Derecha

Tipo de falla	Total de fallas
Degradación Del Tipo A	
Ahuellamiento	1
Depresiones o hundimiento longitudinales	5
Depresiones o hundimiento transversales	0
Fisuras longitudinales por fatiga	5
Fisuras piel de cocodrilo	2
Bacheo y zanjas reparadas	6
Degradación Del Tipo B	
Fisura longitudinal de junta de construcción	1
Fisura transversal de junta de construcción	1
Fisuras de contracción térmica	0
Fisuras parabólicas	2
Fisura de borde	0

Tipo de falla	Total de fallas
Ojos de pescado	4
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	0
Pérdida de la película de ligante	30
Pérdida de agregados	23
Descascaramiento	1
Pulimento de agregados	2
Exudación	1
Afloramiento de mortero	0
Afloramiento de agua	0
Desintegración de los bordes del pavimento	1
Escalonamiento entre calzada y berma	0
Erosión de las bermas	0
Segregación	0
Total	85

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.6. Fallas incidentes de VIZIR– Calzada Derecha

Las fallas existentes total en el método VIZIR se clasifican en 15 tipos. En la tabla N°90 se muestra los tipos de fallas y el porcentaje que representan.

Tabla 90

Porcentaje Total de Fallas Identificadas (VIZIR) de la Carretera

Huanchaco - Calzada Derecha

Tipo de falla	Total de fallas	Porcentaje de fallas
DEGRADACIÓN DEL TIPO A		
Ahuellamiento	1	1%
Depresiones o hundimiento longitudinales	5	6%
Fisuras longitudinales por fatiga	5	6%
Fisuras piel de cocodrilo	2	2%

Tipo de falla	Total de fallas	Porcentaje de fallas
Bacheo y zanjas reparadas	6	7%
DEGRADACIÓN DEL TIPO B		
Fisura longitudinal de junta de construcción	1	1%
Fisura transversal de junta de construcción	1	1%
Fisuras parabólicas	2	2%
Ojos de pescado	4	5%
Pérdida de la película de ligante	30	35%
Pérdida de agregados	23	27%
Descascaramiento	1	1%
Pulimento de agregados	2	2%
Exudación	1	1%
Desintegración de los bordes del pavimento	1	1%
Total	85	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.7. Fallas más influyentes según el PCI – Calzada Izquierda

A continuación; en la tabla 91, se mostrará los resultados obtenidos de las fallas más Influyentes por cada unidad de muestra, con su respectivo nivel de severidad.

Tabla 91

Fallas Influyentes por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco-Calzada Izquierda.

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UI - 1	11+200.00	11+236.56	Huecos	B	18.3
230.33	UI - 2	11+236.56	11+273.12	Desprendimiento de agregados	M	9.9

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UI - 3	11+273.12	11+309.68	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UI - 4	11+309.68	11+346.24	Desprendimiento de agregados	B	15.8
230.33	UI - 5	11+346.24	11+382.80	Parcheo	M	30.05
230.33	UI - 6	11+382.80	11+419.36	Huecos	M	47.57
230.33	UI - 7	11+419.36	11+455.92	Parcheo	M	24.8
230.33	UI - 8	11+455.92	11+492.48	Huecos	M	29.34
230.33	UI - 9	11+492.48	11+529.04	Desprendimiento de agregados	A	43.30
230.33	UI - 10	11+529.04	11+565.60	Desprendimiento de agregados	A	43.30
230.33	UI - 11	11+565.60	11+602.16	Huecos	B	38.20
230.33	UI - 12	11+602.16	11+638.72	Pulimiento de agregados	-	21
230.33	UI - 13	11+638.72	11+675.28	Desprendimiento de agregados	A	30.14
230.33	UI - 14	11+675.28	11+711.84	Huecos	M	36.20
230.33	UI - 15	11+711.84	11+748.40	Ahuellamiento	B	30.35
230.33	UI - 16	11+748.40	11+784.96	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 17	11+784.96	11+821.52	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 18	11+821.52	11+858.08	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 19	11+858.08	11+894.64	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 20	11+894.64	11+931.20	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 21	11+931.20	11+967.76	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 22	11+967.76	12+004.32	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 23	12+004.32	12+040.88	Desprendimiento de agregados	M	43.26

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UI - 24	12+040.88	12+077.44	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 25	12+077.44	12+114.00	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 26	12+114.00	12+150.56	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 27	12+150.56	12+187.12	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 28	12+187.12	12+223.68	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 29	12+223.68	12+260.24	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 30	12+260.24	12+296.80	Desprendimiento de agregados	M	43.26
230.33	UI - 31	12+296.80	12+333.36	Desprendimiento de agregados	M	42.96
230.33	UI - 32	12+333.36	12+369.92	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 33	12+369.92	12+406.48	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 34	12+406.48	12+443.04	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 35	12+443.04	12+479.60	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 36	12+479.60	12+516.16	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 37	12+516.16	12+552.72	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 38	12+552.72	12+589.28	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 39	12+589.28	12+625.84	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 40	12+625.84	12+662.40	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 41	12+662.40	12+698.96	Desprendimiento de agregados	M	43.30

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	VD
230.33	UI - 42	12+698.96	12+735.52	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 43	12+735.52	12+772.08	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 44	12+772.08	12+808.64	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 45	12+808.64	12+845.20	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 46	12+845.20	12+881.76	Desprendimiento de agregados	M	43.00
230.33	UI - 47	12+881.76	12+918.32	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 48	12+918.32	12+954.88	Desprendimiento de agregados	M	43.30
230.33	UI - 49	12+954.88	12+991.44	Desprendimiento de agregados	M	42.82
230.33	UI - 50	12+991.44	13+028.00	Desprendimiento de agregados	M	42.44
230.33	UI - 51	13+028.00	13+064.56	Desprendimiento de agregados	M	42.42
223.27	UI - 52	13+064.56	13+100.00	Desprendimiento de agregados	M	43.30

Nota. Con su respectivo valor deducido se indica cual es la falla recurrente de la unidad de muestra. Elaboración propia.

3.1.7.8. Fallas existentes del método PCI – Calzada izquierda

En la metodología del método PCI define en total 19 tipos de fallas para la evaluación, según lo manifestado en el capítulo I; En la Tabla N°92, se muestran las cantidades registradas por unidad de medida según el tipo de falla. Cabe resaltar que estos valores representan el total registrado a lo largo de los 1900 metros que tiene el pavimento estudiado.

Tabla 92

Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco - PCI

N°	Tipo de falla	Unidad	Total de fallas
1	Piel de cocodrilo	m2	0
2	Exudación	m2	0
3	Agrietamiento en bloque	m2	1
4	Abultamiento y Hundimientos	m2	0
5	Corrugación	m2	1
6	Depresión	m2	3
7	Grieta de borde	m	13
8	Grieta de reflexión de junta	m	2
9	Desnivel de carril / Berma	m	0
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	8
11	Parqueo	m2	28
12	Pulimento de agregados	m2	8
13	Huecos	und	32
14	Cruce de vía férrea	m2	0
15	Ahullamiento	m2	1
16	Desplazamiento	m2	0
17	Grieta Parabólica	m2	0
18	Hinchamiento	m2	0
19	Desprendimiento de agregados	m2	50
Total			147

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.9. Fallas incidentes de PCI – Calzada Izquierda

Debido a que el total de fallas existentes se clasifican en 11 tipos; se decidió considerar todas las fallas en función al porcentaje que representa cada una en el área estudiada.

Tabla 93

Porcentaje Total de Fallas Identificadas (PCI) de la Carretera Huanchaco - Calzada Izquierda

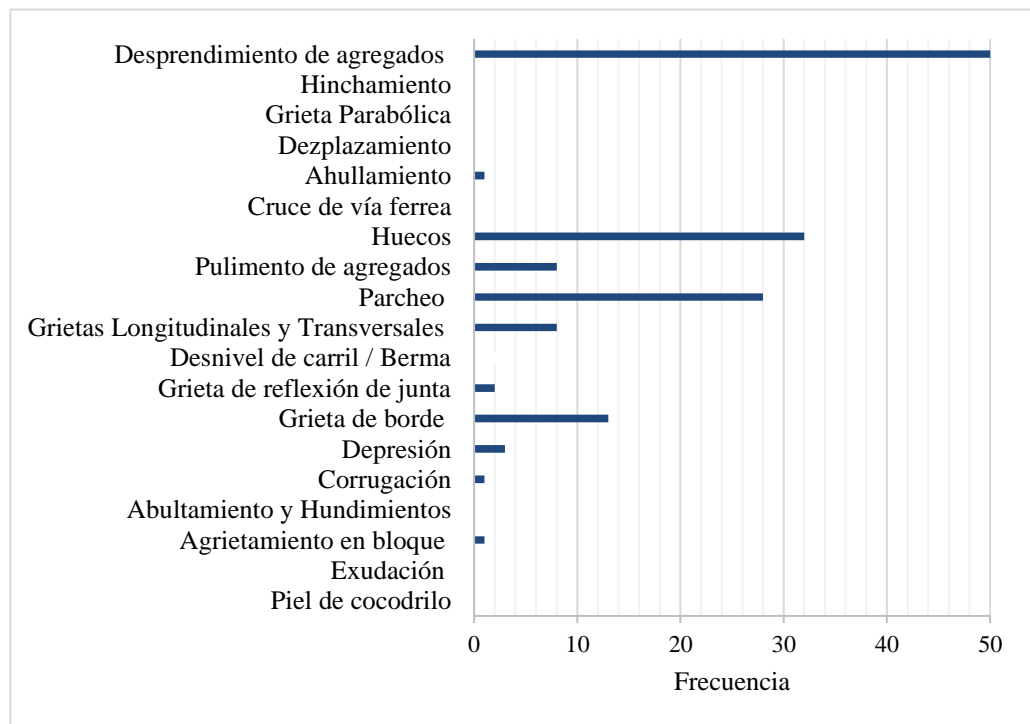
N°	Tipo de falla	Total de fallas	Porcentaje de fallas
3	Agrietamiento en bloque	1	1%
5	Corrugación	1	1%
6	Depresión	3	2%
7	Grieta de borde	13	9%
8	Grieta de reflexión de junta	2	1%
10	Grietas Longitudinales y Transversales	8	5%
11	Parcheo	28	19%
12	Pulimento de agregados	8	5%
13	Huecos	32	22%
15	Ahullamiento	1	1%
19	Desprendimiento de agregados	50	34%
Total		149	100%

Nota. En la tabla se aprecia el porcentaje de las fallas identificadas, fallas que fueron evaluadas con diferentes niveles de severidad. Logrando observar que la falla predominante es desprendimiento de agregados con un 34% de presencia en el total. Elaboración propia.

En el gráfico 4 se representa la cantidad que registra cada tipo de falla en función a la unidad de medida que indica la metodología PCI, contabilizándose por unidades (und), metros cuadrados (m²) y metros lineales (m). Los resultados muestran que el área de estudio presenta 11 tipos de fallas existentes del total de diecinueve que indica el método PCI, quedando ocho tipos sin haber sido identificadas ni registradas para la calzada izquierda.

Gráfico 4

Frecuencia por Tipo de Falla Existente



Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.10. Fallas más influyentes según el VIZIR – Calzada Izquierda

Tabla 94

Fallas Influyente por Unidad de Muestra de la Carretera Huanchaco

VIZIR-Calzada Izquierda

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	%
230.33	UI - 1	11+200.00	11+236.56	Fisuras parabólicas	1	14.83%
230.33	UI - 2	11+236.56	11+273.12	Pérdida de la película de ligante	1	91.17%
230.33	UI - 3	11+273.12	11+309.68	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 4	11+309.68	11+346.24	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 5	11+346.24	11+382.80	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 6	11+382.80	11+419.36	Pérdida de la película de ligante	2	33.92%
230.33	UI - 7	11+419.36	11+455.92	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 8	11+455.92	11+492.48	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 9	11+492.48	11+529.04	Pérdida de la película de ligante	1	7.42%
230.33	UI - 10	11+529.04	11+565.60	Pérdida de la película de ligante	1	15.63%
230.33	UI - 11	11+565.60	11+602.16	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 12	11+602.16	11+638.72	Pérdida de la película de ligante	1	34.37%
230.33	UI - 13	11+638.72	11+675.28	Pérdida de la película de ligante	1	7.06%
230.33	UI - 14	11+675.28	11+711.84	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 15	11+711.84	11+748.40	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 16	11+748.40	11+784.96	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	%
230.33	UI - 17	11+784.96	11+821.52	Pérdida de la película de ligante	1	12.89%
230.33	UI - 18	11+821.52	11+858.08	Pérdida de la película de ligante	3	8.08%
230.33	UI - 19	11+858.08	11+894.64	Pérdida de la película de ligante	2	28.45%
230.33	UI - 20	11+894.64	11+931.20	Pérdida de la película de ligante	3	10.77%
230.33	UI - 21	11+931.20	11+967.76	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 22	11+967.76	12+004.32	Pérdida de agregados	1	96.04%
230.33	UI - 23	12+004.32	12+040.88	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 24	12+040.88	12+077.44	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 25	12+077.44	12+114.00	Pérdida de la película de ligante	3	14.10%
230.33	UI - 26	12+114.00	12+150.56	Pérdida de la película de ligante	3	92.90%
230.33	UI - 27	12+150.56	12+187.12	Pérdida de la película de ligante	3	8.60%
230.33	UI - 28	12+187.12	12+223.68	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 29	12+223.68	12+260.24	Pérdida de la película de ligante	2	26.25%
230.33	UI - 30	12+260.24	12+296.80	Pérdida de la película de ligante	2	26.26%
230.33	UI - 31	12+296.80	12+333.36	Pérdida de la película de ligante	2	42.67%
230.33	UI - 32	12+333.36	12+369.92	Pérdida de la película de ligante	2	69.47%
230.33	UI - 33	12+369.92	12+406.48	Pérdida de la película de ligante	2	65.64%
230.33	UI - 34	12+406.48	12+443.04	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 35	12+443.04	12+479.60	Pérdida de la película de ligante	1	100.00%
230.33	UI - 36	12+479.60	12+516.16	Pérdida de agregados	1	100.00%

Área	Unidad de muestreo	Abscisa inicial	Abscisa final	Falla Recurrente	Severidad	%
230.33	UI - 37	12+516.16	12+552.72	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 38	12+552.72	12+589.28	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 39	12+589.28	12+625.84	Pérdida de la película de ligante	2	43.22%
230.33	UI - 40	12+625.84	12+662.40	Pérdida de agregados	1	66.19%
230.33	UI - 41	12+662.40	12+698.96	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 42	12+698.96	12+735.52	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 43	12+735.52	12+772.08	Pérdida de agregados	1	6.09%
230.33	UI - 44	12+772.08	12+808.64	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 45	12+808.64	12+845.20	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 46	12+845.20	12+881.76	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 47	12+881.76	12+918.32	Pérdida de agregados	1	100.00%
230.33	UI - 48	12+918.32	12+954.88	Pérdida de la película de ligante	2	100.00%
230.33	UI - 49	12+954.88	12+991.44	Pérdida de la película de ligante	2	100.00%
230.33	UI - 50	12+991.44	13+028.00	Pérdida de agregados	2	25.01%
230.33	UI - 51	13+028.00	13+064.56	Pérdida de agregados	1	100.00%
223.27	UI - 52	13+064.56	13+100.00	Pérdida de agregados	1	100.00%

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.11. Fallas existentes del método VIZIR – Calzada izquierda

En la metodología del método VIZIR define en total 24 tipos de fallas para la evaluación clasificadas en tipo A y B, según lo manifestado en el capítulo I; En la Tabla N°95, se muestran las cantidades registradas en el área estudiada.

Tabla 95

Fallas Identificadas de la Carretera Huanchaco – VIZIR

Tipo de falla	Total de fallas
Degradación Del Tipo A	
Ahuellamiento	1
Depresiones o hundimiento longitudinales	3
Depresiones o hundimiento transversales	0
Fisuras longitudinales por fatiga	8
Fisuras piel de cocodrilo	0
Bacheo y zanjas reparadas	28
Degradación Del Tipo B	
Fisura longitudinal de junta de construcción	1
Fisura transversal de junta de construcción	1
Fisuras de contracción térmica	1
Fisuras parabólicas	0
Fisura de borde	0
Ojos de pescado	32
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	1
Pérdida de la película de ligante	48
Pérdida de agregados	0
Descascaramiento	0
Pulimiento de agregados	8

Tipo de falla	Total de fallas
Exudación	0
Afloramiento de mortero	0
Afloramiento de agua	0
Desintegración de los bordes del pavimento	13
Escalonamiento entre calzada y berma	0
Erosión de las bermas	0
Segregación	2
Total	147

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.7.12. Fallas incidentes de VIZIR– Calzada Izquierda

El total de fallas existentes en el método VIZIR se clasifican en 13 tipos. En la tabla N°96 se muestra los tipos de fallas y el porcentaje que representan.

Tabla 96

Porcentaje Total de Fallas Identificadas (VIZIR) de la Carretera

Huanchaco - Calzada Izquierda

Tipo de falla	Total de fallas	Porcentaje de fallas
DEGRADACIÓN DEL TIPO A		
Ahuellamiento	1	1%
Depresiones o hundimiento longitudinales	3	2%
Fisuras longitudinales por fatiga	8	5%
Bacheo y zanjas reparadas	28	19%
DEGRADACIÓN DEL TIPO B		
Fisura longitudinal de junta de construcción	1	1%
Fisura transversal de junta de construcción	1	1%

Tipo de falla	Total de fallas	Porcentaje de fallas
Fisuras de contracción térmica	1	1%
Ojos de pescado	32	22%
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	1	1%
Pérdida de la película de ligante	48	33%
Pulimiento de agregados	8	5%
Desintegración de los bordes del pavimento	13	9%
Segregación	2	1%
Total	147	100%

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.2. Alternativas de conservación del Pavimento Flexible

La conservación de la vía es la necesidad de prevenir y disminuir los daños generados a través del tiempo en el pavimento, promoviendo seguridad y confort para los usuarios de Huanchaco y alrededores.

El manual de Mantenimiento o conservación (2018) nos presenta dos alternativas de conservación vial: Rutinaria y Periódica, con el objetivo de mantener la continuidad del servicio ofrecido, además el manual clasifica algunas fallas en estructurales y superficiales.

En el área estudiada (calzada derecha – Calzada izquierda) se obtuvieron resultados de niveles de intervención como son mantenimiento y rehabilitación, en general el PCI nos indica un pavimento bueno con 73 y 57 respectivamente, esto se puede comprobar en la tabla N°83 donde se muestran los resultados de cada calzada para ambos métodos.

La mayoría de las fallas se encuentran en un nivel moderado y alto, siendo un buen momento para intervenir el pavimento.

Si optáramos por realizar una conservación rutinaria nos guiaríamos de lo que nos indica el manual de mantenimiento o conservación vial. En las tablas 97 y 98 se presentan los métodos de reparación, así como también las fallas identificadas en ambas calzadas de la vía hacia huanchaco desde la progresiva KM 11+200 hasta 13+100.

Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación muchas veces corresponden a refaccionar la carpeta asfáltica, como también la reparación las fallas. En la calzada derecha se obtuvieron 13 tipos de fallas y 11 para la calzada izquierda.

Tabla 97

Fallas Identificadas con su Respectivo Método de Conservación Rutinaria.

	Método de reparación	Fallas Identificadas
Conservación Rutinaria	Sellado de Fisuras y Grietas en calzada	Grietas de borde, grietas longitudinales y transversales, Agrietamiento en bloque, Grieta de reflexión de junta, Piel de cocodrilo.
	Sellado de Fisuras y grietas en berma	-
	Parchado Superficial en Calzada	Depresión, grieta de borde, huecos poco profundos, depresiones, grieta de reflexión de junta, grietas longitudinales y transversales, ahuellamiento, grieta parabólica, agrietamiento en bloque, piel de cocodrilo.
	Parchado Profundo en Calzada	Piel de cocodrilo, depresión, grietas de borde de alta severidad, huecos, ahuellamiento, grieta de reflexión de junta.
	Bacheo de Bermas con material granular	-
	Nivelación de bermas con material granular	-
	Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico	-
	Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico	-

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla 98 se muestran las fallas identificadas y el tratamiento que recibirían según su nivel de severidad.

Tabla 98

Opciones de Reparación para Fallas Identificadas en el Estudio de Ambas Calzadas

Fallas identificadas	Severidad		Reparación
	Bajo		L: Ninguna medida
Piel de cocodrilo	Medio	x	M: Reparaciones por sello o carpeta asfáltica con mezcla en caliente. Sello o carpeta asfáltica
	Alto	x	H: Rehabilitación o reconstrucción
	Bajo	x	L: No se hace nada.
Exudación	Medio		M: Se aplica arena / agregados y cilindrado
	Alto		L: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario).
	Bajo	x	L: No se hace nada.
Agrietamiento en bloque	Medio		M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.
	Alto		H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta.
	Bajo	x	L: No se hace nada.
Corrugación	Medio		M: Reconstrucción.
	Alto		H: Reconstrucción.
	Bajo	x	L: No se hace nada.
Depresión	Medio	x	M: Parcheo superficial, parcial o profundo.
	Alto		H: Parcheo superficial, parcial o profundo.
	Bajo		L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

Fallas identificadas	Severidad	Reparación
Grieta de borde	Medio	M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.
	Alto x	H: Parcheo parcial – profundo.
	Bajo	L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.
Grieta de reflexión de junta	Medio	M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.
	Alto x	H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.
	Bajo x	L: Ninguna medida.
Grietas Longitudinales y Transversales	Medio	M: Reparaciones por sello o carpeta asfáltica con mezcla en caliente. Sello o carpeta asfáltica
	Alto	H: Rehabilitación o reconstrucción.
	Bajo	L: No se hace nada.
Parcheo	Medio x	M: No se hace nada. Sustitución del parche
	Alto x	H: Sustitución del parche
Pulimento de agregados	- x	L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Fresado y sobrecarpeta.
	Bajo x	L: Ninguna medida.
Huecos	Medio x	M: Reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla en caliente.
	Alto x	H: Rehabilitación o reconstrucción.
	Bajo x	L: Ninguna medida.
Ahuellamiento	Medio	M: Reparaciones con mezcla en caliente, Carpeta asfáltica, Fresado y carpeta asfáltica.
	Alto	H: Rehabilitación o reconstrucción parcial o total (incluyendo el drenaje si fuera necesario).

Fallas identificadas	Severidad		Reparación
	Bajo	x	L: No se hace nada. Parcheo parcial
Grieta Parabólica	Medio		M: Parcheo parcial
	Alto		H: Parcheo parcial
	Bajo	x	L: Ninguna medida.
Desprendimiento de agregados	Medio	x	M: Reparaciones con mezcla en caliente o tratamiento superficial
	Alto	x	H: Carpeta asfáltica, tratamiento superficial

Nota. Se muestra los niveles de severidad correspondientes a las fallas encontradas en ambas calzadas, con su respectivo tipo de tratamiento. Esta tabla fue adaptada de “Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI)” de Vásquez (2002) y “Manual de Mantenimiento o Conservación vial” del Ministerio de Transporte y comunicaciones (2018).

Las reparaciones que la entidad (Municipalidad de Huanchaco) ha realizado a través del tiempo se encuentran en mal estado, muchos de ellos han sido reparados con parcheo, no teniendo gran éxito, ya que en poco tiempo nuevamente se vuelve en una molestia para los usuarios; es por ello que se opta por una conservación periódica, lo cual permitirá recuperar el ciclo de vida del pavimento. En la tabla 99 se muestran las conservaciones periódicas que nos brinda el manual de conservación.

Tabla 99

Alternativas de Conservación Periódica

Conservación Periódica
Sellos asfálticos
Recapeos asfálticos
Fresado de carpeta asfáltica
Microfresado de carpeta asfáltica
Reconformación de base granular en bermas
Imprimación reforzada en bermas con material granular
Nivelación de bermas con mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tras el nivel de intervención que obtuvieron ambas calzadas se concluye que requieren mejor calidad, precio y servicio, es por ello que se realizó un cuadro de ventajas y desventajas que presenta cada uno de los 4 métodos de conservación periódicos usados en las últimas épocas, con el fin de selección el más adecuado, estos son:

Micro-pavimento en Frío

Escalante (2019) menciona que “el tratamiento con Micro-pavimento asfáltico en frío cuenta con un sistema de alto desempeño, durable y económico en términos de beneficios y costos. Además de ser un método para combinar la tecnología de emulsión asfáltica modificada con polímeros. Este mantenimiento cuenta con ventajas de fácil aplicación” p.86. También se puede aplicar en múltiples capas, corrigiendo deformaciones, ahuellamiento y huecos de hasta 50 mm, además de ofrecer una durabilidad de 10 años con un desgaste de 1 mm por año.

Slurry Seal

Del Pino (2014) señala que el “Slurry seal tiene una gran contribución a la economía, así como también al factor más importante de hoy en día que es el medio ambiente. Desde un punto de vista técnico, económico y ecológico, el uso de Slurry seal como método de renovación de superficies ha mostrado una eficiencia significativa. El hecho de la ecoeficiencia es que requiere menos energía y por lo tanto menos combustible, por lo que las emisiones de dióxido de carbono son más del 97,4% del dióxido de carbono producido por el uso de pavimentos asfálticos. Por otro lado, el uso de mortero asfáltico arrojó un 2,6%. Por lo que se considera una posible una solución alternativa para el tratamiento superficial de lechadas de sellado o también conocido como mortero asfáltico, la durabilidad que ofrece es de 8 años.

Reciclado en frío con asfalto espumado

Thenoux y Jamet (2018) indica que el “Reciclado en frío con asfalto espumado permite producir mezclas asfálticas de un modo muy diferente a los sistemas tradicionales. Las mezclas producidas con asfalto espumado tienen un comportamiento estructural similar a una mezcla tradicional” p.1. El uso de este reciclado es una medida amigable con el medio ambiente, evitando la sobre explotación de canteras y la creación de áreas de botaderos. Este tratamiento aporta considerablemente en obtener ahorros reutilizando los materiales existentes con adición de asfalto espumado.

Recapeos asfálticos

Consisten en la distribución de mezcla asfáltica en frío o concreto asfáltico en caliente, con un espesor no menor de 5 centímetros, sobre la capa de rodadura existente, a fin de rehabilitar zonas con problemas de muchos baches o con superficies con daños severos. Según García (2016) “El Recapeo tiene como objetivo el corregir la deficiencia estructural e incrementar su habilidad de soportar cargas por un tiempo determinado”

Esta actividad estará en función de los resultados de deflexiones en los pavimentos existentes, como una condición indispensable para la ejecución de esta actividad, se requiere que, en el tramo a colocar el concreto asfáltico en caliente, haya deflexiones mayores a las permisibles en el pavimento, debiendo realizar este control por medio de la Viga Benkelman método AASHTO T-256, o por la aplicación de otro método técnico, reconocido y aceptado profesionalmente.

Tabla 100

Ventajas y desventajas de las conservaciones periódicas propuestas

Reparación	Ventajas	Desventajas
	Se aplica de manera efectiva para mantenimiento preventivo o correctivo de pavimentos.	Se habilita la transitabilidad Dependiendo de la emulsión de la rotura que se esté utilizando.
Slurry Seal	Recupera o provee fricción superficial al pavimento, por lo tanto, mejora la seguridad de la vía. Su construcción no requiere de grandes instalaciones (plantas, tren de pavimentación y otros), un solo equipo dosifica, mezcla, coloca y le da la terminación a la mezcla. Excelente tratamiento de bajo costo.	No se puede aplicar de noche Podría utilizar polímeros que mejoraría sus propiedades

Reparación	Ventajas	Desventajas
Micro - pavimento	<p>Se aplica a temperatura ambiente con temperaturas mínimas de hasta 5°C cuando la temperatura está en ascendente.</p> <p>Se puede colocar en una capa más gruesa y, por lo tanto, se puede utilizar para llenar roderas y corregir problemas menores de nivelación.</p> <p>Tiene un tiempo de curado menor, por lo tanto, el tránsito se puede abrir en un período de tiempo más corto.</p>	<p>Cuenta con una menor susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos.</p> <p>El costo es más alto que un tratamiento “slurry seal”</p>
	<p>Cuenta con polímero que mejora grandemente sus propiedades</p> <p>Se puede aplicar de noche</p> <p>Cuenta con un tiempo de vida de 10 años</p>	<p>Requiere equipo especial que es más pesado y más robusto que una máquina mezcladora para “slurry seal”</p>
	<p>Se puede aplicar en doble capa</p> <p>Resulta más económico en su construcción inicial</p>	<p>Las cargas pesadas pueden producir fallas como hundimientos, siendo un peligro potencial para los usuarios.</p>
Recapeos asfálticos	<p>Tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años</p> <p>La aplicación puede ser en el día o en la noche</p>	<p>Requiere mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.</p>
	<p>Cuenta con polímero que mejora sus propiedades</p>	
Asfalto espumado	<p>Reducción de costos, ya que el asfalto espumado comprende solo un pequeño porcentaje de agua y un asfalto de penetración estándar.</p>	<p>El asfalto espumado requiere que el asfalto esté caliente, sobre los 160 °C. habitualmente esto requiere de instalaciones para</p>

Reparación	Ventajas	Desventajas
	<p>El material con asfalto espumado puede ser colocado, compactado y abierto al tráfico inmediatamente.</p> <p>Facilidad de aplicación. Un tanque se acopla a la recicladora y el asfalto caliente es bombeado y estacado mediante una barra rociadora, donde la espuma de asfalto es inyectada en la cámara de mezclado</p>	<p>calentar, y medidas especiales de seguridad</p> <p>Condición y tipo de material. El material saturado y pobre en la fracción fina (menor a 0.0075) no puede ser tratado con asfalto espumado sin un tratamiento previo o la adicción de material nuevo.</p> <p>De forma similar a la estabilización con emulsión asfáltica, se debe agregar pequeñas proporciones de cemento o cal junto con el asfalto espumado. El objetivo es similar, mejorar la resistencia retenida en condiciones de húmeda</p>

Fuente: Elaboración propia, 2021

En ambas calzadas se aplicará el tratamiento de Slurry Seal, también conocido como mortero asfáltico, una de las principales razones de la realización de mantenimiento y rehabilitación es alargar la vida útil del pavimento. La durabilidad que ofrece es de 8 años a más.

De llevarse a cabo el tratamiento de Slurry Seal recomendado, será beneficioso para los usuarios de la Carretera Huanchaco. Además, cabe señalar que, en base a una

adecuada preparación, en buenas condiciones de trabajo. La rehabilitación traerá menor impacto ambiental, tendrá un mejor desempeño financiero, así como un impacto político, social y cultural en la entidad contratada, ya que se puede implementar pavimentaciones en plazos reducidos y menores costos unitarios. La municipalidad de Huanchaco debería buscar a la disponibilidad presupuestal, siendo la obra ejecutada por la Sub Gerencia de Conservación de infraestructura Urbana y Mantenimiento Vial. Por tanto, la siguiente tabla determinará las acciones previas y posteriores a la ejecución del tratamiento de superficie de Slurry Seal.

Tabla 101

Acciones Previas y Posteriores a la Ejecución del Tratamiento de Superficie de Slurry Seal (Calzada Derecha – Calzada Izquierda).

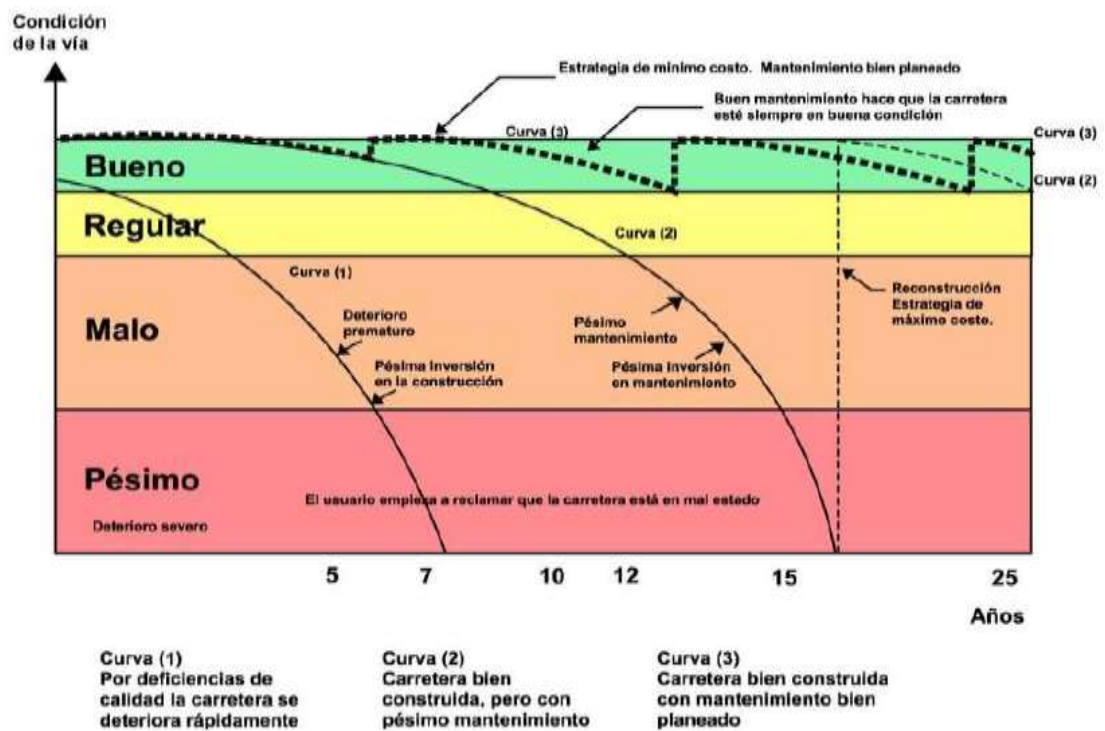
Pre – Slurry Seal	Aplicación del Slurry Seal	Post – Slurry Seal
Realizar reparaciones como parcheos en zonas específicas	Realización del mantenimiento periódico mediante el tratamiento de Slurry Seal por un monto de s/. 25,735.50	Ejecución de mantenimiento rutinario. Segunda aplicación del tratamiento con Slurry Seal en un periodo de 3 años. Para el 2029, la superficie de la carretera alcanzará su etapa de diseño de vida útil. Por tanto, se recomienda recurrir a una reconstrucción como caso crítico o una rehabilitación.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La vía estudiada cuenta con un servicio de periodo de 20 años por ser interurbana, esto según ASSTHO 93. Se conoce que se ha realizado mantenimientos deficientes en los últimos años, los parcheos realizados, algunos de ellos ya se encuentran en estado crítico, con desnivel e irregularidad, es por ello que se requiere la reparación de las fallas. Además de considerar necesaria la aplicación del Slurry Seal.

Gráfico 5

Curva de Conservación Vial



Nota. En el gráfico el estado de las vías está representado por curvas de acuerdo con el estado de mantenimiento de la vía. Tomada de “Modelo De Gestión Para Mantenimiento De Pavimentos Flexibles En Vías Urbanas Del Distrito De Chiclayo” por Silva, Daza y López (2018).

De acuerdo al gráfico 5, el pavimento de la Carretera Huanchaco Km 11+200 al 13+100 se ubica en la curva número 2 tanto para la calzada derecha, así como también para la calzada izquierda; puntualizando que se realizó una pésima intervención en el mantenimiento.

Mediante la hipótesis 5 se determina el tipo de tratamiento que requiere la Carretera Huanchaco Km 11+200 hasta el km 13+100 de la calzada derecha e izquierda. Como se puede apreciar en la tabla N° 118 las fallas con severidad leve no requieren ningún tipo de tratamiento debido a que aún es posible permitir su presencia en ambas calzadas, ya que no afectan de manera significativa en la comodidad de los usuarios, pero en este caso si se les dará un debido tratamiento. Los huecos en nivel leve, si requieren intervención.

Tabla 102

Técnica de Conservación a Aplicar en Ambas Calzadas

	Slurry Seal
Calzada Derecha	x
Calzada Izquierda	x

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.3. Análisis de costos

Las actividades de conservación periódica o rutinaria se programan en función a la modalidad de su ejecución, asimismo las Especificaciones Generales deben ser actualizadas periódicamente mediante revisiones, adiciones o complementos a su contenido.

A continuación, se presenta el análisis económico que se realizó a los 4 métodos de conservación periódica como son: Slurry Seal, Micro-pavimento, Recapeo asfáltico y asfalto espumado, considerado por m² cada tratamiento.

Tabla 103

Análisis de Costos Unitarios de Slurry Seal

1.00 PAVIMENTOS							
1.1 Slurry Seal							
	Rendimiento	m ² m ² /día	S/ Mo	2.15 2,500.00		Eq.	2,500.00
Descripción		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
Capataz		hh		0.5000	0.0016	26.42	0.04
Oficial		hh		20.0000	0.0064	16.97	0.11
Peon		hh		50.0000	0.0160	14.83	0.24
							0.34
Materiales							
Cemento Portland tipo I (42.5kg)		Bls			0.0065	21.09	0.14
							0.14
Equipos							
Camion Pavimentador de Micro-Pavimentos		hm		10.0000	0.0032	120.00	0.38
Camion Volquete 15 m ³		hm		10.0000	0.0032	265.37	0.85
Compresora Neumática 250-330 PCM, 87 Hp		hm		10.0000	0.0032	78.97	0.25
							1.48
Subpartidas							
Agua para compactación		m ³			0.0020	51.39	0.10
Arena para asfalto		m ³			0.0055	16.53	0.09
							0.19

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 104

Análisis de Costos Unitarios de Micropavimento

2.00 SELLO ASFALTICO						
2.1 Revestimiento con MPAF (e=10mm)						
		Rendimiento	m2/día	1900.000		
o						
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
Oficial	hh	2.000	0.008	16.97	0.14	
Peón	hh	2.000	0.008	15.24	0.12	
					0.26	
Materiales						
Emulsión asfáltica CQS-1 HP	gln		0.550	10.00	5.50	
Agua	m3		0.002	25.50	0.05	
Agregado fino seleccionado	m3		0.006	30	0.18	
Cemento portland Tipo I	bls		0.012	19.7	0.24	
					5.97	
Equipos						
Camión para micro-pavimentos	hm	1.000	0.004	960	4.04	
Herramientas manuales %	%mo		5%	0.26	0.01	
					4.05	

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 105

Análisis de Costos Unitarios de Recapeos Asfáltico

3.00 PAVIMENTOS						
3.1 Recapeo de Carpeta asfáltica en caliente (e=25mm)						
		m2	S/.	16.45		
	Rendimiento	m2/día	M	7,200.000	Eq.	7,200.000
	o		o			
Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
Capataz		hh	1.0000	0.0011	26.42	0.03
Operario		hh	2.0000	0.0022	22.97	0.05
Peon		hh	8.0000	0.0089	15.24	0.14
						0.22
Materiales						
Mezcla asfáltica en caliente		m3		0.0325	475.00	15.44
						15.44
Equipos						
Herramientas Manuales		%Mo		3.0000	0.22	0.01
Rodillo neumático autopropulsado 135HP 9-26ton		hm	1.0000	0.0011	130.10	0.14
Rodillo Tándem vibratorio autopro. 111-130HP 9-11ton		hm	1.0000	0.0011	133.12	0.15
Esparcidora de asfalto vibro acabadora 155HP – 7m		hm	1.0000	0.0011	445.24	0.49
						0.79

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 106

Análisis de Costos Unitarios de Rehabilitación con Reciclado Profundo en Frío con Asfalto Espumado.

4.00 PAVIMENTOS						
3.1	Reciclado de pavimentos con asfalto espumado(e=17cm)	m3	S/.	23.80		
	Rendimiento	m2/día	5300.000			
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	d		ad	S/.	S/.	
Oficial	hh	1.000	0.002	16.97	0.034	
Peón	hh	6.000	0.009	15.24	0.137	
Cemento asfáltico 85/100	kg		9.138	1.89	17.27	
Agua	m3		0.007	25.50	0.179	
Cemento portland tipo 1 (42.5 kg)	bls		0.086	19.70	1.694	
Picas	pza		0.044	21.00	0.924	
Portapicas	pza		0.0001	160.00	0.023	
Recicladora wirtg0.en wr2500 s	hm	1.000	0.002	510.00	1.020	
Camión baranda 4 tn		1.000	0.002	70.00	0.140	
Camión cisterna 4x2 - asfalto	hm	1.000	0.002	160.00	0.320	
Camión cisterna 4x2 - agua	hm	1.000	0.002	118.00	0.236	
Camión plataforma 6x4 300 hp 19 ton	hm	1.000	0.002	280.00	0.560	
Rodillo liso vibrador autop 101 -135 hp 10-12	hm	2.000	0.003	161.00	0.483	
Rodillo neumatico autop 81 -100hp 5.5 -20t	hm	1.000	0.002	120.00	0.240	
Motoniveladora de 125 hp	hm	1.000	0.002	180.00	0.360	
Comprensora neumatica 250-330 pem, 87hp	hm	1.000	0.002	69.00	0.138	
Herramientas manuales%	%mo		5%	0.171	0.009	

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo a lo obtenido en los precios unitarios (APU) y como se puede observar en la Tabla N°107, el más económico de los 4 métodos de conservación vial es el Slurry Seal con un S/.2.15 por metro cuadrado.

Tabla 107

Precios de Cada Método de Conservación

Método de Conservación	P.U	Metrado	Parcial
Slurry Seal	2.15	11970	S/ 25,735.50
Micropavimento	10.28	11970	S/ 123,051.60
Recapeo Asfáltico	16.45	11970	S/ 196,906.50
Asfalto espumado	23.8	11970	S/ 284,886.00

Fuente: Elaboración propia, 2021

El presupuesto se elaboró de acuerdo a los análisis de costos unitarios vistos en las tablas anteriores, eligiendo al más óptimo como Slurry Seal, por su economía, así como las ventajas que ofrece.

En la tabla 108 se presentan los costos de construcción estimados de ambas calzadas.

Tabla 108

Costos Total de Construcción de Ambas Calzadas

Reciclado profundo en frío con asfalto espumado					
Item	Partida	Unidad	Metra do	S/. Precio	S/. Parcial
1	PAVIMENTOS				
1.1	Slurry Seal				
	Calzada derecha	m2	11970	2.15	25,735.50
	Calzada izquierda	m2	11970	2.15	25,735.50
	COSTO DIRECTO TOTAL				51,471.00

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.4. Análisis e Interpretación de Resultados

3.4.1. Prueba de hipótesis 01

Hipótesis Nula:

Ho: Las metodologías de evaluación de VIZIR y PCI dan resultados de condiciones iguales en la calzada derecha del pavimento flexible. $H_0 : U_1 = U_2$

Hipótesis Alternativa:

Ha: Las metodologías de evaluación de VIZIR y PCI dan resultados de condiciones diferentes en la calzada derecha del pavimento flexible.

$$H_0 : U_1 \neq U_2$$

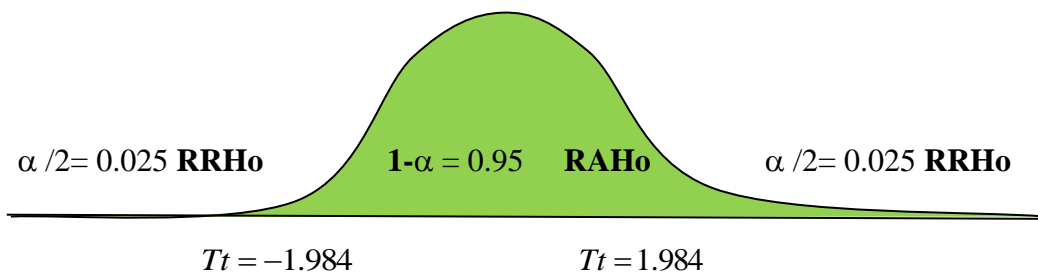
Nivel de significancia

En esta investigación se trabajó con un nivel significación de $\alpha = 0.05$

Estadística de prueba: Prueba T de student

$$T_c = \frac{(X_1 - X_2) - (U_1 - U_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{14.69 - 4.56 - 0}{2.822 \sqrt{\frac{1}{52} + \frac{1}{52}}} = 18.30$$

Regiones



Decisión: Ho se Rechaza, por lo tanto, el promedio del tramo 1 calzada derecha entre el PCI y VIZIR son diferentes, ya que VIZIR presenta un mayor rango de error, mediante la prueba estadística T de student a un nivel de significancia del 5%. Con un $p=0.000$.

Tabla 109

Prueba t para Dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales

	<i>PCI</i>	<i>VIZIR</i>
Media	4.56043956	14.69242308
Varianza	7.44605535	8.48476021
Observaciones	52	52
Varianza agrupada	7.96540778	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	102	
Estadístico t	18.305312	
P(T<=t) una cola	2.641E-34	
Valor crítico de t (una cola)	1.65992998	
P(T<=t) dos colas	5.2819E-34	
Valor crítico de t (dos colas)	1.9834952	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.4.1.1. Análisis estadístico

Tabla 110

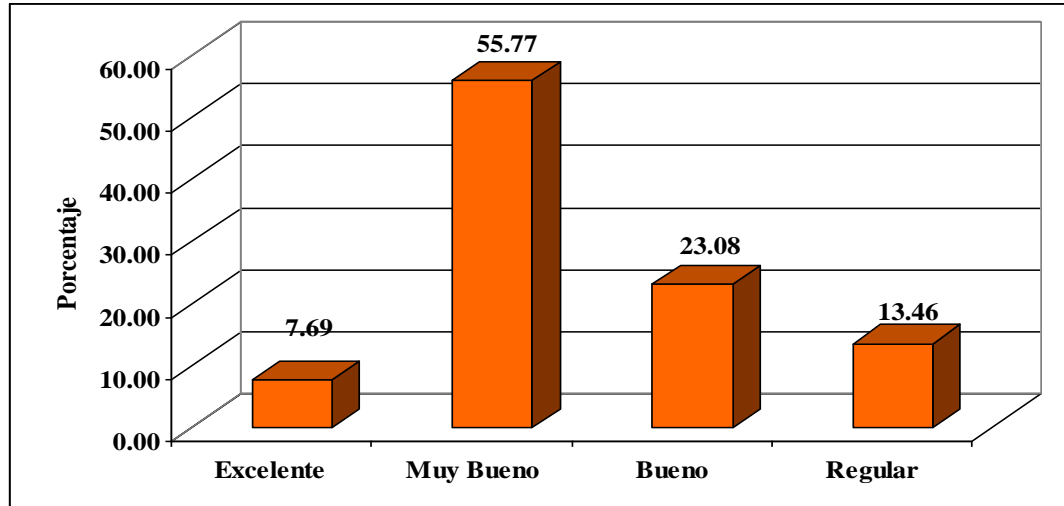
Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha

Condición	fi	hi%
Excelente	04	7.69
Muy Bueno	29	55.77
Bueno	12	23.80
Regular	07	13.46
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 32

Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 110 y Figura 32 se puede observar que la clasificación del PCI según Condición calzada derecha el 55.77% es Muy Bueno (representa a 29) mientras que el 23.08% es Bueno (representa a 12), el 13.46% es Regular (representa a 07) y solo el 7.69% es Excelente (representa a 04).

Tabla 111

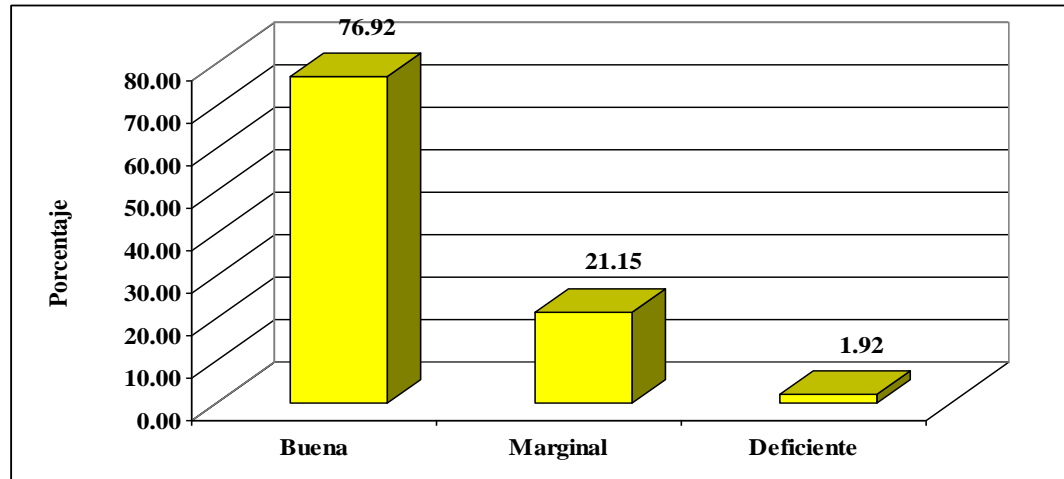
Clasificación del VIZIR según Condición De Calzada Derecha

Condición	fi	hi%
Buena	40	76.92
Marginal	11	21.15
Deficiente	01	1.92
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 33

Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición De Calzada Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 111 y Figura 33 se puede observar que la clasificación del VIZIR según Condición calzada derecha el 76.92% es Buena (representa a 40) mientras que el 21.15% es Marginal (representa a 11), el 1.92% es Deficiente (representa a 01)

3.4.1.2. Medidas Estadísticas

Datos del VIZIR de calzada derecha

$$\text{Promedio } \bar{X}_1 = \frac{\sum X_i}{n} = 14.69$$

$$\text{Varianza } S_1^2 = \frac{\sum (X_i - X_p)^2}{n-1} = 8.48$$

$$\text{Desviación Estándar } S_1 = \sqrt{S_1^2} = 2.91$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_1}{\bar{X}_1} (100) = 19.81\%$$

El promedio del VIZIR de calzada derecha es 14.69 mientras que la variabilidad es de 8.48 adema con una dispersión de datos de 2.91 y los datos son homogéneos.

Datos del PCI de calzada derecha:

$$\text{Promedio } \bar{X}_2 = \frac{\sum X_i}{n} = 4.56$$

$$\text{Varianza } S_2^2 = \frac{\sum (X_i - X_p)^2}{n-1} = 7.45$$

$$\text{Desviación Estándar } S_2 = \sqrt{S_2^2} = 2.73$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_2}{\bar{X}_2} (100) = 59.87\%$$

El promedio del PCI de calzada derecha es 4.56 mientras que la variabilidad es de 7.45 además con una dispersión de datos de 2.73 y los datos son heterogéneos.

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(52 - 1)8.48 + (52 - 1)7.45}{52 + 52 - 2} = 7.965$$

$$S_p = \sqrt{S_p^2} = 2.822$$

Además de una varianza conjunta de 7.965 entre los datos del PCI y VIZIR

3.4.2. Prueba de Hipótesis 02

Hipótesis Nula:

Ho: Las metodologías de evaluación de VIZIR y PCI dan resultados de condiciones iguales en la calzada izquierda del pavimento flexible. $H_0 : U_1 = U_2$

Hipótesis Alternativa:

Ha: Las metodologías de evaluación de VIZIR y PCI dan resultados de condiciones diferentes en la calzada izquierda del pavimento flexible.

$$H_0 : U_1 \neq U_2$$

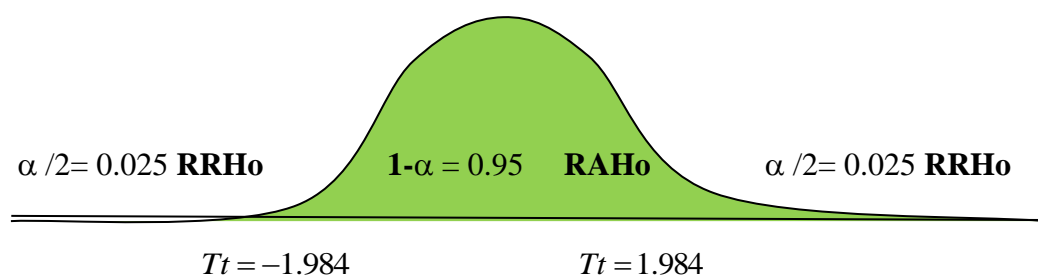
Nivel de significancia

En esta investigación se trabajó con un nivel significación de $\alpha = 0.05$

Estadística de prueba: Prueba T de student

$$T_c = \frac{(X_1 - X_2) - (U_1 - U_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{11.36 - 4.23 - 0}{2.088 \sqrt{\frac{1}{52} + \frac{1}{52}}} = 17.41$$

Regiones



Decisión: Ho se Rechaza, por lo tanto, el promedio del tramo 2 calzada izquierda entre el PCI y VZIR son diferentes, obteniendo un rango error mayor en el VIZIR, mediante la prueba estadística T de student a un nivel de significancia del 5%. Con un $p=0.000$.

Tabla 112

Prueba t para Dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales

	VIZIR	PCI
Media	4.23076923	11.3597615
Varianza	4.63877859	4.08498465
Observaciones	52	52
Varianza agrupada	4.36188162	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	102	
Estadístico t	17.4051545	
P(T<=t) una cola	1.3149E-32	
Valor crítico de t (una cola)	1.65992998	
P(T<=t) dos colas	2.6297E-32	
Valor crítico de t (dos colas)	1.9834952	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.4.2.1. Análisis estadístico

Tabla 113

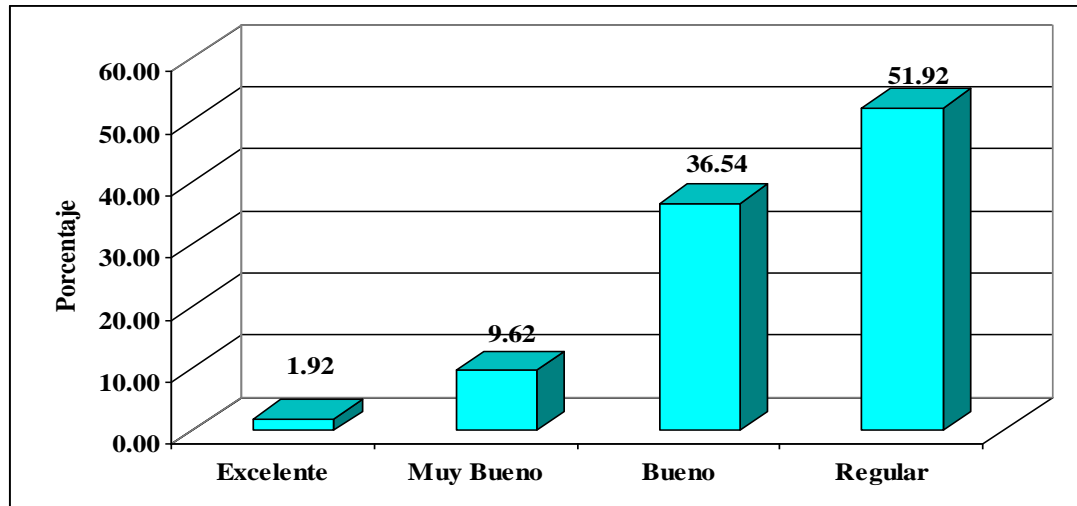
Clasificación del PCI Según Condición Calzada Izquierda

Condición	fi	hi%
Excelente	01	1.92
Muy Bueno	05	9.62
Bueno	19	36.54
Regular	27	51.92
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 34

Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Izquierda



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 113 y Figura 34 se puede observar que la clasificación del PCI según Condición calzada derecha el 51.925% es Regular (representa a 27) mientras que el 36.54% es Bueno (representa a 19), el 9.62% es Muy bueno (representa a 05) y solo el 1.92% es Excelente (representa a 01)

Tabla 114

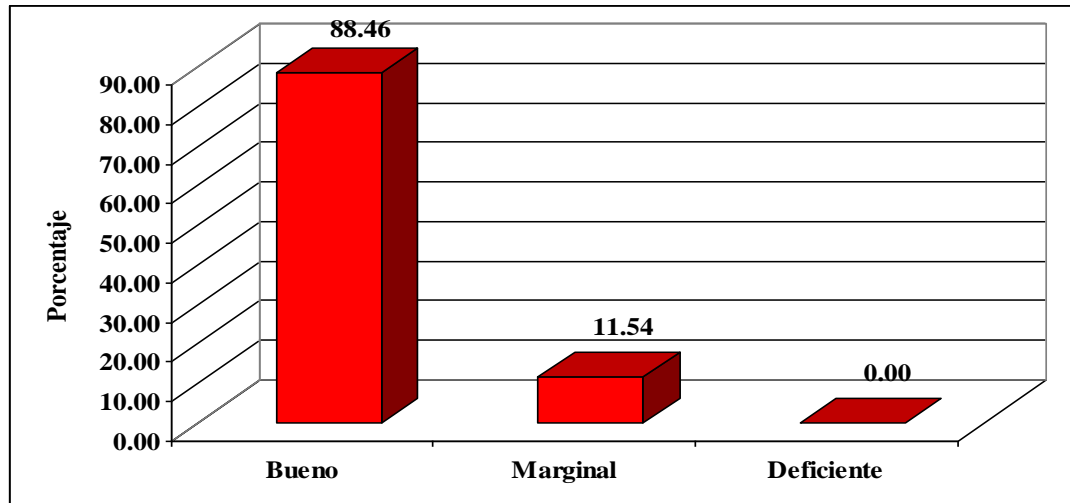
Clasificación del VIZIR Según Condición Calzada Izquierda

Condición	fi	hi%
Buena	46	88.46
Marginal	06	11.54
Deficiente	0	0.00
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 35

Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 114 y Figura 35 se puede observar que la clasificación del VIZIR según Condición calzada derecha el 88.46% es Buena (representa a 46) mientras que el 11.54% es Marginal (representa a 06).

3.4.2.2. Medidas Estadísticas

Datos del PCI de Calzada Izquierda

$$\text{Promedio } \bar{X}_1 = \frac{\sum X_i}{n} = 11.36$$

$$\text{Varianza } S_1^2 = \frac{\sum (X_i - X_p)^2}{n-1} = 4.08$$

$$\text{Desviación Estándar } S_1 = \sqrt{S_1^2} = 2.02$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_1}{\bar{X}_1} (100) = 17.78\%$$

El promedio del PCI de calzada izquierda es 11.36 mientras que la variabilidad es de 4.08 además con una dispersión de datos de 2.02 y los datos son homogéneos.

Datos del VIZIR de Calzada Izquierda

$$\text{Promedio } \bar{X}_2 = \frac{\sum X_i}{n} = 4.23$$

$$\text{Varianza } S_2^2 = \frac{\sum (X_i - X_p)^2}{n-1} = 4.64$$

$$\text{Desviación Estándar } S_2 = \sqrt{S_2^2} = 2.15$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_2}{\bar{X}_2} (100) = 50.83\%$$

El promedio del VIZIR de calzada izquierda es 4.23 mientras que la variabilidad es de 4.64 además con una dispersión de datos de 2.15 y los datos son heterogéneos.

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(52 - 1)4.08 + (52 - 1)4.64}{52 + 52 - 2} = 4.36$$

$$S_2 = \sqrt{S_p^2} = 2.088$$

Además de una varianza conjunta de 4.36 entre los datos del PCI y VIZIR

3.4.3. Hipótesis 03

Hipótesis Nula:

Ho: La falla más representativa en el pavimento de la calzada derecha es Desprendimiento de Agregados con una proporción de 0.70. $H_0 : P_1 = 0.70$

Hipótesis Alternativa:

Ha: La falla más representativa en el pavimento de la calzada derecha es Desprendimiento de Agregados con una proporción mayor o igual a 0.70.

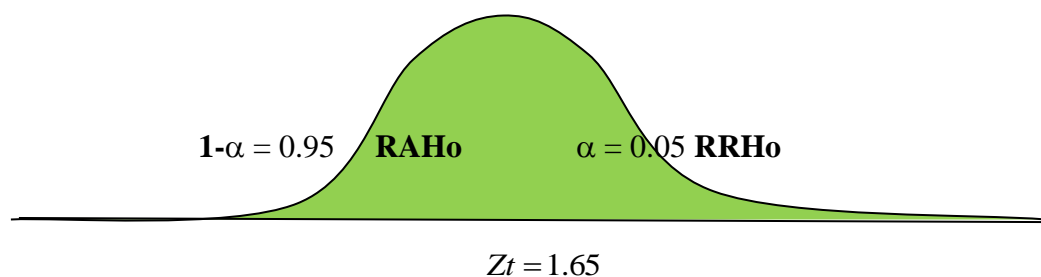
$$H_1 : P_1 > 0.70$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Estadística de Prueba: Prueba Z (Distribución normal)

$$Z_c = \frac{p - P_o}{\sqrt{\frac{P_o Q_o}{n}}} = \frac{0.8269 - 0.7}{\sqrt{\frac{0.7 * 0.3}{52}}} = 1.997$$

Regiones



Decision: Ho se Rechaza, por lo tanto, la proporción de la falla recurrente de calzada derecha es el Desprendimiento de agregados es mayor o igual a 0.70, mediante la prueba estadística Normal a un nivel de significancia del 5%.

3.4.3.1. Análisis estadístico

Tabla 115

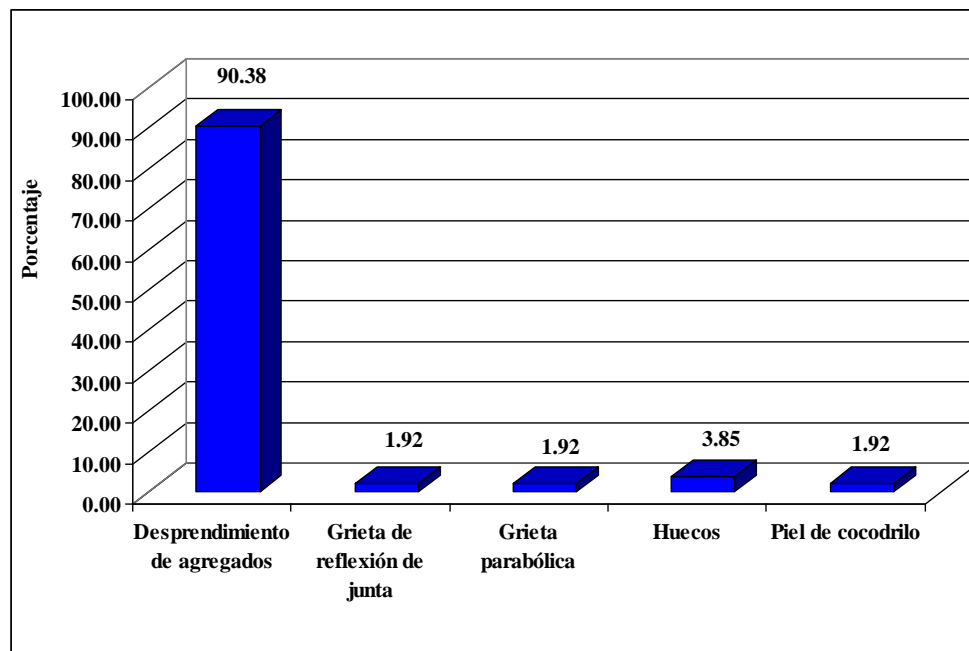
Clasificación del PCI según Falla Recurrente de Calzada Derecha

Tipo de Falla recurrente	fi	hi%
Desprendimiento de agregados	47	90.38
Grieta de reflexión de junta	01	1.92
Grieta parabólica	01	1.92
Huecos	02	3.85
Piel de cocodrilo	01	1.92
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 36

Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición de Calzada Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.4.4. Prueba de Hipótesis 04

Hipótesis Nula:

Ho: La proporción de la falla recurrente de calzada derecha es el Desprendimiento de agregados es igual a 0.70. $H_0 : P_1 = 0.70$

Hipótesis Alternativa:

Ha: La proporción de la falla recurrente de calzada derecha es el Desprendimiento de agregados es mayor o igual a 0.70. $H_1 : P_1 > 0.70$

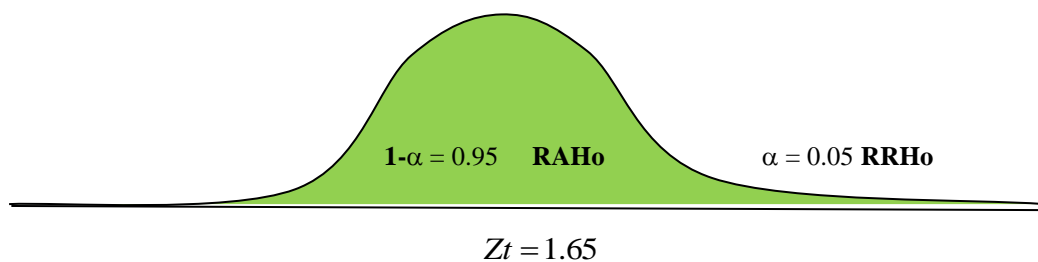
Nivel de significancia:

En esta investigación se trabajó con un nivel significación de $\alpha = 0.05$

Estadística de prueba: Prueba Z (Distribución normal)

$$Z_c = \frac{p - P_o}{\sqrt{\frac{P_o Q_o}{n}}} = \frac{0.8269 - 0.7}{\sqrt{\frac{0.7 * 0.3}{52}}} = 1.997$$

Regiones



Decisión: Ho se Rechaza, por lo tanto, la proporción de la falla recurrente de calzada derecha es el Desprendimiento de agregados es mayor o igual a 0.70, mediante la prueba estadística Normal a un nivel de significancia del 5%.

3.4.4.1. Análisis estadístico

Tabla 116

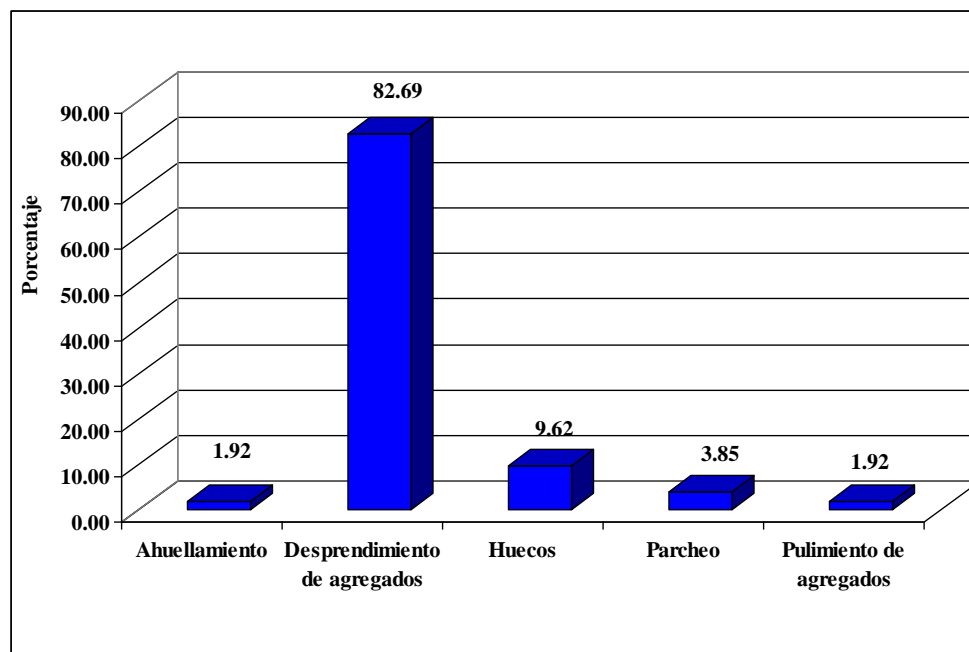
Clasificación del VIZIR según Falla Recurrente de Calzada Izquierda

Tipo de Falla recurrente	fi	hi%
Ahuellamiento	01	1.92
Desprendimiento de agregados	43	82.69
Huecos	05	9.62
Parqueo	02	3.85
Pulimento de agregados	01	1.92
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 37

Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición de Calzada Izquierda



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.4.5. Prueba de Hipótesis 05

Hipótesis Nula:

Ho: El pavimento flexible de la calzada derecha entre el km 11+200 hasta el km 13+100 requiere Mantenimiento como tratamiento necesario.

El promedio de la calzada derecha entre el PCI y VIZIR son iguales.

$$H_0 : U_1 = U_2$$

Hipótesis Alternativa:

Ha: El pavimento flexible de la calzada derecha entre el km 11+200 hasta el km 13+100 no requiere Mantenimiento como tratamiento necesario.

El promedio de la calzada izquierda entre el PCI y VIZIR son diferentes.

$$H_0 : U_1 \neq U_2$$

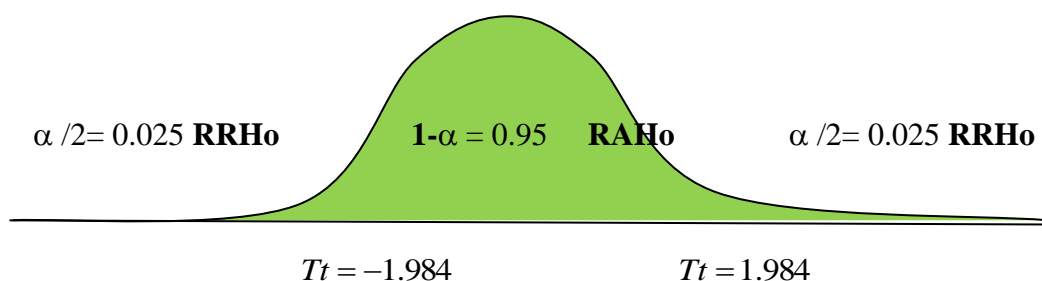
Nivel de significancia

En esta investigación se trabajó con un nivel significación de $\alpha = 0.05$

Estadística de prueba: Prueba T de student

$$T_c = \frac{(X_1 - X_2) - (U_1 - U_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{14.72 - 4.56 - 0}{2.8346 \sqrt{\frac{1}{52} + \frac{1}{52}}} = 18.31$$

Regiones



Decisión: Ho afirma, por lo tanto, la calzada derecha requiere tratamiento, mediante la prueba estadística T de student a un nivel de significancia del 5%. Con un $p=0.000$

Tabla 117

Prueba t para dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales

	<i>PCI</i>	<i>VIZIR</i>
Media	14.6924231	4.56043956
Varianza	8.48476021	7.446055345
Observaciones	52	52
Varianza agrupada	7.96540778	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	102	
Estadístico t	18.3053123	
P(T<=t) una cola	2.641E-34	
Valor crítico de t (una cola)	1.65992998	
P(T<=t) dos colas	5.2819E-34	
Valor crítico de t (dos colas)	1.9834952	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.4.5.1. Análisis estadístico

Tabla 118

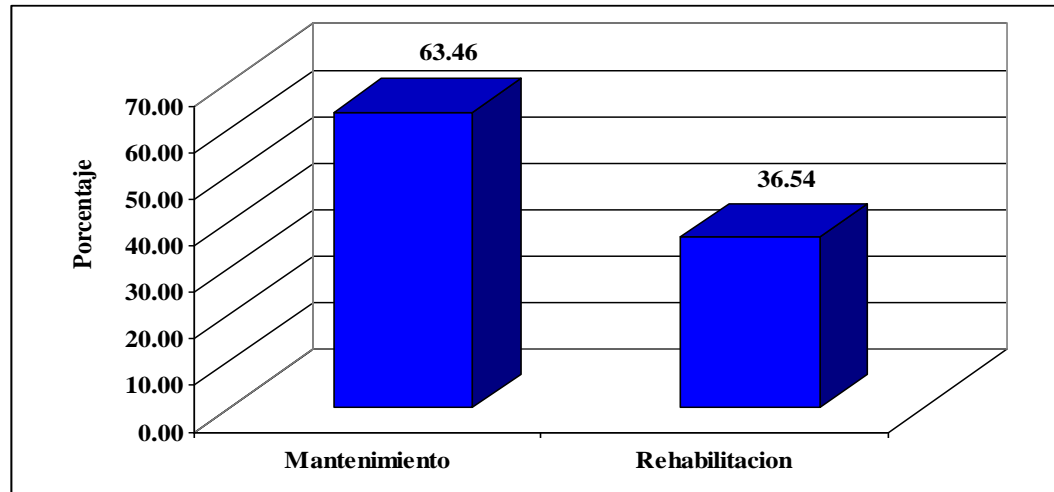
Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha

Condición	fi	hi%
Mantenimiento	33	63.46
Rehabilitación	19	36.54
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 38

Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 118 y Figura 38 se puede observar que la clasificación del PCI según Condición calzada derecha el 63.46% es Mantenimiento (representa a 33) mientras que el 36.54% es Rehabilitación (representa a 19).

Tabla 119

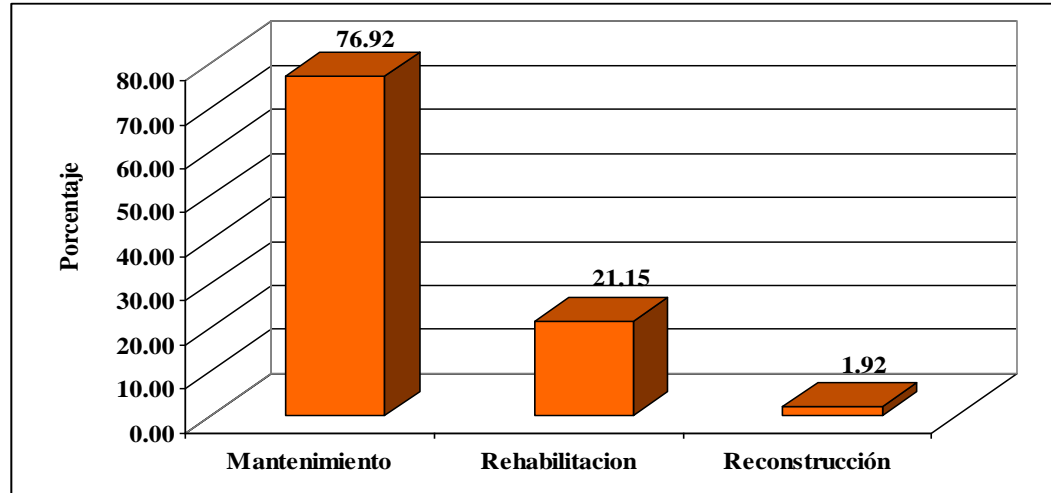
Clasificación del VIZIR según Condición Calzada Derecha

Condición	fi	hi%
Mantenimiento	40	76.92
Rehabilitación	11	21.15
Reconstrucción	01	1.92
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 39

Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición Calzada Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 119 y Figura 39 se puede observar que la clasificación del VIZIR según Condición calzada derecha el 76.92% es Mantenimiento (representa a 40) mientras que el 21.15% es Rehabilitación (representa a 11) y solo el 1.92% es Reconstrucción.

3.4.5.2. Medidas Estadísticas

Datos del PCI de calzada Izquierda

$$\text{Promedio } \bar{X}_1 = \frac{\sum X_i}{n} = 14.72$$

$$\text{Varianza } S_1^2 = \frac{\sum (X_i - X_p)^2}{n-1} = 8.62$$

$$\text{Desviación Estándar } S_1 = \sqrt{S_1^2} = 2.94$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_1}{\bar{X}_1} (100) = 19.97\%$$

El promedio del PCI de calzada izquierda es 14.72 mientras que la variabilidad es de 8.62 adema con una dispersión de datos de 2.94 y los datos son homogéneos.

Datos del VIZIR de Calzada Izquierda

$$\text{Promedio } \bar{X}_2 = \frac{\sum X_i}{n} = 4.56$$

$$\text{Varianza } S_2^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X}_p)^2}{n-1} = 7.45$$

$$\text{Desviación Estándar } S_2 = \sqrt{S_2^2} = 2.73$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_2}{\bar{X}_2} (100) = 59.87\%$$

El promedio del VIZIR de calzada izquierda es 4.56 mientras que la variabilidad es de 7.45 adema con una dispersión de datos de 2.73 y los datos son heterogéneos.

Varianza conjunta:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(52 - 1)8.62 + (52 - 1)7.45}{52 + 52 - 2} = 8.035$$

$$S_2 = \sqrt{S_p^2} = 2.8346$$

Además de una varianza conjunta de 8.035 entre los datos del PCI y VIZIR

3.4.6. Prueba de Hipótesis 06

Hipótesis Nula:

Ho: El pavimento flexible de la calzada izquierda entre el km 11+200 hasta el km 13+100 requiere Mantenimiento como tratamiento necesario.

El promedio de la calzada izquierda entre el PCI y VIZIR son iguales.

$$H_0 : U_1 = U_2$$

Hipótesis Alternativa:

Ha: El pavimento flexible de la calzada izquierda entre el km 11+200 hasta el km 13+100 requiere Mantenimiento como tratamiento necesario.

El promedio de la calzada izquierda entre el PCI y VIZIR son diferentes.

$$H_0 : U_1 \neq U_2$$

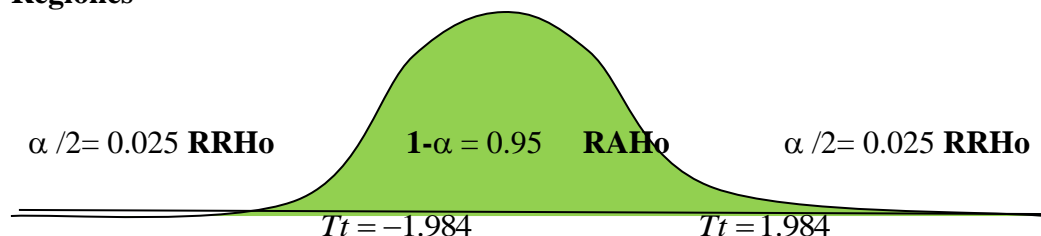
Nivel de significancia

En esta investigación se trabajó con un nivel significación de $\alpha = 0.05$

Estadística de prueba: Prueba T de student

$$T_c = \frac{(X_1 - X_2) - (U_1 - U_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{11.36 - 4.23 - 0}{2.822 \sqrt{\frac{1}{52} + \frac{1}{52}}} = 17.41$$

Regiones



Decisión: El pero el promedio de la calzada izquierda entre el PCI y VIZIR son diferentes, mediante la prueba estadística T de student a un nivel de significancia del 5%. Con un $p=0.000$

Tabla 120

Prueba t para dos Muestras Suponiendo Varianzas Iguales

	<i>PCI</i>	<i>VIZIR</i>
Media	11.3597615	4.230769231
Varianza	4.08498465	4.638778588
Observaciones	52	52
Varianza agrupada	4.36188162	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	102	
Estadístico t	17.4051545	
P(T<=t) una cola	1.3149E-32	
Valor crítico de t (una cola)	1.65992998	
P(T<=t) dos colas	2.6297E-32	
Valor crítico de t (dos colas)	1.9834952	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.4.6.1. Análisis estadístico

Tabla 121

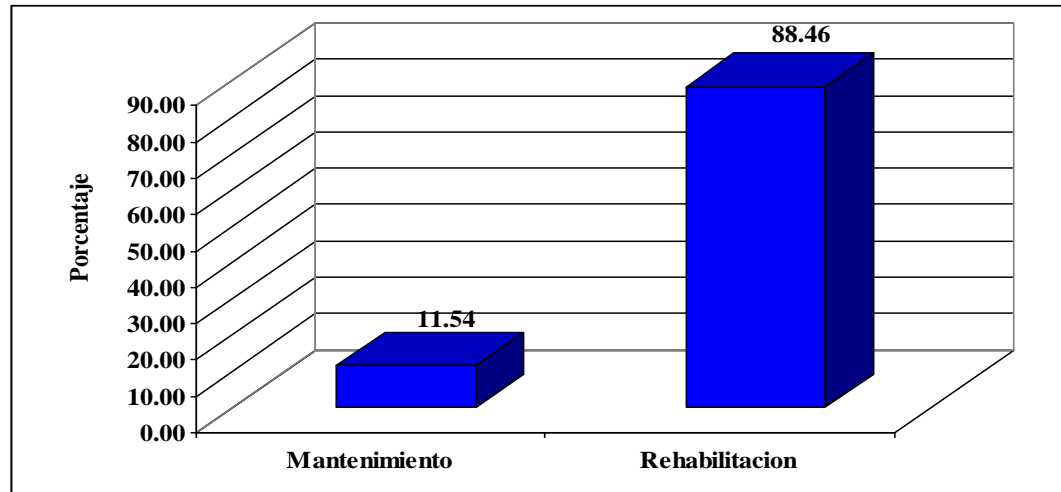
Clasificación del PCI según Condición Calzada Izquierda

Condición	fi	hi%
Mantenimiento	06	11.54
Rehabilitación	46	88.46
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 40

Porcentaje de la Clasificación del PCI según Condición Calzada Izquierda



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 121 y Figura 40 se puede observar que la clasificación del PCI según Condición calzada izquierda el 88.46% es Rehabilitación (representa a 06), el 11.54% es Mantenimiento (representa a 46)

Tabla 122

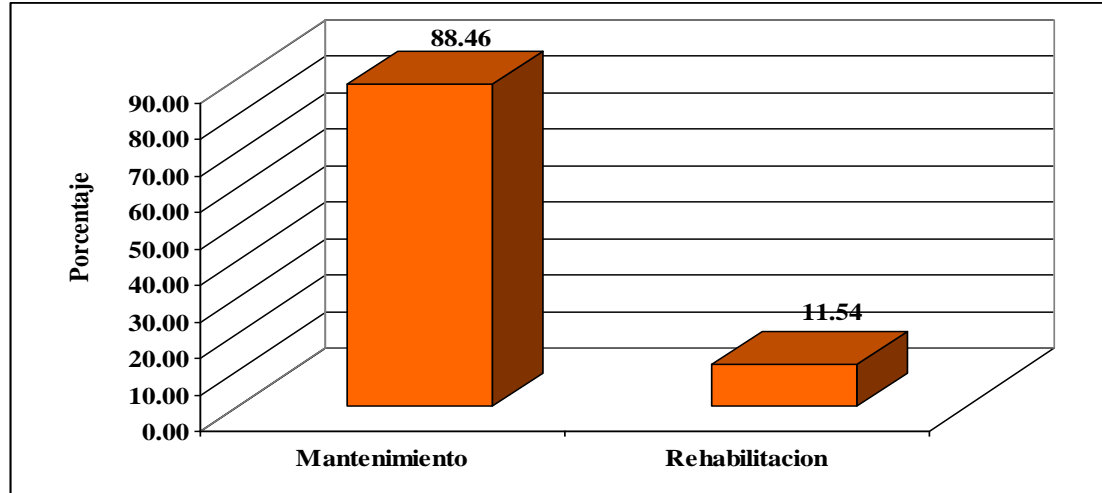
Clasificación del VIZIR según Condición de Calzada Izquierda

Condición	fi	hi%
Mantenimiento	46	88.46
Rehabilitación	06	36.54
Total	52	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 41

Porcentaje de la Clasificación del VIZIR según Condición de Calzada Izquierda



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 122 y Figura 41 se puede observar que la clasificación del VIZIR según Condición izquierda el 88.46% es Mantenimiento (representa a 46) mientras que el 11.54% es Rehabilitación (representa a 06).

3.4.6.2. Medidas Estadísticas

Datos del PCI de Calzada Izquierda

$$\text{Promedio } \bar{X}_1 = \frac{\sum X_i}{n} = 11.36$$

$$\text{Varianza } S_1^2 = \frac{\sum (X_i - X_p)^2}{n-1} = 4.08$$

$$\text{Desviación Estándar } S_1 = \sqrt{S_1^2} = 2.02$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_1}{\bar{X}_1} (100) = 17.78\%$$

El promedio del PCI de calzada izquierda es 11.36 mientras que la variabilidad es de 4.08 adema con una dispersión de datos de 2.02 y los datos son homogéneos.

Datos del VIZIR de Calzada Izquierda

$$\text{Promedio } \bar{X}_2 = \frac{\sum X_i}{n} = 4.23$$

$$\text{Varianza } S_2^2 = \frac{\sum (X_i - X_p)^2}{n-1} = 4.64$$

$$\text{Desviación Estándar } S_2 = \sqrt{S_2^2} = 2.15$$

$$\text{Coeficiente de Variación } CV = \frac{S_2}{\bar{X}_2} (100) = 50.83\%$$

El promedio del VIZIR de calzada izquierda es 4.23 mientras que la variabilidad es de 2.15 adema con una dispersión de datos de 2.15 y los datos son heterogéneos.

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(52 - 1)4.08 + (52 - 1)4.64}{52 + 52 - 2} = 4.36$$

$$S_2 = \sqrt{S_p^2} = 2.822$$

Además de una varianza conjunta de 4.360 entre los datos del PCI y VIZIR

3.4.7. Prueba estadística de comprobación

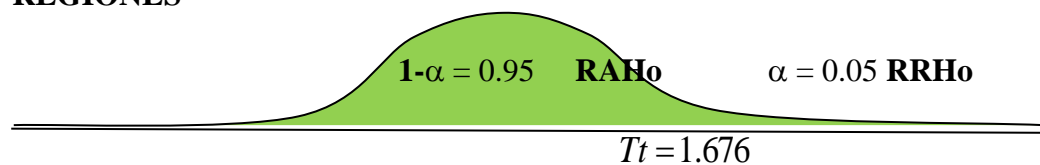
Se realizó esta prueba estadística para determinar cuál de los dos métodos (PCI – VIZIR) es el más apto en la calzada derecha.

Hipótesis Nula: $H_0 : U_1 = U_2$ **Hipótesis Alternativa:** $H_1 : U_1 \neq U_2$

Estadística De Prueba: Prueba T de student

$$T_c = \frac{(X_1 - X_2) - (U_1 - U_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{73.46 - 22.80 - 0}{14.11 \sqrt{\frac{1}{52} + \frac{1}{52}}} = 18.31$$

REGIONES



DECISION: Ho se Rechaza, por lo tanto, el promedio del PCI es mejor que el VIZIR en la parte derecha, mediante la prueba estadística T de student a un nivel de significancia del 5%. Con un p=0.000

Tabla 123

Prueba T De Student Para Comprobar El Mejor Método- Calzada Derecha

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	PCI <i>Variable 1</i>	VIZIR <i>Variable 2</i>
Media	73.46211538	22.8021978
Varianza	186.1513836	212.1190052
Observaciones	52	52
Varianza agrupada	199.1351944	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	102	
Estadístico t	18.30531226	
P(T<=t) una cola	2.64097E-34	
Valor crítico de t (una cola)	1.659929976	
P(T<=t) dos colas	5.28195E-34	
Valor crítico de t (dos colas)	1.983495205	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

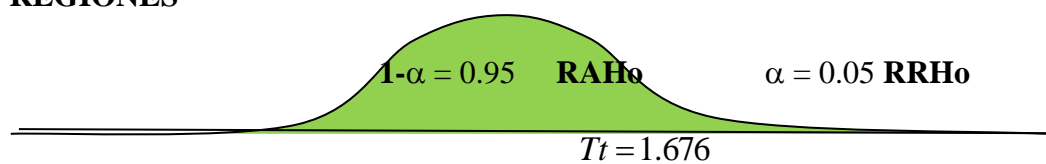
Se realizó esta prueba estadística para determinar cuál de los dos métodos (PCI – VIZIR) es el más apto en la calzada izquierda.

Hipótesis Nula: $H_0 : U_1 = U_2$ **Hipótesis Alternativa:** $H_1 : U_1 \neq U_2$

Estadística De Prueba: Prueba T de student

$$T_c = \frac{(X_1 - X_2) - (U_1 - U_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{56.88 - 21.15 - 0}{10.44 \sqrt{\frac{1}{52} + \frac{1}{52}}} = 17.45$$

REGIONES



DECISION: Ho se Rechaza, por lo tanto, el promedio del PCI es mejor que el VIZIR en la parte izquierda, mediante la prueba estadística T de student a un nivel de significancia del 5%. Con un $p=0.000$

Tabla 124

Prueba T De Student Para Comprobar El Mejor Método- Calzada Izquierda

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales			
	PCI	VIZIR	
	Variable 1	Variable 2	
Media	56.8757308		21.1538462
Varianza	101.946221		115.969465
Observaciones	52		52
Varianza agrupada	108.957843		
Diferencia hipotética de las medias		0	
Grados de libertad		102	
Estadístico t	17.4498537		
P(T<=t) una cola	1.0803E-32		
Valor crítico de t (una cola)	1.65992998		
P(T<=t) dos colas	2.1607E-32		
Valor crítico de t (dos colas)	1.9834952		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

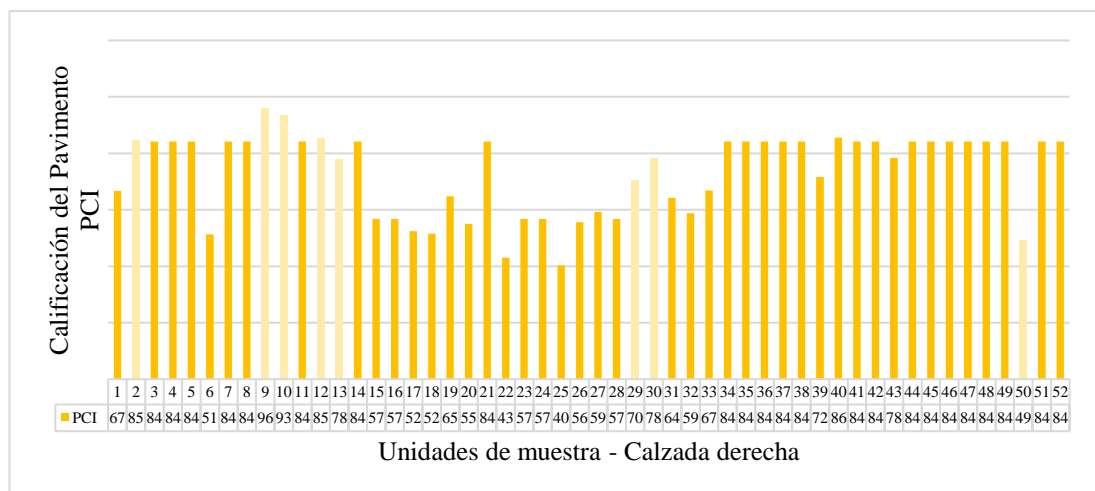
4.1. Discusión

Evaluación de ambas calzadas con la metodología PCI y VIZIR

Después de calcular el Índice de condición del Pavimento (PCI) así como también Inspección Visual y Rutas de Riesgos (VIZIR), y registrándose todas las fallas encontradas a lo largo de toda la calzada se procedió a determinar el valor de ambos métodos. Esto para tener una idea del estado en que se encuentra la carretera huanchaco entre el tramo km 11+200 hasta el km 13+100.

Figura 42

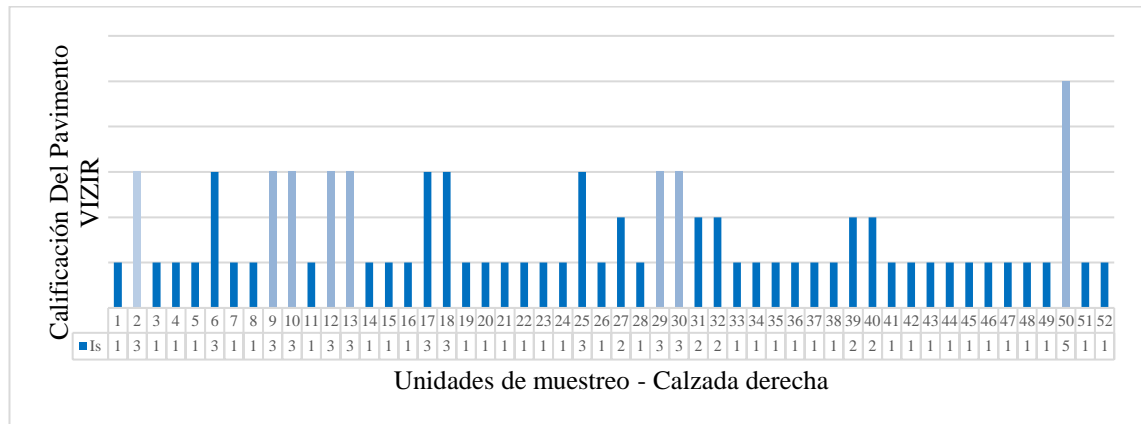
Calificación del Pavimento PCI – Calzada Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 43

Calificación Del Pavimento VIZIR – Calzada Derecha

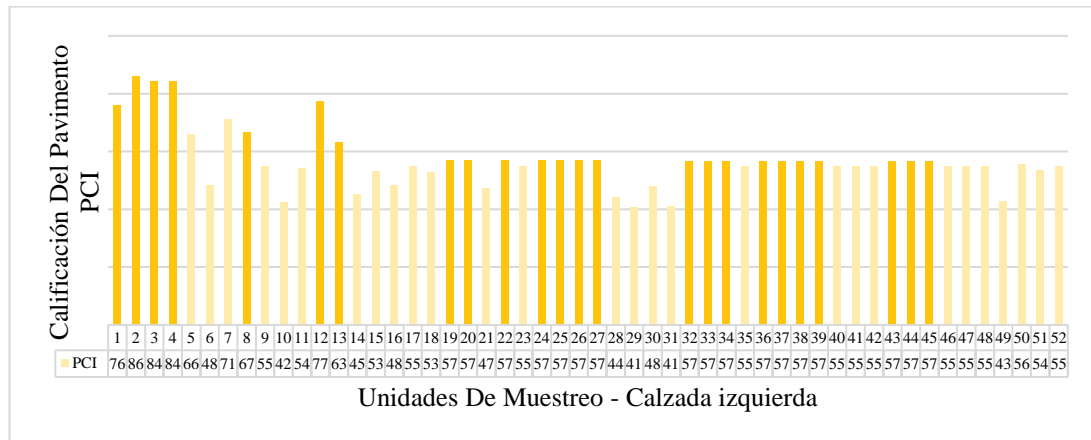


Fuente: Elaboración propia, 2021

Al observar las figuras 42 y 43 de ambos métodos de la calzada derecha encontramos que en algunos tramos no logran resultados similares en los que es la evaluación de la calzada, el más representativo es la muestra UD-9 obteniendo un PCI de 96 queriendo decir que presenta una condición excelente de pavimento muy diferente a lo que indica el método VIZIR que le coloca una calificación Is de 3 indicando que se encuentra en una condición marginal. De manera similar el resultado obtenido por Sierra & Rivas (2016) en su tesis "Analizar, evaluar y comparar la aplicación de las metodologías Vizir, y Pci en un pavimento flexible en el tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (DG 78 bis sur – calle 84 sur) en la Upz Yomasa”, fundamentando que el método Vizir no cuenta con algunos tipos de daños o patologías lo cual genera diferencias al momento que se realiza la comparación entre métodos.

Figura 44

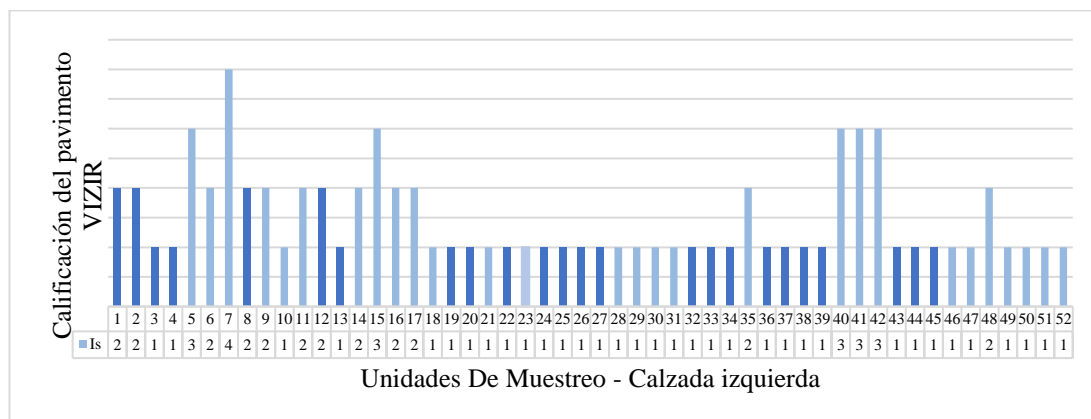
Calificación Del Pavimento PCI – Calzada Izquierda



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 45

Calificación del pavimento VIZIR – Calzada Izquierda



Fuente: Elaboración propia, 2021

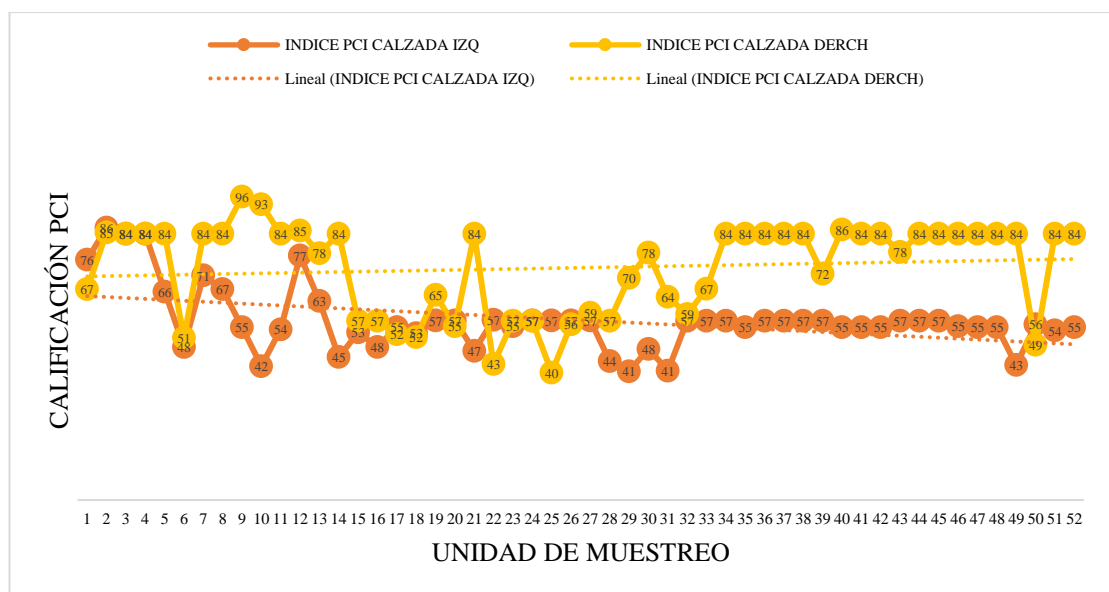
En general, la calzada izquierda en todo el tramo presenta variabilidad de los valores obtenidos del estado que se encuentra el pavimento, la unidad de muestra más resaltante es UI-5, varía entre sus resultados con un PCI de 66 queriendo decir que se encuentra en un estado bueno, contrario a la metodología VIZIR con un Is de 3 indicando que se encuentra en un estado marginal.

Ambos métodos no miden las capacidades estructurales ni brindan información directa sobre la resistencia del pavimento, solo nos brindan una base razonable a través de

indicadores numéricos para determinar la prioridad de mantenimiento y reparación requerida. Con los resultados se muestra que no existe similitud entre ambas metodologías en las unidades de muestra de ambas calzadas mostrado en las figuras 42, 43, 44 y 45. La confiabilidad en la investigación fue del 95%, dando como resultado que la metodología PCI es la más apta en la evaluación superficial de pavimentos, esto por alcanzar resultados más elevados que la metodología VIZIR, del mismo modo, el método VIZIR solo evalúa la degradación del tipo A, lo que limita con la comparación del método PCI, siendo más completa y confiable. Este resultado coincide con Porta R (2016), en su tesis titulada “Evaluación y comparación de metodologías índice de condición de pavimentos (PCI) y visión e inspección de zonas e itinerarios en riesgos (VIZIR) en la Avenida Mariscal Castilla Tramo: Fundo el Porvenir – La Victoria”, considerando al método PCI como el más confiable en la evaluación del pavimento, además de señalar las diferencias en el rango de calificación de los métodos y las diferencias en los estándares.

Figura 46

PCI - Comparativo de Ambos Lados de Vía



Fuente: Elaboración propia, 2021

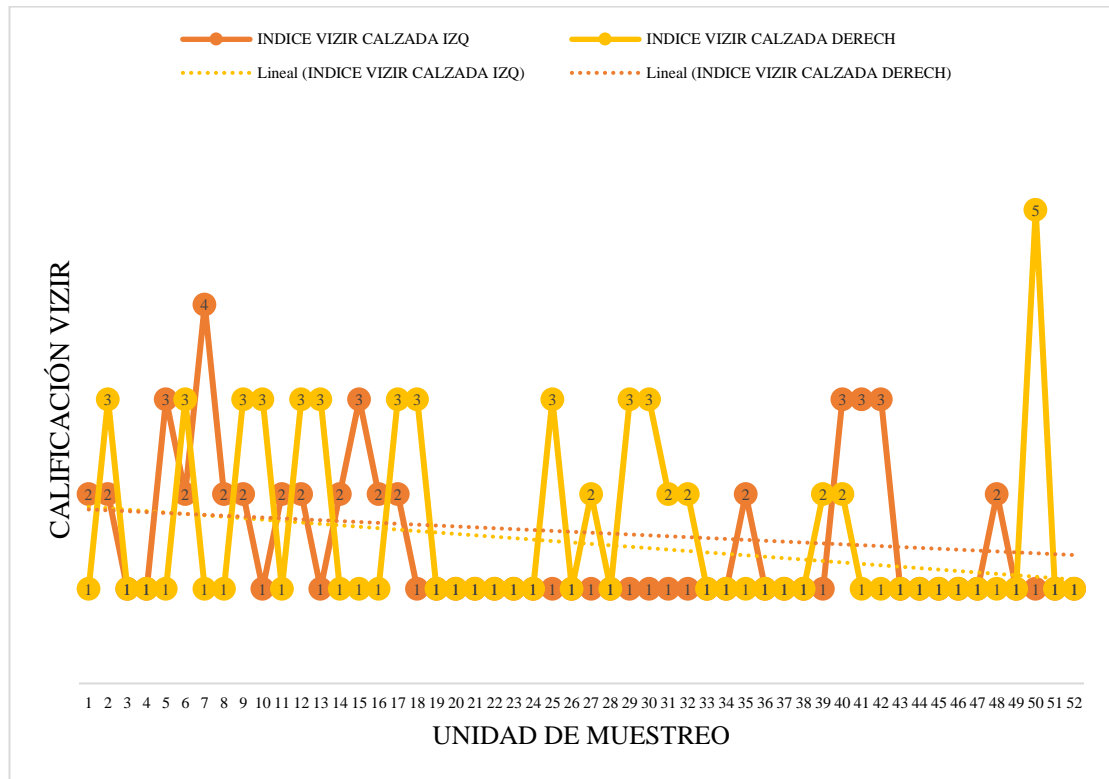
En el figura 46, podemos observar que el índice del PCI de la calzada derecha tiene una variación de manera ascendente en su valor, de forma lineal a la unidad de muestreo, aunque también presenta picos bajos como en las unidades de muestreo N° 6, 15, 17, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 39, 43 y 50, estos datos dan veracidad con lo examinado en campo, consecuentemente dichas muestras mencionadas son las secciones que han sufrido mayor deterioro y conforme va avanzando el estado del pavimento va mejorando. Asimismo la calzada izquierda representada de color anaranjado podemos ver que el valor del índice PCI tiene un cambio a la baja, con una tendencia lineal a la unidad de muestreo examinada, aunque hay valores específicos que han caído por ejemplo las unidades de muestreo N° 5, 10, 14, 16 y 16, 21, 29, 31 y 49; también dando veracidad con lo evaluado en campo, además se puede apreciar que en la mayoría de las muestras se mantiene en calificación de estado “bueno”, en pocas partes (picos altos) se encuentra en condiciones excelentes.

Por otro lado, analizando la comparación de ambos resultados podemos ver que existen algunas unidades de muestreo, donde los valores obtenidos realmente tienen el mismo valor de PCI, como el N ° 3, 4 y 24, y otras unidades que están un poco más alejadas, como el N ° 10, 14, 21, 30 y 49.

Estos valores nos proporcionan una referencia para el nivel de mantenimiento del pavimento a lo largo de las carreteras investigadas. Podemos ver que, aunque es una unidad paralela, existen ciertas diferencias en el estado de conservación de las unidades en las calzadas izquierda y derecha.

Figura 47

VIZIR - Comparativo de Ambos Lados de Vía



Fuente: Elaboración propia, 2021

Según el método VIZIR, al evaluar los pavimentos asfálticos, solo se consideran ciertos tipos de daños (estructurales). Al aplicar este método, podemos observar que el estado de conservación es algo frágil con lo observado en campo, porque el valor dado por 1 o 2 representa una buena calificación. En el análisis se muestran casos contradictorios con los datos obtenidos del método PCI, aún podemos ver que el valor de VIZIR obtenido muestra una tendencia lineal con respecto a la unidad de muestreo, considerando que cuanto mayor sea el valor, peor será la clasificación del índice de condición del pavimento, a diferencia del rango de clasificación PCI, cuanto mayor sea el valor, mejor será el nivel de conservación.

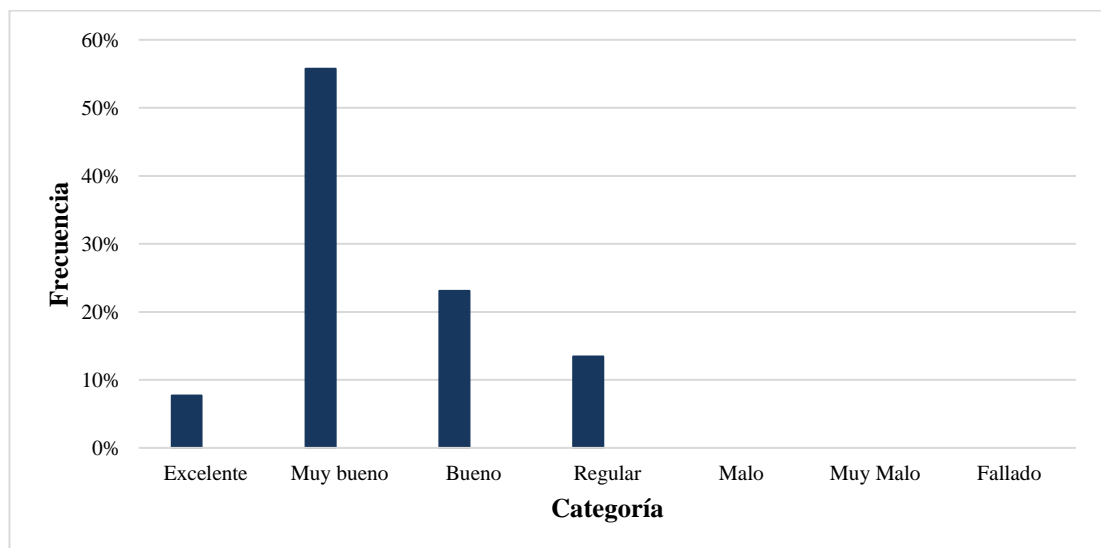
En la figura 47 podemos ver que en la comparación de ambas calzadas existen algunas unidades de muestreo cuyos valores tienen el mismo valor de VIZIR, como el N° 3, 4,

19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 33, 34, 36, 37, 38, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51 y 52 a diferencia de la muestra 7 y 50, cual representa un valor muy distante entre las calzadas derecha e izquierda, donde según Porta (2019) sus resultados fueron similares, obteniendo un PCI en condición Mala en el lado izquierdo mientras que en la derecha se obtiene una condición o estado de pavimento Regular, mientras que con el método VIZIR se obtuvo una condición en estado Bueno tanto en el lado izquierdo como en el derecho, con lo cual se puede afirmar que hay una diferencia evidente entre estos dos métodos de evaluación.

Así mismo para Rodríguez & Villanueva (2019) en su investigación se determinó unidades de muestreo donde los valores obtenidos nos proporcionan una referencia para el nivel de mantenimiento del pavimento, pudiéndose ver que, aunque es una unidad paralela, existen ciertas diferencias en el estado de conservación de las unidades en las calzadas izquierda y derecha.

Figura 48

Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Derecha)



Fuente: Elaboración propia, 2021

En la imagen se puede observar el porcentaje de calificación de la calzada derecha por niveles de gravedad. Se comprobó que la vía evaluada presenta en el pavimento la condición de “MUY BUENO”, con un resultado estadístico de 55.77% el cual se divide en 29 muestras, la condición de estado “BUENO” abarca un 23.08%, con la categoría “REGULAR” obtiene un 13.46%, mientras que el restante con 7.69% se encuentra en estado “EXCELENTE”.

Al predominar el índice de condición MUY BUENO, según el manual PCI (2002), el pavimento brinda condiciones de un buen servicio a los usuarios. Sin embargo, requiere una intervención de mantenimiento por obtener un PCI promedio de 73.

Según las calificaciones, se realizará un "mantenimiento periódico", además de tener en cuenta que las fallas incipientes requieren acción mantenimiento inmediata y/o en el corto plazo, ya que con el pasar del tiempo puede llegar a deteriorarse aún más y entrar en una condición “REGULAR”, trayendo como consecuencia un mayor costo.

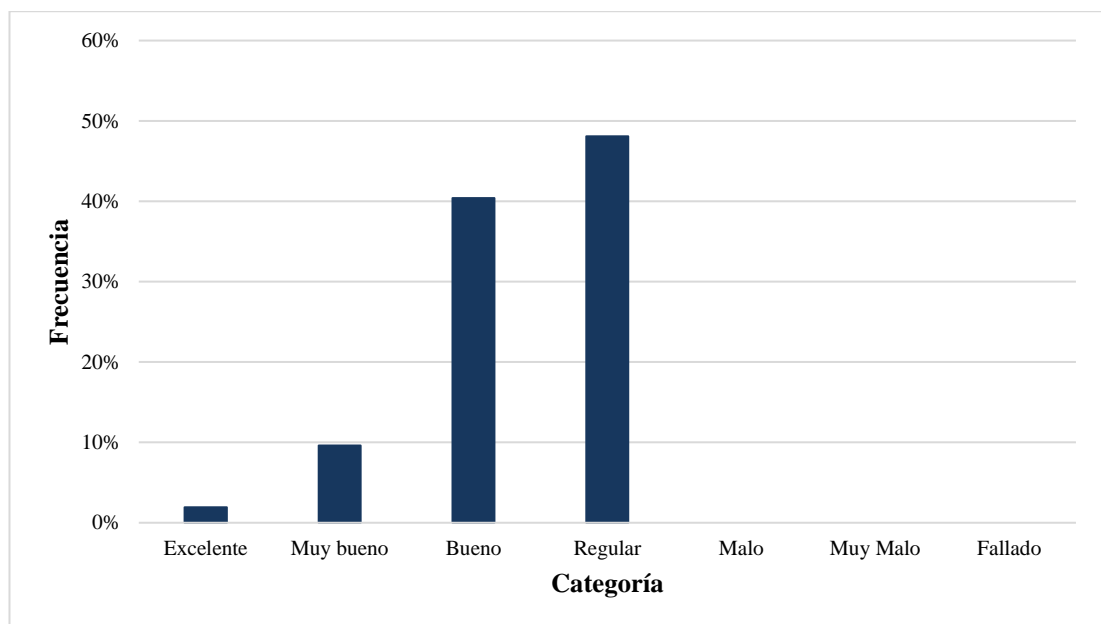
Siguiendo con el análisis se planteó como mantenimiento la aplicación de Slurry Seal. En carreteras con altos volúmenes de tráfico es la alternativa más prevista en los contratos de nivel de servicio. Una de las principales ventajas de la aplicación del Slurry Seal es que su construcción o aplicación no requiere grandes instalaciones (planta, tren de pavimento), ya que un solo equipo dosifica, mezcla, coloca y le da la terminación a la mezcla, permitiendo un mantenimiento tanto preventivo como correctivo alargando su vida útil del pavimento, además de tener un costo bajo.

Pavimentos y Asfaltos (2015), menciona de como mezcla líquida homogénea de agua, emulsión asfáltica, filler mineral y un agregado bien graduado, que bien aplicado, corrige las demandas del pavimento. La variabilidad del Slurry Seal reduce el deterioro de los caminos y el costo de mantenimiento de los caminos de un 50% a un 60% abajo dentro de un periodo de 10 años. Además, el Slurry permite que rápidamente se

extienda y no existiendo asfalto en demasía, teniendo estabilidad, una baja permeabilidad y una alta resistencia a la fricción. Asimismo, la normativa ISSA A105 dice que su aplicación es como una placa homogénea, se adhiere firmemente a la superficie preparada y presentará una textura resistente a los deslizamientos durante su vida útil, caracterizándose por su pronta apertura al tráfico y su durabilidad es entre 3 a 5 años.

Figura 49

Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Izquierda)



Fuente: Elaboración propia, 2021

Al evaluar la calzada izquierda, se obtuvo la categoría “REGULAR”, el cual desglosa 27 muestras con un resultado de frecuencia estadística de 48.08%, la categoría “BUENO” ocupó el 40.38%, seguido de “MUY BUENO” con un 9.62% y el restante fue de 1.92% en estado “EXCELENTE”.

Se logró determinar que la condición que predomina en la calzada es la categoría de regular por conteo en las muestras, pero al realizar el promedio de los índices de condición obtenemos un PCI de 57 indicando un pavimento en estado bueno, según el

Manual MTC (2018), dicha condición ofrece adecuadas condiciones de servicio a los usuarios. No obstante, requiere intervención inmediata, ya que puede ingresar en un estado de condición mala por el valor numérico obtenido en el análisis del PCI estando muy cerca del rango mínimo.

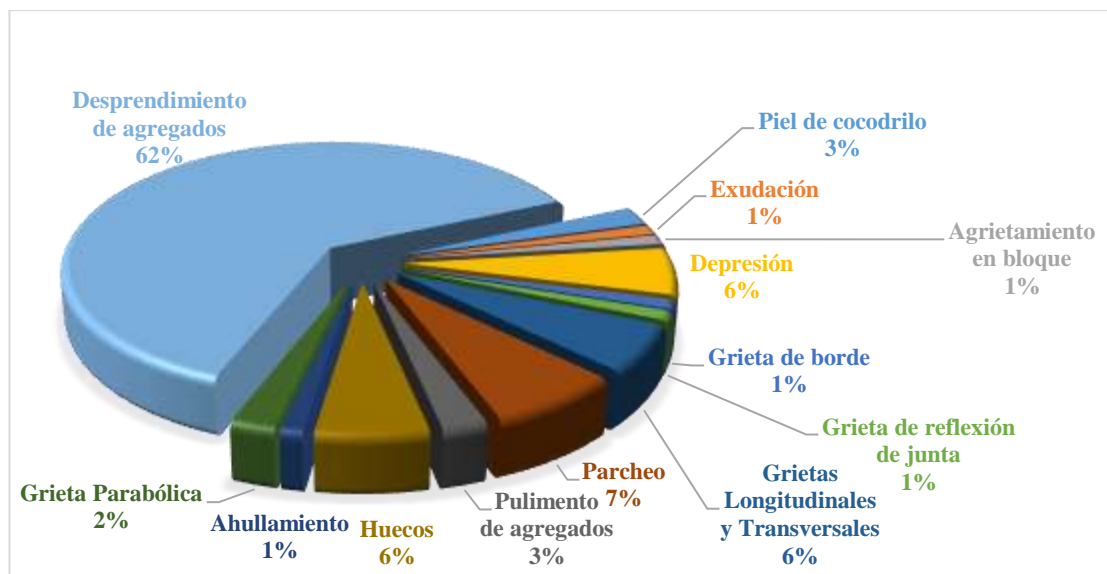
De los resultados obtenidos se realizará un mantenimiento periódico que da como alternativa de solución el Slurry Seal al igual que la calzada derecha, que busca determinar la viabilidad técnica y económica, siendo esta técnica es muy rentable y beneficiosa para proyectos que se desarrollen por niveles de servicio, al innovar con esta tecnología se obtienen ahorros significativos, como también ventajas ambientales y energéticas basadas en el criterio de sostenibilidad.

En toda la calzada derecha, se registraron 13 unidades de muestra de acuerdo con el método PCI.

Siguiendo con el análisis, se mostrará de manera agregada un gráfico que contiene información sobre los tipos de fallas identificadas en la calzada derecha.

Figura 50

Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Derecha)



Fuente: Elaboración propia, 2021

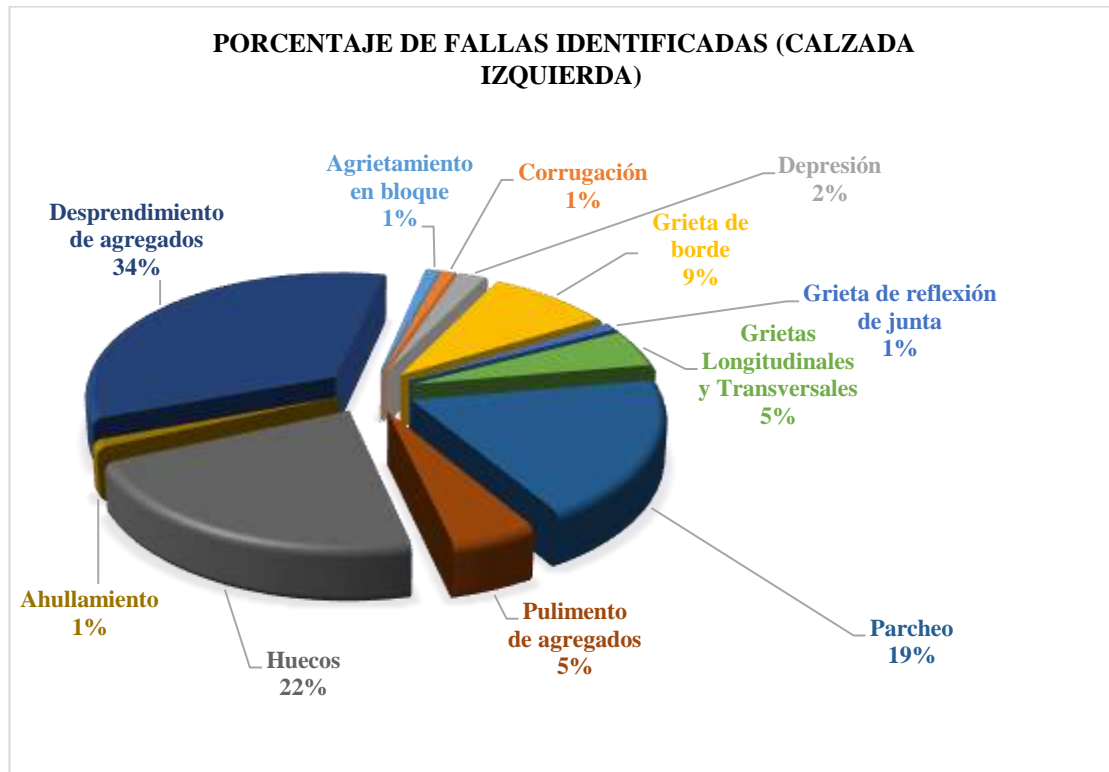
La Figura 50 muestra los tipos de daños representativos en el tramo de ensayo, el daño con mayor porcentaje es:

Desprendimiento de agregado (62%) uno de los factores de origen se da por la pobre compactación que se realizó durante la construcción. Otras fallas también se muestran, pero con un menor daño como es Parcheo (7%), Grietas longitudinales (6%), Huecos (12%), Depresión (6%), Pulimento de agregados (3%), Grieta parabólica (2%), Exudación (1%), agrietamiento en bloque (1%), grieta de borde (1%), grieta de reflexión de junta (1%) y ahuellamiento (1%), de acuerdo a Rodríguez & Villanueva (2019) en su investigación realizada en la ciudad de Trujillo, en el tramo de la Prolongación César Vallejo obtuvo como mayor porcentaje de incidencia a la falla Desprendimiento de agregado con un 27.1%, siguiendo con un 10% la falla Piel de cocodrilo, lo cual indica una mejor percepción de entender sobre el estado de condición de pavimento en nuestra ciudad.

En el área estimada de 11,970 m², se registraron 11 unidades de muestra de acuerdo con el método PCI, dichas muestras presentan daños representativos. A continuación, se muestra la figura que contienen información de manera resumida sobre los tipos de fallas que se identificaron en la calzada izquierda.

Figura 51

Porcentaje de Fallas Identificadas (Calzada Izquierda)



Fuente: Elaboración propia, 2021

La figura 49 muestra los tipos de daño representados en el tramo estudiado. El daño con mayor porcentaje es:

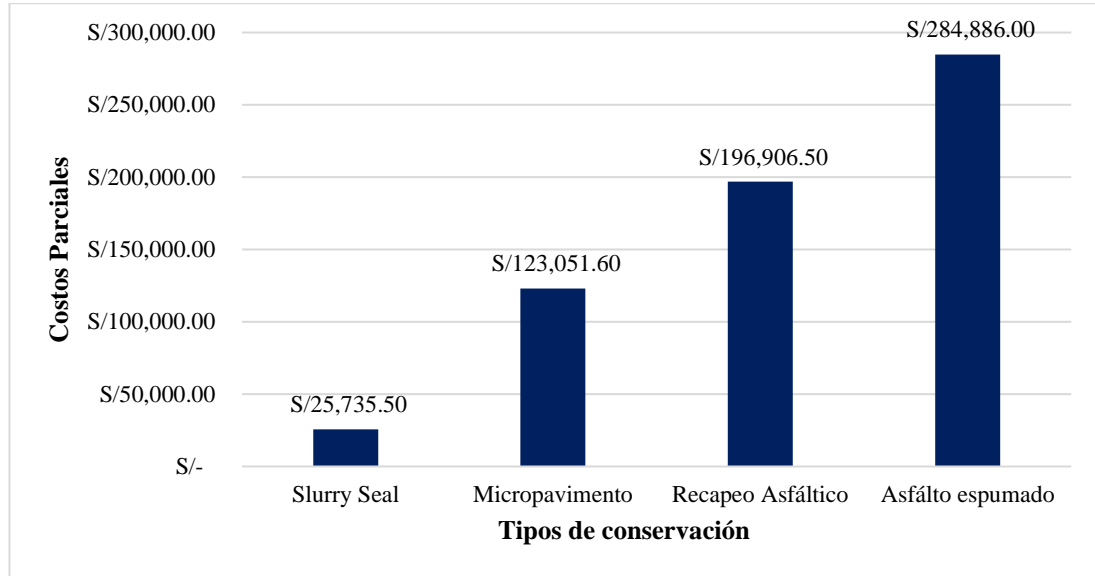
Desprendimiento de agregado (34%) el origen de la falla está en la mezcla de calidad pobre, sufriendo la pérdida del ligante, Huecos (22%) esto ocurre por espesores insuficientes, retención de agua en zonas hundidas y capas inestables, Parcheo (19%) se da por la deficiencia de drenajes produciendo retención de agua como también la deficiencia en el proceso constructivo, Grieta de borde (9%) esto se debe al deterioro de los bordes de la capeta asfáltica, como también a las condiciones climáticas muchas veces el daño es acelerado por las cargas de tránsito originando debilitamiento. También se presentan otras patologías, pero con un menor porcentaje como Pulimiento de agregados (5%), Grietas longitudinales y transversales (5%), Depresión (2%),

agrietamiento en bloque (1%), corrugación (1%), grieta de reflexión de junta (1%) y ahuellamiento (1%).

Con los porcentajes obtenidos en ambas calzadas se puede determinar que la falla de desprendimiento de agregados es la que más afecta en mayor cantidad tanto en la calzada derecha como izquierda. El Manual de carreteras o Conservación Vial indica que este tipo de daño se origina por un defecto de construcción, mala calidad de productos utilizados o por la acción del tráfico, teniendo en cuenta que la carretera a Huanchaco es una de las vías más transitadas por el hecho ser lugar turístico. Por otro lado, el origen de esta falla también está relacionado al endurecimiento significativo del asfalto, la falta de adherencia entre agregado y asfalto, así como también el uso de agregados contaminados, agentes agresivos (solventes, agua, entre otros). Asimismo, la deficiente dosificación de asfalto en la mezcla, la falta de control de calidad en el proceso de fabricación y fenómenos climatológicos, podrían ser factores principales que afectan el desempeño carretero. Se optó por profundizar más en las causas, de las ya descritas en las bases teóricas debido a la gran cantidad de metros cuadrados afectados por esta patología en el área de estudio.

Figura 52

Costos por Calzada Según su Tipo de Conservación



Fuente: Elaboración propia, 2021

Se muestra los precios obtenidos entre un mantenimiento con Slurry Seal, Micropavimento, Recapeo Asfáltico y Asfalto espumado teniendo en cuenta los costos de mantenimiento y la tecnología utilizada.

Después de calcular los precios unitarios de cada propuesta de conservación, se analizaron los 4 métodos propuestos para ambas calzadas. Examinando las ventajas y desventajas que presentan cada uno de estos tipos dando la información necesaria de cuál será el más rentable según costos.

Según la figura 52 de Costo por Calzada según su tipo de Conservación nos muestra que dar un mantenimiento con Slurry Seal es mucho más barato, así como también basándonos en las ventajas que esta ofrece, obteniendo beneficio/costo, la cual permite prevenir y corregir el estado del pavimento, recuperando su fricción superficial, por lo que mejorara la seguridad de la vía Huanchaco.

Si hablamos en términos generales la colocación de Slurry seal es más económico que los 4 mantenimientos propuestos, debido a su avance y tiempo de colocación.

En los últimos 10 años, se viene realizando mantenimientos convencionales a las vías y carreteras del país, las cuales se realizan cuando el pavimento está muy desgastado y maltratado, esto genera que se incremente los gastos de conservación, lo cual no ocurriría si es que desde un inicio se le diera una protección temprana al pavimento, para evitar concurrentes mantenimientos y tener un pavimento cuidado y duradero.

4.2 Limitaciones

- Respecto a la inspección realizada existe una limitación en los horarios que se pueden tomar datos de campo de las patologías para evitar accidentes debido al alto tránsito de vehículos.
- Debido a la pandemia (COVID 19) la recolección de datos en campo no se pudo realizar de manera constante por las limitaciones del toque de queda, así como también la cuarenta en algunas provincias, lo cual era un impedimento para el traslado a la ubicación de estudio.
- No se pudo realizar una comparación al 100% entre ambos métodos, ya que el índice de deterioro VIZIR solo evalúa las fallas del Tipo A (Daños estructurales), dejando de lado las fallas del Tipo B (Fallas funcionales), en cambio la metodología PCI evalúa sus 19 fallas presentadas en su manual.

4.3 Conclusiones

- Se evaluó el estado superficial del pavimento flexible de la calzada derecha mediante el método de Índice de condición de pavimento (PCI) e Inspección visual y rutas de riesgos (VIZIR), obteniendo:

Para el PCI Un valor promedio de 73 con una condición de pavimento Muy Buena, siendo un total de 29/52 muestras con un porcentaje del 56%.

Para el VIZIR un valor promedio del índice superficial (Is) de 2 con una condición de pavimento Bueno siendo un total de 40/52 muestras con un porcentaje de 77%.

Además, se procedió a clasificar los parámetros de evaluación para ambos métodos, estos parámetros se basaron en 3 tipos categorías de tratamiento: Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción.

Para la calificación del PCI según la condición de la Calzada Derecha es Mantenimiento con un 63.46%, mientras que Rehabilitación un 36.54% y 0% de Reconstrucción.

Mientras que en la calificación del VIZIR según la condición de la Calzada Derecha es Mantenimiento con un 76.92%, mientras que Rehabilitación en un 21.15% y solo el 1.92% es Reconstrucción.

- Se evaluó el estado superficial del pavimento flexible de la calzada izquierda mediante el método de Índice de condición de pavimento (PCI) e Inspección visual y rutas de riesgos (VIZIR), obteniendo:

Para el PCI un valor del índice de 57 con una condición de pavimento Bueno, siendo un total de 21/52 muestras con un porcentaje del 40%.

Para el VIZIR un valor promedio del índice superficial (Is) de 1 con una condición de pavimento Buena siendo un total de 46/52 muestras con un porcentaje del 88%.

Asimismo, se procedió a clasificar los parámetros de evaluación para ambos métodos:

Para la calificación del PCI según la condición de la Calzada Izquierda es Mantenimiento con un 11.54%, mientras que Rehabilitación con un 88.46% y 0% de Reconstrucción.

Mientras que en Para la calificación del VIZIR según la condición de la Calzada Izquierda es Mantenimiento con un 88.46%, mientras que Rehabilitación con un 11.54% y 0% de Reconstrucción.

- Se identificó las fallas y/o deterioros más influyentes del pavimento flexible en la calzada derecha.

Por el método PCI fue la falla Desprendimiento de Agregados con un porcentaje del 62% de presencia en el total. Mientras que por el método VIZIR fue Pérdida de la película de ligante con un porcentaje del 35% de presencia en el total.

- Se identificó las fallas y/o deterioros más influyentes del pavimento flexible en la calzada izquierda.

Por el método PCI fue la falla Desprendimiento de Agregados con un porcentaje del 34% de presencia en el total. Mientras que por el método VIZIR fue Pérdida de la película de ligante con un porcentaje del 33% de presencia en el total.

- Se determinó la relación existente entre los métodos PCI y VIZIR, verificando su grado de confiabilidad al 95%, obteniendo como resultado que el método más eficaz que fue el PCI, ya que el VIZIR sobrepasó el margen de error, así mismo, se llegó a observar en la presentación de resultados que existen diferencias considerables en la calificación, como también en la evaluación, es por ello que se planteó la alternativa para el mantenimiento, rehabilitación y conservación del pavimento flexible de

ambas calzadas en base a la metodología PCI, la cual fue: La realización del proceso de Slurry Seal para ambas calzadas con la finalidad de ampliar su vida útil.

- Se determinó el costo del tratamiento del pavimento evaluado, teniendo un costo de s/. 51,471.00 para ambas calzadas, monto que debe ser gestionado por la Municipalidad Distrital de Huanchaco.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar métodos de evaluación superficial para el monitoreo continuo, de modo que la necesidad de rehabilitación o mantenimiento de la carretera se pueda prevenir y determinar con anticipación.
- Para la evaluación se recomienda tomar en cuenta todas las unidades de muestras y no de forma aleatoria, ya que de esta manera los resultados obtenidos tienen una mayor confiabilidad.
- Al determinar el estado de deterioro, es necesario inspeccionar todas las muestras tanto como sea posible, y utilizar el método más adecuado para este trabajo basado en la inspección general.
- Para evitar que la gravedad de la falla aumente y empeore en el corto plazo, se recomienda que las autoridades responsables del mantenimiento de las carreteras locales intervengan de inmediato.
- Se recomienda verificar las siguientes actividades antes de usar asfalto espumado, tales como: conexión de cadena de reciclaje, tubería de tira, condiciones ambientales y temperatura, dosificación del cemento asfáltico, dosificación de agua de espuma y compactación, dosificación de cemento Portland, banda de tamaño de grano, contenido fino.

REFERENCIAS

- Correa, M., y Del Carpio, L. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional - Pirhua.
- De Silminihac, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (s.f). *Gestión de Infraestructura vial*. Ediciones.https://books.google.com.pe/books?id=kW6DDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Esteban, W. (2016). *COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI CON FINES DE INTERVENCIÓN EN LA CARRETERA PE-18ATRAMO KM 15+000 – KM 25+306* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional "Hermilio Valdizan" Huanuco]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1283>
- Hernández Sampieri, R., & Fernández Collao, C. (2016). Libro Metodología de la investigación SAMPIERI. *Libro Metodología de la investigación*. SAMPIERI.: McGraw Hill education.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (6.a ed., Vol. 1). Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Leguía, P., & Pacheco, H, (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)*. [tesis de pregrado, Universidad de San Martín De Porres]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/2311>
- Leguízimo, M. (2008). Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras. <https://cutt.ly/RgfCmfM>.

Marrugo, C. E. (2014). *Evaluación de la metodología vizir como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles* [Tesis de Licenciatura, Universidad Militar Nueva Granada].
<http://hdl.handle.net/10654/12067>.

Medina, A., & De la Cruz, M, (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI*. [tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional.
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina_PA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de transporte y comunicaciones (2014). *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: MTC. www.mtc.gob.pe.

Ministerio de transporte y comunicaciones (2015). *Manual de Inventarios Viales*. Lima: MTC.

Ministerio de transporte y comunicaciones (2015). *Especificaciones Técnicas Generales para construcción*. Lima: MTC.
http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Inventario Viales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones*.
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/p_recientes/5277.pdf

Ministerio de transporte y comunicaciones (2018). *Glosario de términos*. Lima: MTC.

Ministerio de transporte y comunicaciones (2018). *Manual de carreteras Mantenimiento o conservación vial*. Lima: MTC.

[http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMA S/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf](http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMA%20S/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf).

- Morales, M. (2019). *Comparación de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca* [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional - Universidad Peruana Unión.
- Patarroyo, H. (2019). *Evaluación de patologías método VIZIR en pavimentos flexibles y posibles técnicas de rehabilitación del tramo comprendido entre el KM 8+500 hasta el KM 9+000 de la vía IBAGUÉ– ROVIRA* [Tesis de Licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional - Universidad Cooperativa de Colombia.
- Robles, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima* [Tesis de Licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional - Universidad Ricardo Palma.
- Rodriguez, B., & Tacza, E, (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado* [tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional. repositorioacademico.upc.edu.pe
- Rodriguez Granado, A.H (2019). *“Evaluación de pavimentos flexibles por el método PAVER en la avenida J. Leopoldo carrera calvo del Canton La Libertad”*. [tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5036>.

Sánchez, F. (2016). *Mantenimiento rutinario de vías pavimentadas*. Colombia.

Sistema Nacional de Inversión Pública (2015). “*Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras*”: Lima: Servicios Gráficos JMD s.r.l.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf.

Sierra, C., & Rivas, A, (2016) *Aplicación Y Comparación De Las Diferentes Metodologías De Diagnostico Para La Conservación Y Mantenimiento Del Tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 De La Vía Al Llano (Dg 78 Bis Sur – Calle 84 Sur) En La Upz Yomasa*. [tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional.
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13987/4/TRABAJO%20DE%20GRADO%20VIZIR%20Y%20PCI%202016%20.pdf>

Tacza, E., & Rodriguez, B. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible* [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico - Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.

Vásquez, R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI)*. *Ingepav*.
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Vera Pérrigo, D.A (2018). *Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (KM 1+000 A 2+000)*. [tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/12088>.

- Esteban, W. (2016). *Comparación De Las Metodologías Vizir Y Pci Con Fines De Intervención En La Carretera Pe-18atramo KM 15+000 – KM 25+306 [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional "Hermilio Valdizan" Huanuco]*. Obtenido de <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1283>
- Medina, A., & De La Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Inventario Viales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/p_recientes/5277.pdf
- Patarroyo, H. (2019). *Evaluación de patologías método VIZIR en pavimentos flexibles y posibles técnicas de rehabilitación del tramo comprendido entre el KM 8+500 hasta el KM 9+000 de la vía IBAGUÉ– ROVIRA [Tesis de Licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia]*.
- Robles, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima [Tesis de Licenciatura, Universidad Ricardo Palma]*.
- Vásquez, R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI). Ingepav*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>
- Yampara, L. (2019). *Comparación de los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento flexible de la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Unión]*.
- Yesquen, A. (2016). *Gestión Y Conservación De Pavimentos Flexibles, Atraves Del Índice De Desempeño "Pci" En El Entorno Del Distrito De Surquillo-Lima [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Piura]*.

Zambrano, W. (2016). *Diseño estructural de pavimentos*. Ecuador: UTMACH.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Tablas y ábacos del Método PCI

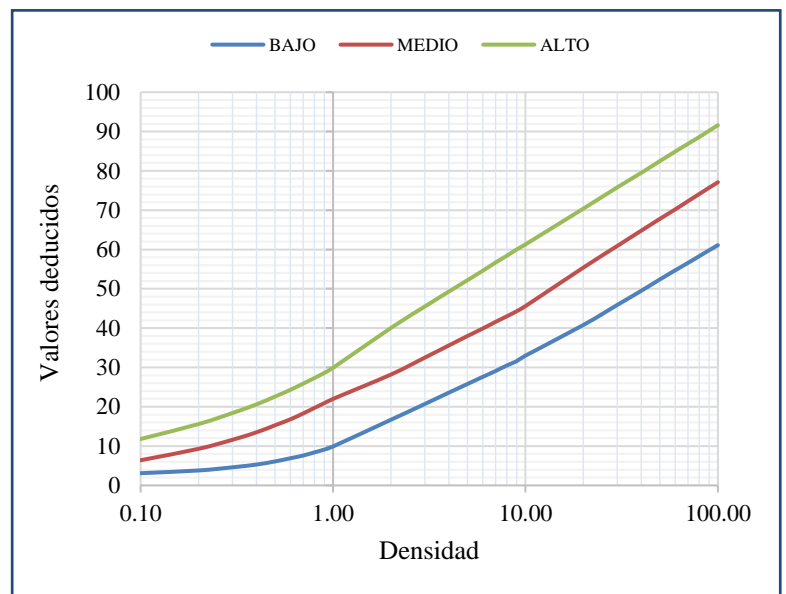
Tabla 125

Valores Deducidos - Piel de cocodrilo

Piel De Cocodrilo			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

Figura 53

Curva de Valores Deducidos – Piel de cocodrilo



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

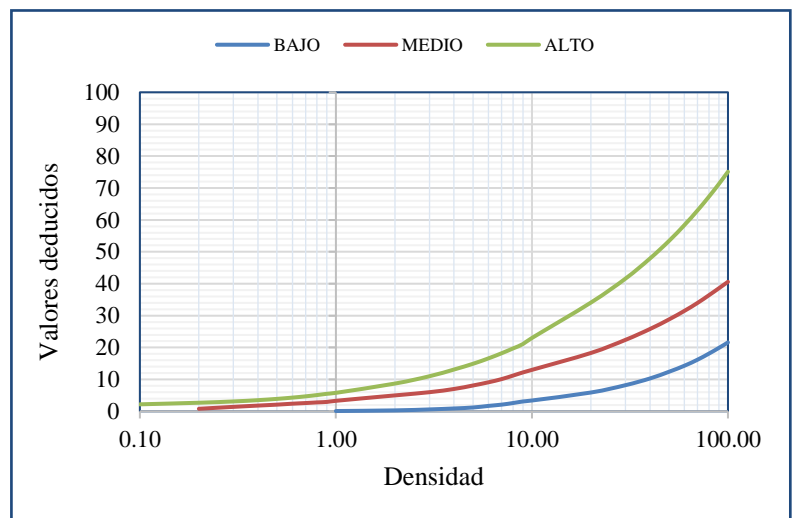
Figura 54

Valores Deducidos - Exudación

Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			2.20
0.20		0.80	2.70
0.30		1.40	3.10
0.40		1.80	3.50
0.50		2.10	3.90
0.60		2.40	4.30
0.70		2.60	4.70
0.80		2.80	5.10
0.90		2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10
30.00	8.20	22.40	41.60
40.00	10.30	25.80	47.90
50.00	12.40	28.80	53.40
60.00	14.30	31.50	58.40
70.00	16.20	34.00	63.00
80.00	18.10	36.40	67.30
90.00	19.90	38.60	71.30
100.00	21.60	40.60	75.10

Figura 55

Curva de Valores Deducidos – Exudación



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

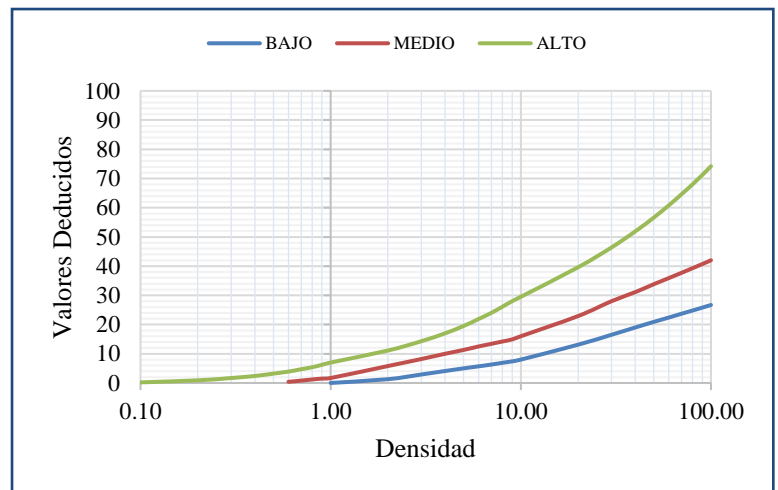
Tabla 126

Valores Deducidos - Agrietamiento en bloque

Agrietamiento En Bloque			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			0.2
0.20			0.9
0.30			1.7
0.40			2.4
0.50			3.2
0.60		0.4	3.9
0.70		0.8	4.7
0.80		1.2	5.4
0.90		1.5	6.2
1.00	0	1.7	7
2.00	1.3	5.8	11.1
3.00	2.9	8.2	14.3
4.00	4.1	10	17
5.00	5	11.3	19.5
6.00	5.7	12.5	21.9
7.00	6.3	13.4	24
8.00	6.9	14.2	26.1
9.00	7.4	14.9	28
10.00	8	16	29.5
20.00	13.1	22.9	39.6
30.00	16.5	28	46.4
40.00	19	31.1	51.9
50.00	20.9	33.8	56.6
60.00	22.4	35.9	60.8
70.00	23.7	37.7	64.6
80.00	24.8	39.3	68
90.00	25.8	40.7	71.2
100.00	26.7	42	74.2

Figura 56

Curva de Valores Deducidos – Agrietamiento en Bloque



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

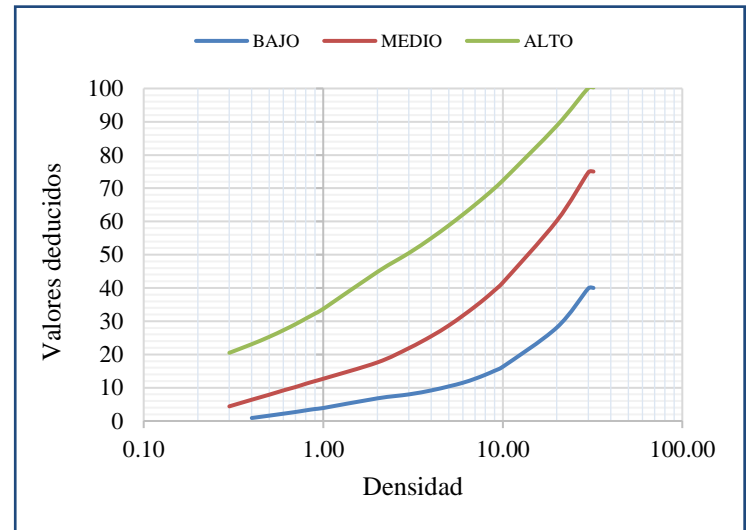
Tabla 127

Valores deducidos - Abultamiento Y Hundimientos

Abultamiento Y Hundimientos			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30		4.4	20.5
0.40	0.9	6.4	23.1
0.50	1.6	7.9	25.3
0.60	2.2	9.2	27.3
0.70	2.7	10.2	29.1
0.80	3.2	11.2	30.8
0.90	3.6	12	32.3
1.00	3.9	12.7	33.7
2.00	6.8	17.6	44.8
3.00	8	21.9	50.5
4.00	9.2	25.5	55
5.00	10.4	28.7	58.8
6.00	11.5	31.7	62.1
7.00	12.7	34.4	65
8.00	13.9	36.9	67.6
9.00	15.1	39.3	70
10.00	16.3	41.6	72.3
20.00	28.1	60.2	88.8
30.00	39.9	74.8	100.2
32.00	40	75	100.3
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Figura 57

Curva de Valores Deducidos – Abultamientos y Hundimientos



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

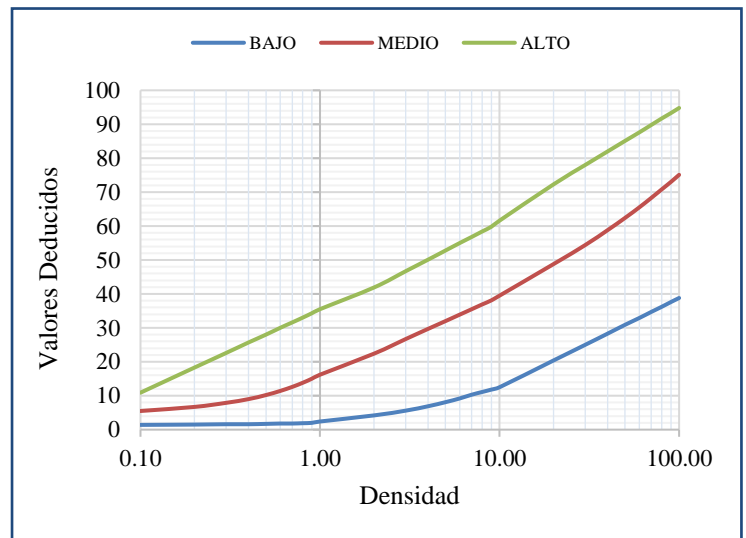
Tabla 128

Valores deducidos – Corrugación

Corrugación			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.40	5.50	10.90
0.20	1.50	6.70	18.30
0.30	1.60	7.90	22.60
0.40	1.60	9.00	25.70
0.50	1.70	10.20	28.00
0.60	1.80	11.40	30.00
0.70	1.80	12.60	31.60
0.80	1.90	13.80	33.00
0.90	2.00	15.00	34.30
1.00	2.40	16.20	35.50
2.00	4.20	22.40	41.90
3.00	5.60	26.70	46.70
4.00	6.90	29.70	50.10
5.00	8.10	32.00	52.80
6.00	9.20	33.90	55.00
7.00	10.30	35.50	56.80
8.00	11.10	36.90	58.40
9.00	11.80	38.10	59.80
10.00	12.50	39.50	61.60
20.00	20.40	48.80	72.30
30.00	25.00	54.40	78.00
40.00	28.30	58.80	82.00
50.00	30.90	62.40	85.10
60.00	32.90	65.50	87.60
70.00	34.70	68.30	89.80
80.00	36.20	70.80	91.70
90.00	37.60	73.00	93.30
100.00	38.80	75.10	94.80

Figura 58

Curva de Valores Deducidos – Corrugación



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

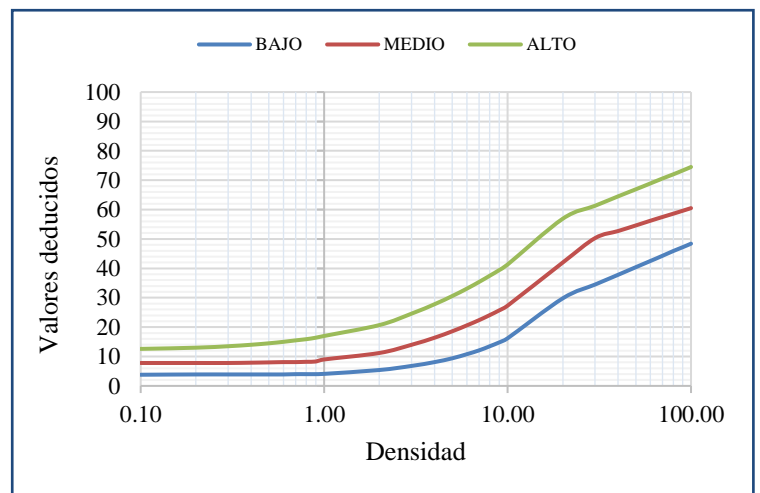
Tabla 129

Valores deducidos – Depresión

Depresión			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.8	7.8	12.6
0.20	3.9	7.8	13
0.30	3.9	7.8	13.5
0.40	3.9	7.9	14
0.50	3.9	8	14.5
0.60	3.9	8.1	15
0.70	4.0	8.1	15.5
0.80	4.0	8.2	15.9
0.90	4.0	8.3	16.4
1.00	4.1	9.0	17.0
2.00	5.4	11.2	20.7
3.00	6.8	14	24.6
4.00	8.1	16.4	27.8
5.00	9.4	18.6	30.6
6.00	10.8	20.6	33.1
7.00	12.1	22.4	35.4
8.00	13.5	24.1	37.5
9.00	14.8	25.7	39.4
10.00	16.2	27.3	41.3
20.00	29.8	42.0	56.9
30.00	34.5	50.3	61.3
40.00	37.8	52.7	64.5
50.00	40.4	54.6	66.9
60.00	42.5	56.2	68.9
70.00	44.3	57.5	70.6
80.00	45.9	58.6	72.0
90.00	47.2	59.6	73.3
100.00	48.4	60.5	74.5

Figura 59

Curva de Valores Deducidos – Depresión



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

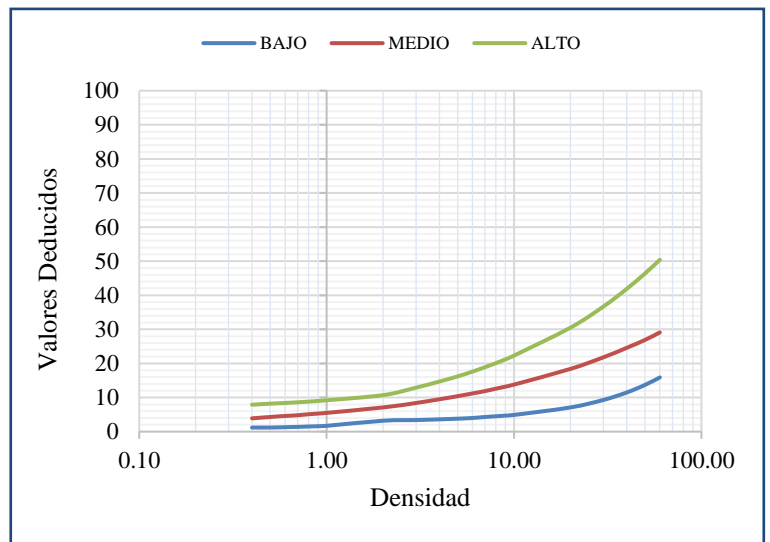
Tabla 130

Valores deducidos – Grieta de borde

Grieta De Borde			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40	1.20	3.90	7.90
0.50	1.20	4.30	8.20
0.60	1.30	4.60	8.40
0.70	1.40	4.80	8.60
0.80	1.50	5.10	8.80
0.90	1.60	5.30	9.00
1.00	1.70	5.50	9.20
2.00	3.20	7.10	10.70
3.00	3.40	8.40	12.90
4.00	3.60	9.50	14.70
5.00	3.80	10.40	16.20
6.00	4.00	11.20	17.60
7.00	4.30	11.90	18.90
8.00	4.50	12.60	20.10
9.00	4.70	13.20	21.20
10.00	4.90	13.80	22.30
20.00	7.10	18.40	30.50
30.00	9.30	21.80	36.70
40.00	11.50	24.60	41.90
50.00	13.70	26.90	46.40
60.00	15.90	29.10	50.40
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Figura 60

Curva de Valores Deducidos – Grieta de borde



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

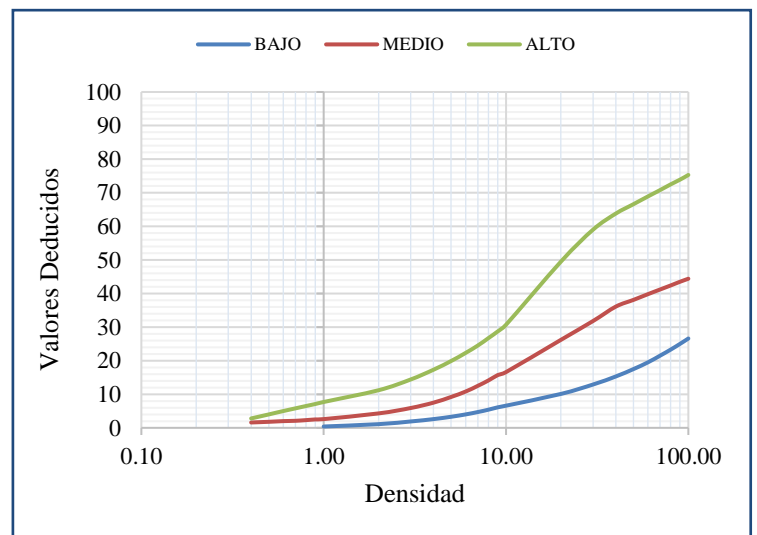
Tabla 131

Valores deducidos – Grieta de reflexión de junta

Grieta De Reflexión De Junta			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40		1.60	2.80
0.50		1.80	4.00
0.60		2.00	5.00
0.70		2.10	5.80
0.80		2.30	6.50
0.90		2.50	7.10
1.00	0.40	2.60	7.70
2.00	1.10	4.30	11.20
3.00	1.90	5.90	14.40
4.00	2.60	7.50	17.30
5.00	3.30	9.20	19.90
6.00	4.00	10.80	22.30
7.00	4.70	12.50	24.50
8.00	5.40	14.10	26.70
9.00	6.10	15.70	28.70
10.00	6.60	16.60	30.70
20.00	10.10	26.20	49.50
30.00	12.90	31.80	59.00
40.00	15.30	36.10	63.80
50.00	17.50	38.10	66.60
60.00	19.50	39.80	68.90
70.00	21.50	41.20	70.80
80.00	23.30	42.40	72.50
90.00	25.00	43.50	73.90
100.00	26.60	44.40	75.30

Figura 61

Curva de Valores Deducidos – Grieta de reflexión de junta



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

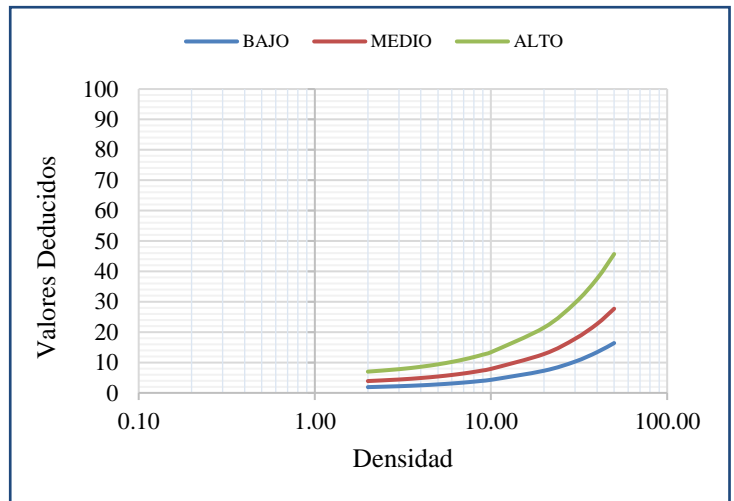
Tabla 132

Valores deducidos – Desnivel/Berma

Densidad	Desnivel Carril/Berma		
	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00	1.90	3.90	7.00
3.00	2.20	4.40	7.80
4.00	2.50	4.90	8.60
5.00	2.80	5.40	9.40
6.00	3.10	5.90	10.20
7.00	3.40	6.40	11.00
8.00	3.70	6.90	11.80
9.00	4.00	7.40	12.60
10.00	4.30	7.90	13.40
20.00	7.30	12.80	21.50
30.00	10.30	17.80	29.60
40.00	13.40	22.70	37.60
50.00	16.40	27.70	45.70
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Figura 62

Curva de Valores Deducidos – Desnivel Carril/Berma



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Tabla 133

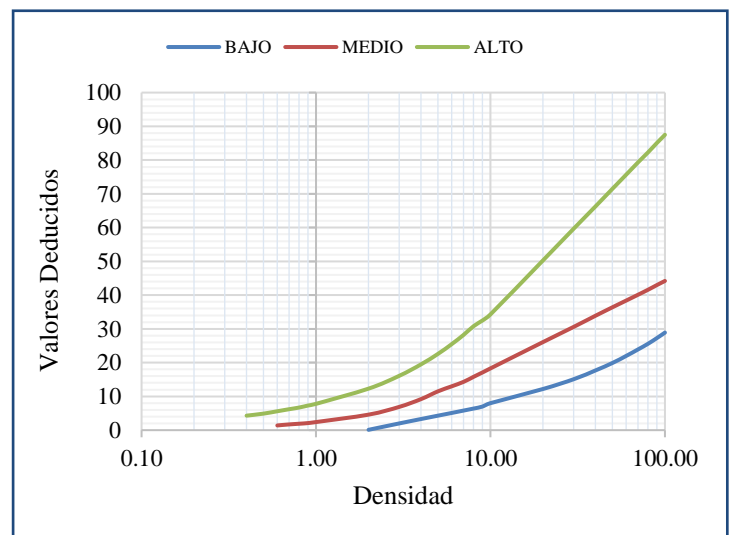
Valores deducidos – Grietas Longitudinal y transversal

Grietas Longitudinal Y Transversal			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			4.30
0.50			4.90
0.60		1.40	5.60
0.70		1.70	6.20
0.80		1.90	6.70
0.90		2.10	7.30
1.00		2.40	7.80
2.00	0.10	4.60	12.30
3.00	2.00	6.90	16.10
4.00	3.30	9.20	19.50
5.00	4.30	11.50	22.60
6.00	5.10	13.00	25.50
7.00	5.80	14.30	28.20
8.00	6.40	15.80	30.80
9.00	7.00	17.10	32.50
10.00	8.00	18.30	34.30
20.00	12.20	26.10	50.30
30.00	15.10	30.60	59.70
40.00	17.70	33.90	66.30
50.00	19.90	36.40	71.50
60.00	22.00	38.40	75.70
70.00	23.90	40.10	79.30
80.00	25.60	41.60	82.30
90.00	27.30	43.00	85.10
100.00	28.90	44.20	87.50

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Figura 63

Curva de Valores Deducidos – Grietas longitudinales y transversal



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

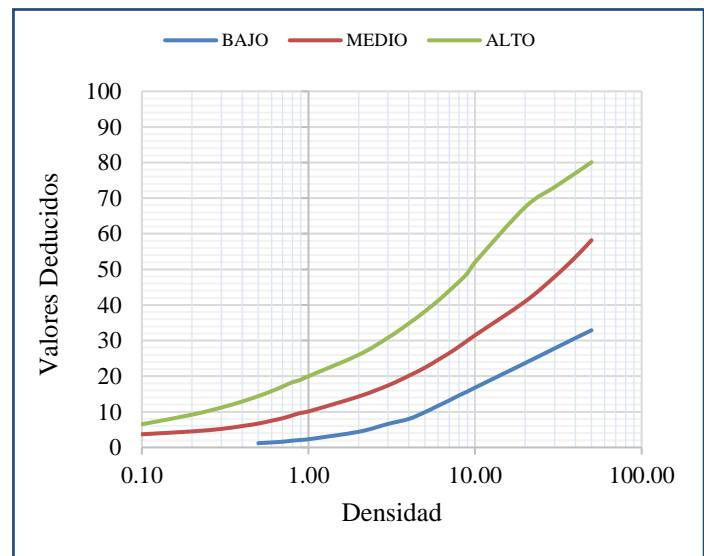
Tabla 134

Valores deducidos – Parcheo

Parcheo			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		3.7	6.5
0.20		4.5	9.2
0.30		5.2	11.2
0.40		6	12.9
0.50	1.2	6.7	14.4
0.60	1.4	7.5	15.8
0.70	1.6	8.2	17.1
0.80	1.9	9	18.3
0.90	2.1	9.7	19
1.00	2.3	10.1	20
2.00	4.4	14.3	26
3.00	6.6	17.4	30.8
4.00	8	20.1	34.8
5.00	9.9	22.4	38.2
6.00	11.7	24.6	41.2
7.00	13.2	26.5	44
8.00	14.6	28.3	46.5
9.00	15.7	30	48.9
10.00	16.8	31.5	52
20.00	23.7	41	67.5
30.00	27.8	47.9	73.1
40.00	30.7	53.4	77
50.00	32.9	58.2	80.1
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Figura 64

Curva de Valores Deducidos – Parcheo



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

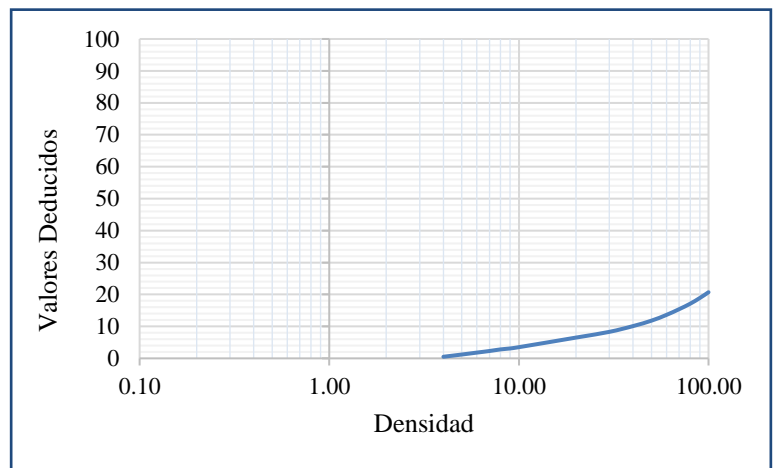
Tabla 135

Valores deducidos - Pulimento de agregados

Pulimento De Agregados	
Densidad	Valor Deducido
0.10	
0.20	
0.30	
0.40	
0.50	
0.60	
0.70	
0.80	
0.90	
1.00	
2.00	
3.00	
4.00	0.5
5.00	1.2
6.00	1.8
7.00	2.3
8.00	2.8
9.00	3.1
10.00	3.5
20.00	6.5
30.00	8.3
40.00	10.1
50.00	11.8
60.00	13.6
70.00	15.4
80.00	17.1
90.00	18.9
100.00	20.7

Figura 65

Curva de Valores Deducidos – Pulimento



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

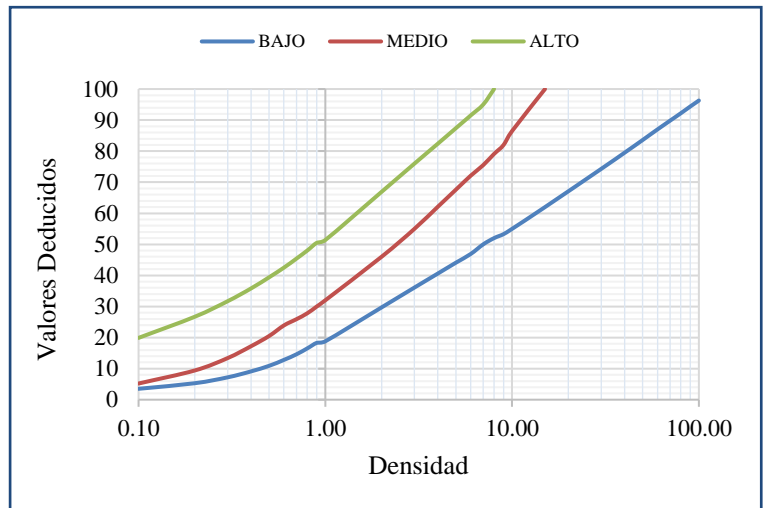
Tabla 136

Valores deducidos – Huecos

Densidad	Huecos		
	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.50	5.2	19.9
0.20	5.30	9.4	26.7
0.30	7.20	13.4	31.7
0.40	9.10	17.2	35.8
0.50	10.90	20.5	39.4
0.60	12.80	23.9	42.5
0.70	14.60	25.9	45.4
0.80	16.50	27.8	48
0.90	18.30	30	50.5
1.00	18.80	32	51.4
2.00	29.70	46	66.9
3.00	36.10	55	76
4.00	40.60	62.1	82.4
5.00	44.10	67.6	87.4
6.00	46.90	72.1	91.5
7.00	50.00	75.5	95
8.00	52.00	79.1	100
9.00	53.30	82	
10.00	55.00	86.5	
15.00	62.00	100	
30.00	74.30		
40.00	79.50		
50.00	83.60		
60.00	87.00		
70.00	89.80		
80.00	92.20		
90.00	94.40		
100.00	96.30		

Figura 66

Curva de Valores Deducidos – Huecos



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Tabla 137

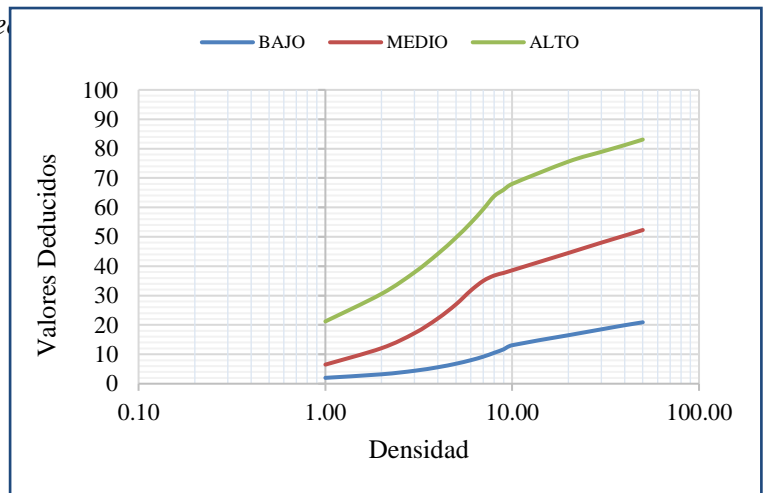
Valores deducidos – Cruce de vía férreo

Cruce De Via Férrea			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.00	6.50	21.20
2.00	3.20	12.10	30.60
3.00	4.40	17.20	37.90
4.00	5.60	22.20	44.20
5.00	6.80	27.00	49.70
6.00	8.00	31.70	54.70
7.00	9.20	35.00	59.40
8.00	10.50	36.80	63.80
9.00	11.70	37.70	66.00
10.00	13.10	38.60	68.00
20.00	16.50	44.50	75.60
30.00	18.50	48.00	78.90
40.00	19.90	50.40	81.20
50.00	20.90	52.30	83.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Figura 67

Curva de Valores Deducidos – Cruce de vía

férreo



Fuente: American Society for Testing and Materials

D6433, 2007.

Fuente: American Society for

Testing and Materials D6433, 2007.

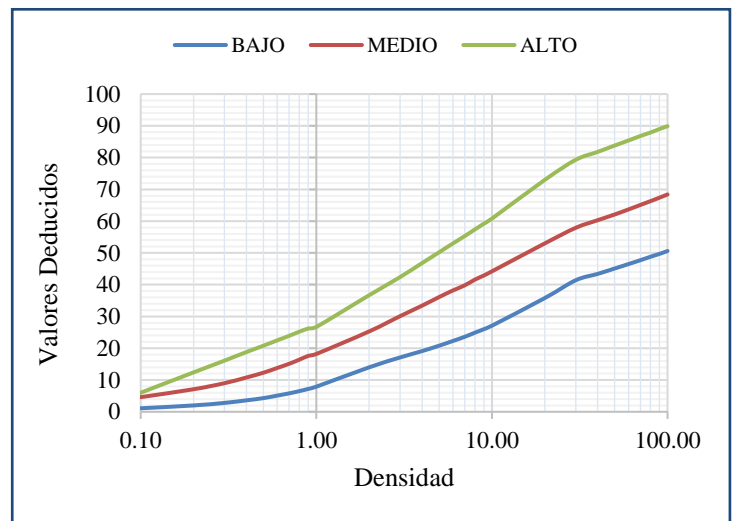
Tabla 138

Valores deducidos – Ahuellamiento

Densidad	Ahuellamiento		
	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.10	4.60	6.00
0.20	2.00	7.10	12.40
0.30	2.80	9.00	16.10
0.40	3.60	10.80	18.80
0.50	4.30	12.30	20.80
0.60	5.10	13.80	22.50
0.70	5.80	15.10	23.90
0.80	6.50	16.40	25.20
0.90	7.20	17.60	26.20
1.00	7.90	18.20	26.70
2.00	14.00	25.30	36.70
3.00	17.10	30.10	42.40
4.00	19.10	33.40	46.80
5.00	20.80	36.10	50.20
6.00	22.30	38.20	53.00
7.00	23.60	39.80	55.30
8.00	24.90	41.60	57.40
9.00	26.00	42.90	59.20
10.00	27.10	44.20	60.80
20.00	35.80	53.00	73.00
30.00	41.40	57.90	79.30
40.00	43.40	60.30	81.80
50.00	45.10	62.10	83.80
60.00	46.50	63.70	85.40
70.00	47.70	65.10	86.80
80.00	48.80	66.30	87.90
90.00	49.70	67.40	89.00
100.00	50.60	68.40	89.90

Figura 68

Curva de Valores Deducidos – Ahuellamiento



Fuente: American Society for Testing and Materials

D6433, 2007.

Fuente: American Society for

Testing and Materials D6433, 2007.

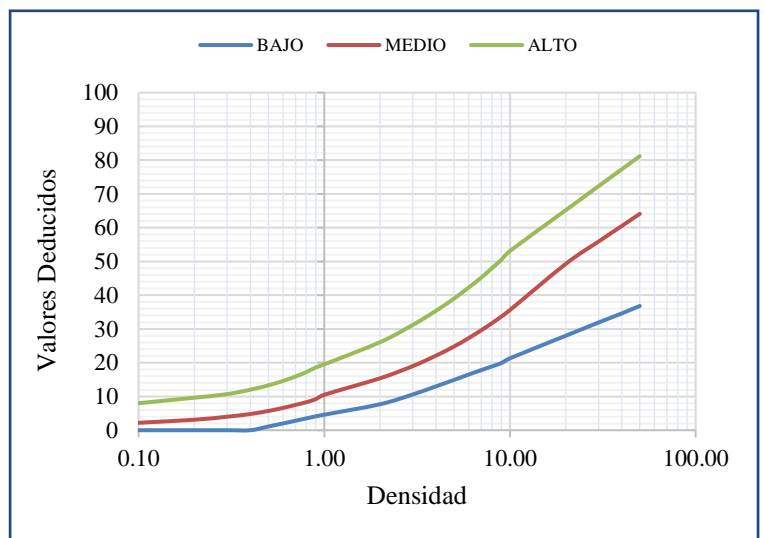
Tabla 139

Valores deducidos – Desplazamiento

Densidad	Desplazamiento		
	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	-	2.20	8.00
0.20	-	3.10	9.63
0.30	-	4.00	10.70
0.40	-	4.80	12.00
0.50	1.10	5.70	13.30
0.60	2.00	6.60	14.60
0.70	2.80	7.50	15.90
0.80	3.50	8.30	17.20
0.90	4.10	9.20	18.60
1.00	4.60	10.50	19.50
2.00	7.70	15.40	26.10
3.00	10.60	19.00	31.20
4.00	13.00	22.10	35.40
5.00	14.90	24.80	39.00
6.00	16.50	27.30	42.30
7.00	17.80	29.60	45.20
8.00	18.90	31.70	48.00
9.00	19.90	33.70	50.50
10.00	21.30	35.60	53.10
20.00	28.00	49.30	65.20
30.00	31.90	55.90	72.30
40.00	34.60	60.50	77.30
50.00	36.80	64.10	81.20
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Figura 69

Curva de Valores Deducidos –Desplazamiento



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

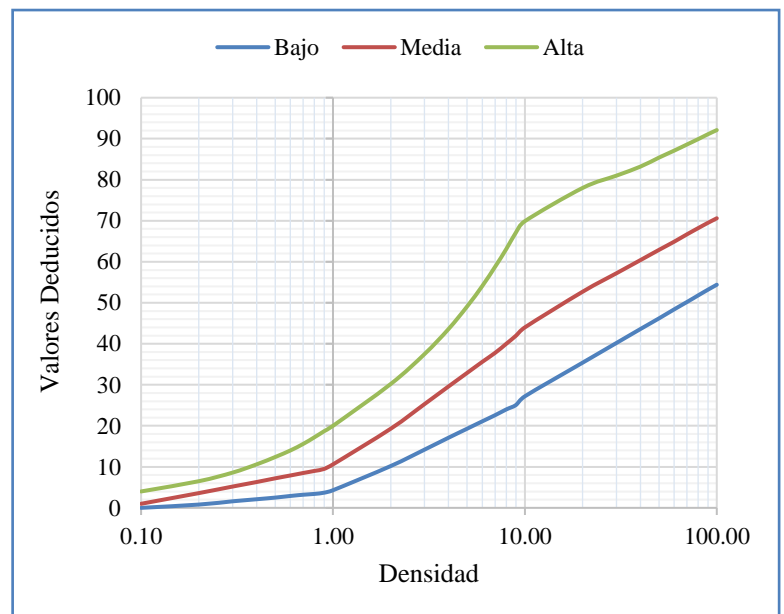
Tabla 140

Valores deducidos – Grieta Parabólica

Grieta Parabólica			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	-	1.00	4.00
0.20	0.8	3.60	6.50
0.30	1.6	5.20	8.60
0.40	2.10	6.30	10.60
0.50	2.50	7.20	12.40
0.60	2.90	7.90	14.00
0.70	3.20	8.50	15.60
0.80	3.40	9.00	17.20
0.90	3.70	9.50	18.70
1.00	4.30	10.60	20.00
2.00	10.20	19.30	30.20
3.00	14.20	25.30	37.50
4.00	17.10	29.60	43.60
5.00	19.30	32.90	49.10
6.00	21.10	35.60	54.10
7.00	22.60	37.80	58.80
8.00	24.00	40.00	63.10
9.00	25.10	42.00	67.20
10.00	27.20	44.00	69.90
20.00	35.40	52.70	78.00
30.00	40.20	57.20	81.00
40.00	43.60	60.40	83.20
50.00	46.20	62.90	85.40
60.00	48.40	64.90	87.10
70.00	50.20	66.70	88.60
80.00	51.80	68.20	89.90
90.00	53.20	69.50	91.10
100.00	54.40	70.60	92.10

Figura 70

Curva de Valores Deducidos – Grieta parabólica



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for

Testing and Materials D6433, 2007.

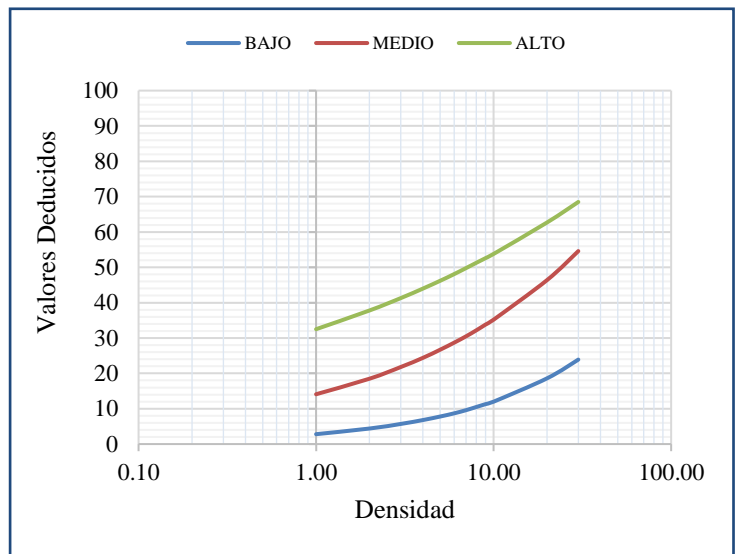
Tabla 141

Valores deducidos – Hinchamiento

Densidad	Hinchamiento		
	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.80	14.10	32.50
2.00	4.40	18.50	37.80
3.00	5.70	21.80	41.30
4.00	6.80	24.40	44.00
5.00	7.80	26.70	46.20
6.00	8.70	28.70	48.10
7.00	9.60	30.50	49.80
8.00	10.50	32.20	51.30
9.00	11.30	33.80	52.60
10.00	12.00	35.20	53.80
20.00	18.60	46.40	62.70
30.00	23.90	54.60	68.50
40.00			
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

Figura 71

Curva de Valores Deducidos – Hinchamiento



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

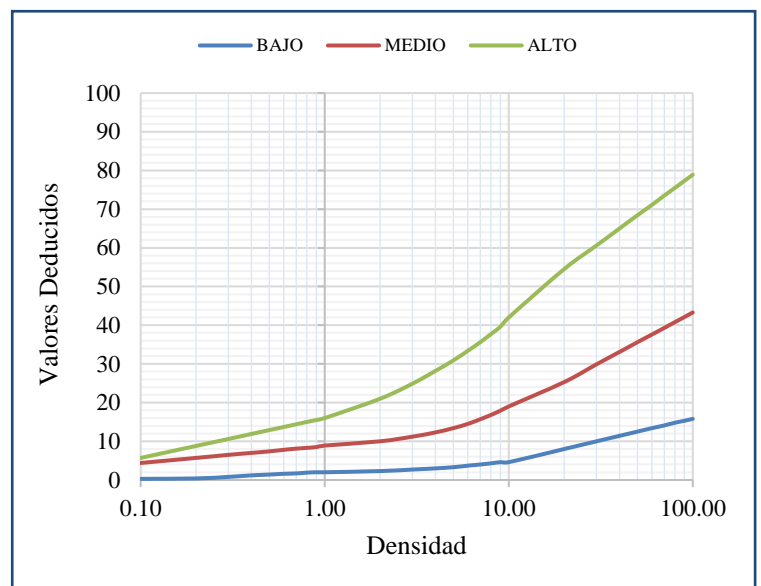
Tabla 142

Valores deducidos – Desprendimiento de agregado

Desprendimiento De Agregados			
Densidad	Valor Deducido		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	0.3	4.40	5.70
0.20	0.4	5.70	8.80
0.30	0.8	6.50	10.60
0.40	1.20	7.00	11.90
0.50	1.40	7.40	12.90
0.60	1.60	7.80	13.70
0.70	1.70	8.10	14.40
0.80	1.90	8.30	15.00
0.90	2.00	8.50	15.50
1.00	2.00	8.90	16.00
2.00	2.30	10.00	21.00
3.00	2.70	11.20	24.90
4.00	3.00	12.30	28.20
5.00	3.30	13.40	30.90
6.00	3.70	14.50	33.40
7.00	4.00	15.70	35.60
8.00	4.30	16.80	37.70
9.00	4.60	17.90	39.60
10.00	4.60	19.00	42.00
20.00	8.00	25.30	54.50
30.00	10.00	29.90	60.60
40.00	11.40	33.10	65.00
50.00	12.50	35.60	68.40
60.00	13.40	37.60	71.10
70.00	14.10	39.30	73.50
80.00	14.80	40.80	75.50
90.00	15.30	42.10	77.30
100.00	15.80	43.30	78.90

Figura 72

Curva de Valores Deducidos – Desprendimiento de agregados

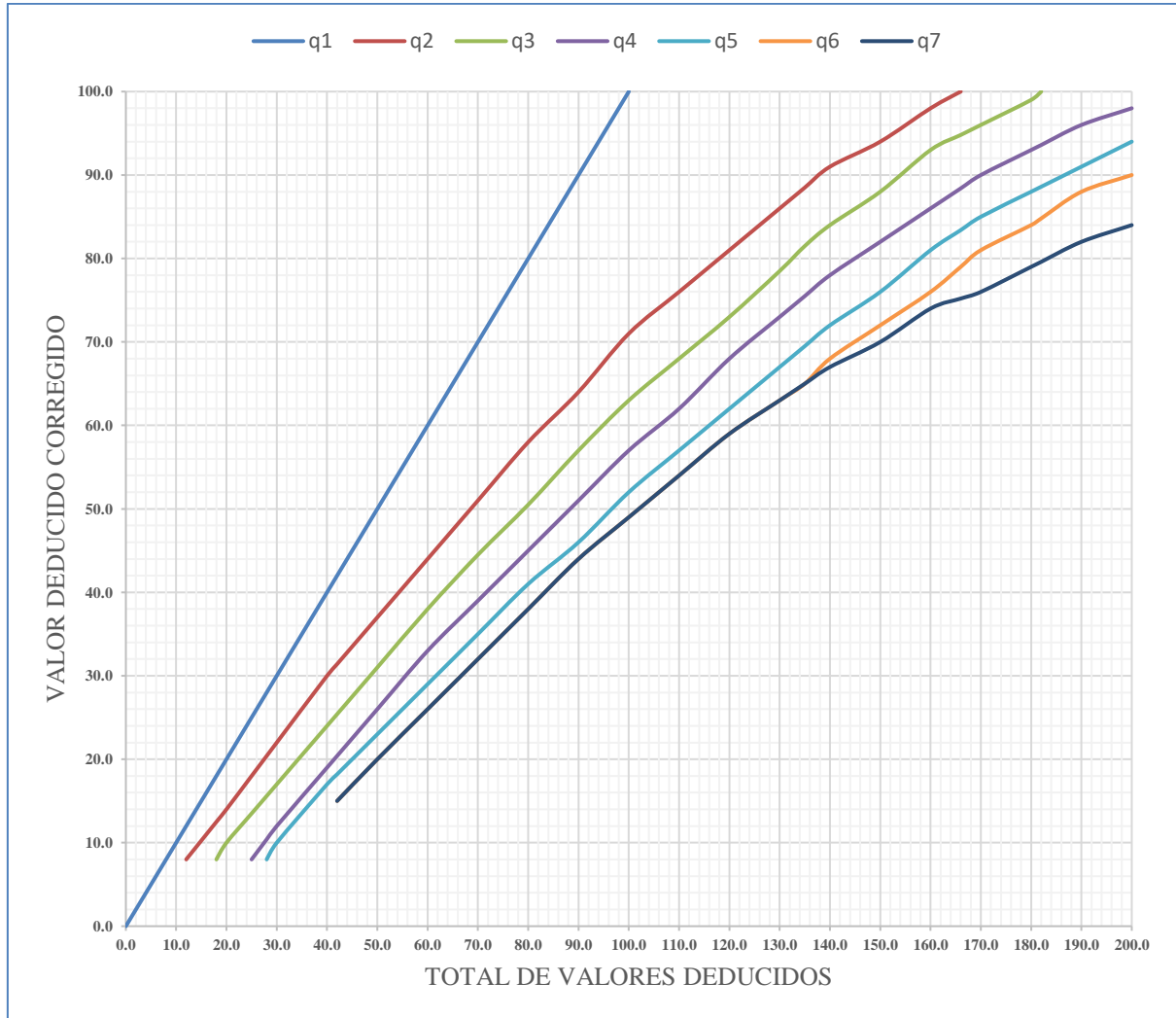


Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Figura 73

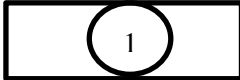
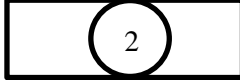

Curvas para determinar el Valor Deducible Corregido



Fuente: American Society for Testing and Materials D6433, 2007.

Tabla 143

Niveles de Gravedad de Fallas Tipo A - Método Vizir

Deterioro	Niveles de gravedad		
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante Prof < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Prof ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof > 40 mm
Fisuras longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la huella de rodamiento. <6 mm	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas.	Fisuras muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales.	Mallas más densas (<500mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B.	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A Comportamiento satisfactorio de la reparación.	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

Nota. Se especifica los parámetros de gravedad de las fallas tipo A.

Esta tabla ha sido tomada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por el Instituto Nacional de Vías, 2007. INVIAS.

Tabla 144

Niveles de Gravedad de Fallas Tipo B - Método Vizir

Deterioro	Niveles de gravedad		
	1	2	3
Fisura longitudinal de junta de construcción	Fina y única < 6 mm	Ancha (≤ 6 mm) sin desprendimiento o Fina ramificada Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento, o	Ancha (≤ 6 mm) con desprendimientos o ramificada Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos
Fisuras de contracción térmica.	Fisuras finas < 6 mm	finas con desprendimientos o fisuras ramificadas	Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos
Fisuras parabólicas.	Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento	Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos
Fisuras de borde	Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento	Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos
Abultamientos	$h < 20$ mm	$20 \text{ mm} < h < 40$ mm	$h > 40$ mm
Ojos de pescado * (por cada 100 m)	Cantidad < 5 Diámetro (mm) < 300	5 a 10 < 5 < 300 < 1000	> 10 5 a 10 < 300 < 1000
Desprendimiento: Pérdida de película de ligante. Pérdida de agregado	Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas	Pérdidas generalizadas y muy marcadas
Descascaramient o	Prof. (mm) < 25 Área (m ²) < 0.8	< 25 > 25 > 0.8 < 0.8	> 25 > 0.8
Pulimento agregados	Long. Comprometida < 10% de la sección (100m).	Long. Comprometida $\geq 10\%$ a < 50% de la sección (100m)	Long. Comprometida > 50% de la sección (100m)
Exudación	Puntual, área específica	Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo.	Continua y muy marcada, en diversas áreas
Afloramiento: De mortero De agua	Localizados y apenas perceptibles	Intensos	Muy intensos

Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración, sectores localizados	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.	Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento asfáltico
Escalonamiento entre calzadas y berma	Desnivel entre 10 mm a 50 mm	Desnivel entre 50 y 100 mm	Desnivel superior a 100 mm
Erosión de las bermas	Erosión incipiente	Erosión pronunciada	La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios.
Segregación	Long. comprometida < 10% de la sección (100 m).	Long. Comprometida \geq 10% a < 50% de la sección (100m)	Long. Comprometida > 50% de la sección (100m)

Nota. Se especifica los parámetros de gravedad de las fallas tipo B.

Esta tabla ha sido tomada de Instructivo para la Evaluación Visual y la Evaluación de los Deterioros de los Pavimentos Asfálticos de Carreteras por el Instituto Nacional de Vías, 2007. INVIAS.

ANEXO N° 2. Panel Fotográfico

Figura 74: Falla Tipo Grieta Parabólica (Nivel Bajo) – Carril Derecho



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 75: Falla Tipo Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Derecho



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 76: Falla Tipo Parcheo (Nivel Bajo) – Carril Derecho



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 77: Falla Tipo Hueco (Nivel Medio)– Carril Derecho



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 78: Falla Tipo Huecos (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 79: Falla Tipo Parcheo con Presencia de Huecos (Nivel Alto) – Calzada izquierda



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 80: Pulimento De Agregado – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 81: Grieta De Borde (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



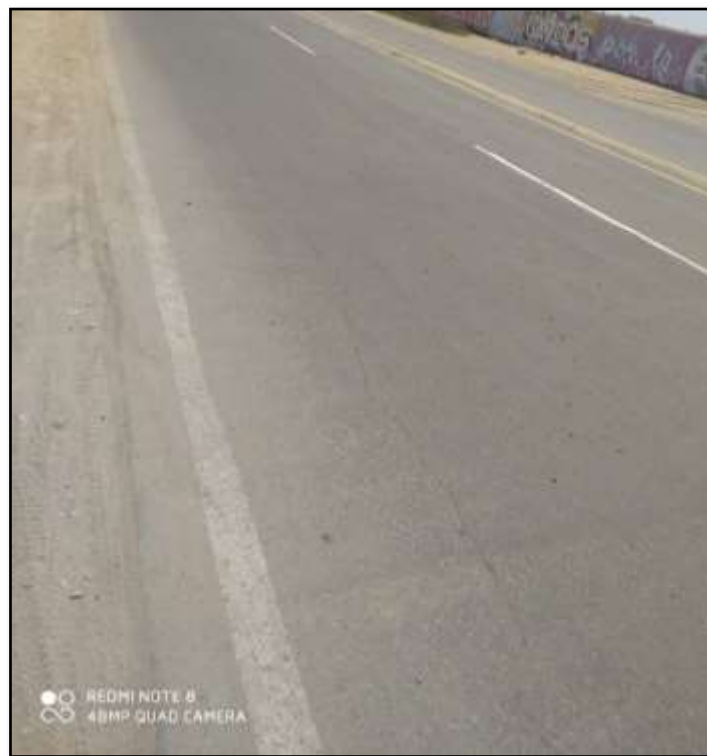
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 82: Grieta Longitudinal (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



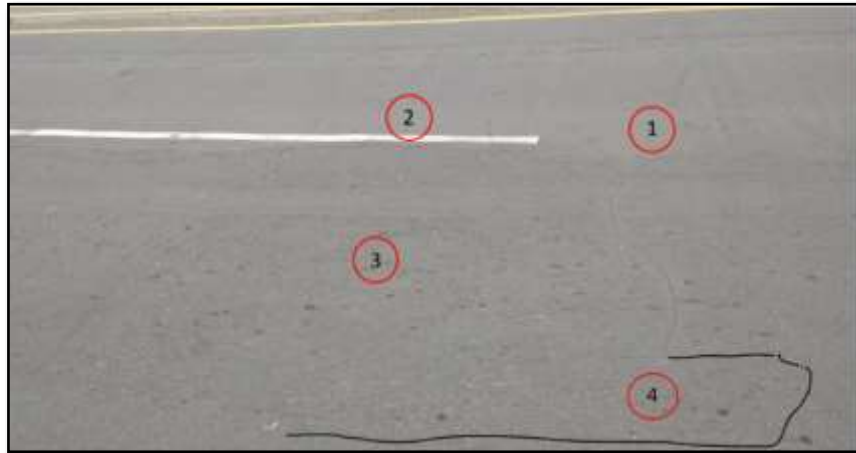
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 83: Fisura Longitudinal (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 84: Agrietamiento En Bloque (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 85: Grieta De Borde (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 86: Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 87: Huecos (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 88: Desprendimiento De Agregado (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 89: Huevo (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 90: Corrugación (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 91: Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 92: Depresión (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 93: Grieta Transversal (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 94: Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 95: Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 96: Desprendimiento De Agregado – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 97: Ahuellamiento (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



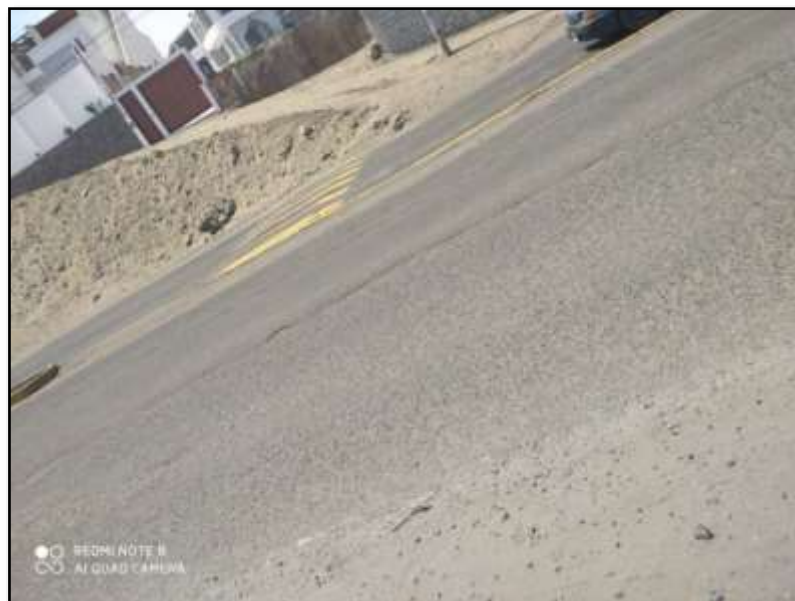
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 98: Pulimento De Agregado – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 99: Desprendimiento De Agregado – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 100: Huevo (Nivel Bajo) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 101: Ahuellamiento (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 102: Huevo (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 103: Grieta De Borde (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 104: Pulimento De Agregados – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 105: Hueco (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 106: Huecos (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 107: Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 108: Hueco (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 109: Hueco (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



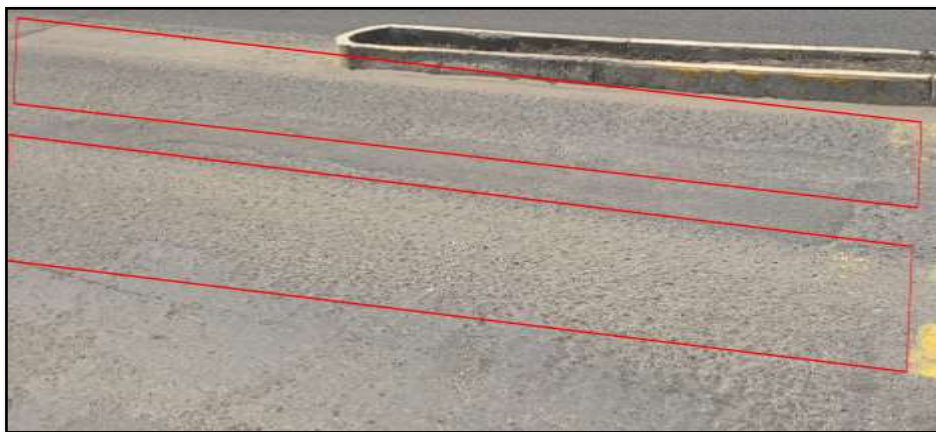
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 110: Parcheo (Nivel Medio) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 111: Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



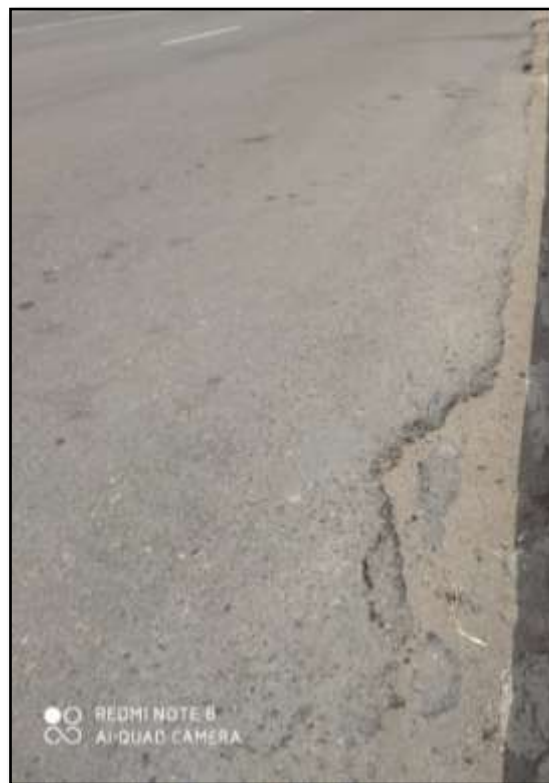
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 112: Desprendimiento De Agregado (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

Figura 113: Grieta De Borde (Nivel Alto) – Carril Izquierdo



Fuente: Elaboración Propia, 2021

ANEXO N° 3. Tablas de Resultados de la prueba de Normalidad

Tabla 145

Prueba de Kolmogórov-Smirnov - PCI Calzada Derecha

Prueba de Kolmogórov-Smirnov para una muestra		
		PCI (DERECHA)
N		52
Parámetros normales ^{a,b}	Media	73,4038
	Desv. Desviación	14,47006
	Absoluto	,306
Máximas diferencias extremas	Positivo	,154
	Negativo	-,306
Estadístico de prueba		,306
Sig. asintótica(bilateral)		,000 ^c

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Tabla 146

Prueba de Kolmogórov-Smirnov - VIZIR Calzada Derecha

Prueba de Kolmogórov-Smirnov para una muestra		
		VIZIR (DERECHA)
N		52
Parámetros normales ^{a,b}	Media	1,5962
	Desv. Desviación	,95506
	Absoluto	,407
Máximas diferencias extremas	Positivo	,407
	Negativo	-,266
Estadístico de prueba		,407
Sig. asintótica(bilateral)		,000 ^c

Fuente: Elaboración Propia, 2021

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.

Tabla 147

Prueba de Kolmogórov-Smirnov - PCI Calzada Izquierda

Prueba de Kolmogórov-Smirnov para una muestra		
		PCI (IZQUIERDA)
N		52
Parámetros normales ^{a,b}	Media	57,0192
	Desv. Desviación	10,05571
	Absoluto	,328
Máximas diferencias extremas	Positivo	,328
	Negativo	-,152
Estadístico de prueba		,328
Sig. asintótica(bilateral)		,000 ^c

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Tabla 148

Prueba de Kolmogórov-Smirnov - PCI Calzada Izquierda

Prueba de Kolmogórov-Smirnov para una muestra		
		<u>VIZIR</u> (IZQUIERDA)
N		52
Parámetros normales ^{a,b}	Media	1,4808
	Desv. Desviación	,75382
	Absoluto	,392
Máximas diferencias extremas	Positivo	,392
	Negativo	-,262
Estadístico de prueba		,392
Sig. asintótica(bilateral)		,000 ^c

Fuente: Elaboración Propia, 2021

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.

ANEXO N° 4. Formatos

Figura 114

Formato De Inspección Visual - VIZIR

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS											
MÉTODO VIZIR											
INSPECCIONES VISUALES Y RUTAS DE RIESGO											
PROYECTO		EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE LOS INDICES DE DESEMPEÑO “PCI” Y “VIZIR” EN LA CARRETERA HUANCHACO ENTRE EL TRAMO KM 11+200 HASTA EL KM 13+100, TRUJILLO 2020									
NOMBRE DE LA VÍA :											
UNIDAD DE LA MUESTRA :											
CARRIL											
CONVENCIÓN NUMÉRICA											
PROGRESIVA INICIAL (Km):											
PROGRESIVA FINAL (Km):											
ANCHO DE LA VÍA (m):											
ÁREA DE LA UNIDAD (m2):											
DEGRADACIÓN DEL TIPO A											
NOMBRE DEL DETERIORO						CÓDIGO					
Ahuellamiento						AH					
Depresiones o hundimiento longitudinales						DL					
Depresiones o hundimiento transversales						DT					
Fisuras longitudinales por fatiga						FLF					
Fisuras piel de cocodrilo						FPC					
Bacheo y zanjas reparadas						BZR					
Rangos de evaluación											
Intervalo IS						Estado superficial					
1		2		3		Condición Buena					
2		4		5		Condición Marginal					
3		6		7		Condición Deficiente					
DEGRADACIÓN DEL TIPO B											
NOMBRE DEL DETERIORO						CÓDIGO					
Fisura longitudinal de junta de construcción						FLJ					
Fisura transversal de junta de construcción						FTJ					
Fisuras de contracción térmica						FCT					
Fisuras parabólicas						FP					
Fisura de borde						FB					
Ojos de pescado						OP					
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla						DM					
Pérdida de la película de ligante						PL					
Pérdida de agregados						PA					
Descascaramiento						DM					
Pulimento de agregados						PU					
Esudación						EX					
Afloramiento de mortero						AM					
Afloramiento de agua						AA					
Desintegración de los bordes del pavimento						DB					
Escalonamiento entre calzada y berma						ECB					
Erosión de las bermas						EB					
Segregación						S					
FALLAS EXISTENTES											
TOTAL DE GRAVEDAD											
Cant. Sev. Cant. Sev. Cant. Sev. Cant. Sev. Cant. Sev. Cant. Sev. Cant. Sev.											
1											
2											
3											
GRAVEDAD											
EXTENSIÓN											
ÍNDICE DE FISURACIÓN											
ÍNDICE DE DEFORMACIÓN											
If Max If Id Max Id											
ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL "IS"											
ESTADO O CLASIFICACIÓN											

Fuente: Elaboración Propia, 2021

ANEXO N° 5.

Plano de Ubicación

y

Plano de Tramificación con Muestras



