

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES Y CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO UTILIZANDO EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y LA DEFLECTOMETRÍA, DE LAS CALLES Y AVENIDAS DEL CASCO URBANO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE-2019

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

LEYDI LALESHKA CHANAME CERNA

ASESOR

JOAQUIN HERNAN ROJAS OBLITAS

<https://orcid.org/0000-0002-6521-0215>

Chiclayo, 2021

**EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES Y CAPACIDAD
ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO UTILIZANDO EL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y LA
DEFLECTOMETRÍA, DE LAS CALLES Y AVENIDAS DEL
CASCO URBANO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA,
PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE
LAMBAYEQUE - 2019**

PRESENTADA POR:

LEYDI LALESHKA CHANAME CERNA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Luis Quiroz Quiñonez

PRESIDENTE

Carlos Rafael Tafur Jiménez

SECRETARIO

Joaquín Hernán Rojas Oblitas

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuente principal de inspiración y fuerza para alcanzar todas las metas trazadas.

A mis padres, Gladys y Walter, por sus sabios consejos, su apoyo incondicional y su aliento constante, que me motivaron a siempre creer en mis capacidades y me formaron en valores y virtudes que me permiten hoy en día culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi hermana menor Valeria, por ser mi fuente de alegría y por enseñarme que el persevera triunfa.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por sacrificar su tiempo y esfuerzo con tal de verme realizada como profesional.

A mi asesor, Ingeniero Joaquín Hernán Rojas Oblitas, por su paciencia y apoyo contante en todo este proceso, por ser mi guía para culminar con éxito esta tesis y poder obtener el Título de Ingeniero Civil Ambiental.

A la excelente plana docente, por transmitirme sus conocimientos a lo largo de la carrera y haberme sabido guiar todos estos años por el camino correcto tanto en formación académica como personal.

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, por brindarme las herramientas necesarias para obtener el grado profesional.

ÍNDICE

RESUMEN.....	20
ABSTRACT	21
I. INTRODUCCIÓN	22
II. MARCO TEÓRICO	24
2.1 Antecedentes del problema.....	24
2.1.1 Internacional.....	24
2.1.2 Nacional	27
2.1.3 Local.....	29
2.2 Bases Teórico Científicas	33
2.2.1. Pavimento.....	33
2.2.2. Clasificación de los pavimentos	33
2.2.3. Evaluación de pavimentos.....	36
2.2.4. Principales daños en la superficie de los pavimentos	63
2.2.5. Normativa peruana relacionada a metodologías a emplear.....	97
III. MATERIALES Y MÉTODOS	110
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	110
3.2. Diseño de investigación.....	111
3.3. Población, muestra, muestreo	111
3.4. Criterios de selección.....	117
3.5. Operacionalización de variables	118
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	119
3.7. Procedimientos	120
3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos	124
3.9. Matriz de consistencia	130

3.10. Consideraciones éticas	131
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	132
4.1. MÉTODO DEL PCI	132
4.1.1. PAVIMENTO FLEXIBLE	132
4.1.2. PAVIMENTO RÍGIDO	151
4.2. MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA	158
4.2.1. PAVIMENTO FLEXIBLE	160
4.2.2. PAVIMENTO RÍGIDO	212
4.3. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	224
V. CONCLUSIONES	225
VI. RECOMENDACIONES	226
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	227
VIII. ANEXOS	230

Lista de Tablas

Tabla 1. Rangos de Calificación del PCI	38
Tabla 2: Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas	39
Tabla 3. Índice de deterioro superficial por VIZIR.....	43
Tabla 4. Escala de graduación por gravedad del daño	44
Tabla 5. Escala de calificación PASER.....	45
Tabla 6. Comparativo entre metodologías de evaluaciones superficiales.....	46
Tabla 7. Deflexión característica según tipo de carretera	56
Tabla 8. Análisis combinado de los resultados	58
Tabla 9: Características del Pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura.	60
Tabla 10: Comparativo entre metodologías de evaluaciones estructurales.....	62
Tabla 11: Daños en pavimentos flexibles.....	99
Tabla 12: Daños en pavimentos rígidos	102
Tabla 13: Tipos de condición según calificación para pavimento flexibles.....	105
Tabla 14: Tipos de condición según calificación para pavimento rígidos	105
Tabla 15: Ancho de carril vs Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento .	122
Tabla 16: Factores de Corrección por Estacionalidad.....	128
Tabla 17: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA PRINCIPAL SIN INTERVENCIÓN – PROLONGACIÓN AVENIDA MARISCAL RAMÓN CASTILLA Y AVENIDA VENEZUELA	133
Tabla 18: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA PRINCIPAL CON INTERVENCIÓN –AVENIDA MARISCAL RAMÓN CASTILLA	134
Tabla 19: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN –AVENIDA EDILBERTO CASAS	135
Tabla 20: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –AVENIDA 9 DE OCTUBRE.....	136

Tabla 21: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN –AVENIDA 9 DE OCTUBRE.....	137
Tabla 22: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE NATIVIDAD VALDERA.....	138
Tabla 23: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE TACNA	139
Tabla 24: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE MERCEDES GORDILLO, CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO Y CALLE FELIX URCIA	140
Tabla 25: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE REAL.....	141
Tabla 26: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE SANTA ROSA	142
Tabla 27: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA SIN INTERVENCIÓN – CALLE GRAU.....	143
Tabla 28: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA SIN INTERVENCIÓN – CALLE UNIÓN	143
Tabla 29: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE MARISCAL URETA	144
Tabla 30: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE ROSARIO CASTRO	145
Tabla 31: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE URCIA GUZMÁN	146
Tabla 32: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN – AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO VENEGAS	146
Tabla 33: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE CRISTOBAL COLÓN	147
Tabla 34: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN – CALLE DIEGO FERRE	148

Tabla 35: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – JR. ROSARIO LLONTOP Y JR LAMBAYEQUE.....	152
Tabla 36: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE REAL.....	153
Tabla 37: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS	154
Tabla 38: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS	155
Tabla 39: Ejemplos de EALs de Diseño	159
Tabla 40: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMÓN CASTILLA – CARRIL DERECHO	160
Tabla 41: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMÓN CASTILLA – CARRIL DERECHO	161
Tabla 42: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL IZQUIERDO	162
Tabla 43: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMÓN CASTILLA – CARRIL IZQUIERDO.....	164
Tabla 44: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL ÚNICO.....	165
Tabla 45: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL ÚNICO.....	167
Tabla 46: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL ÚNICO.....	168

Tabla 47: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL ÚNICO	170
Tabla 48: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL IZQUIERDO.....	171
Tabla 49: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL IZQUIERDO.....	172
Tabla 50: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL DERECHO.....	173
Tabla 51: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL DERECHO.....	174
Tabla 52: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL DERECHO.....	175
Tabla 53: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL DERECHO	176
Tabla 54: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL IZQUIERDO.....	177
Tabla 55: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL IZQUIERDO.....	178
Tabla 56: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE NATIVIDAD VALDERA	179
Tabla 57: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE NATIVIDAD VALDERA.....	180

Tabla 58: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE TACNA.....	181
Tabla 59: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE TACNA.....	183
Tabla 60: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MERCEDES GORDILLO.....	184
Tabla 61: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MERCEDES GORDILLO	185
Tabla 62: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO.....	186
Tabla 63: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO	187
Tabla 64: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE FELIX URCIA.....	188
Tabla 65: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE FELIX URCIA	189
Tabla 66: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE REAL	190
Tabla 67: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE REAL.....	191
Tabla 68: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE SANTA ROSA.....	192
Tabla 69: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE SANTA ROSA	193

Tabla 70: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE GRAU	194
Tabla 71: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE GRAU.....	196
Tabla 72: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE UNIÓN.....	196
Tabla 73: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE UNIÓN	198
Tabla 74: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MARISCAL URETA.....	199
Tabla 75: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MARISCAL URETA.....	200
Tabla 76: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE ROSARIO CASTRO	201
Tabla 77: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE ROSARIO CASTRO	202
Tabla 78: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE URCIA GUZMÁN.....	203
Tabla 79: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE URCIA GUZMÁN	204
Tabla 80: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO	205
Tabla 81: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO	207

Tabla 82: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE CRISTOBAL COLÓN.....	208
Tabla 83: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE CRISTOBAL COLÓN	209
Tabla 84: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE DIEGO FERRE.....	210
Tabla 85: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE DIEGO FERRE	211
Tabla 86: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. ROSARIO LLONTOP	212
Tabla 87: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. ROSARIO LLONTOP	214
Tabla 88: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. LAMBAYEQUE	214
Tabla 89: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. LAMBAYEQUE....	216
Tabla 90: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE EDILBERTO CASAS	216
Tabla 91: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE EDILBERTO CASAS	218
Tabla 92: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE REAL	219
Tabla 93: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE REAL	220

Tabla 94: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE 7 DE JUNIO.....	221
Tabla 95: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE REAL	222

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Capas del pavimento	34
Ilustración 2. Capas del pavimento articulado	34
Ilustración 3. Capas del Pavimento Rígido	35
Ilustración 4. Comportamiento del cuenco de deflexiones	49
Ilustración 5. Esquema Viga Benkelman	51
Ilustración 6. Partes de Viga Benkelman	51
Ilustración 7. Esquema del Principio de Operación de la Viga Benkelman.....	53
Ilustración 8. Deformada del pavimento	55
Ilustración 9. Deflexión Tipo I – Curva extensa, poco profunda.....	59
Ilustración 10. Deflexión Tipo II – Curva extensa, profunda	59
Ilustración 11. Deflexión Tipo III – Curva corta, poco profunda	59
Ilustración 12: Deflexión Tipo IV – Curva corta, profunda.....	59
Ilustración 13: Piel de cocodrilo Nivel Bajo	63
Ilustración 14: Piel de cocodrilo Nivel Medio	63
Ilustración 15: Piel de cocodrilo Nivel Alto.....	64
Ilustración 16: Exudación Nivel Bajo	64
Ilustración 17: Exudación Nivel Medio	64
Ilustración 18: Exudación Nivel Alto.....	65
Ilustración 19: Agrietamiento en Bloque de Nivel Bajo	65
Ilustración 20: Agrietamiento en Bloque de Nivel Medio	65
Ilustración 21: Agrietamiento en Bloque Nivel Alto	66
Ilustración 22: Abultamientos y hundimientos de severidad baja.....	66
Ilustración 23: Abultamientos y hundimientos de severidad media.....	66
Ilustración 24: Abultamientos y hundimientos de severidad alta.....	67

Ilustración 25: Corrugación de severidad baja.....	67
Ilustración 26: Corrugación de severidad media.....	67
Ilustración 27: Corrugación de severidad alta.....	68
Ilustración 28: Depresión de Severidad baja.....	68
Ilustración 29: Depresión de Severidad media.....	68
Ilustración 30: Depresión de Severidad alta.....	69
Ilustración 31: Grieta de borde de severidad baja.....	69
Ilustración 32: Grieta de borde de severidad media.....	69
Ilustración 33: Grieta de borde de severidad alta.....	70
Ilustración 34: Grieta de reflexión de junta de baja severidad.....	70
Ilustración 35: Grieta de reflexión de junta de media severidad.....	70
Ilustración 36: Grieta de reflexión de junta de Alta severidad.....	71
Ilustración 37: Desnivel Carril/Berma de Baja severidad.....	71
Ilustración 38: Desnivel Carril/Berma de Severidad media.....	71
Ilustración 39: Desnivel Carril/Berma de Alta severidad.....	72
Ilustración 40: Grietas longitudinales y transversales de Severidad baja.....	72
Ilustración 41: Grietas longitudinales y transversales de Severidad media.....	72
Ilustración 42: Grietas longitudinales y transversales de Severidad alta.....	73
Ilustración 43: Parcheo y acometidas de servicios públicos de Severidad baja.....	73
Ilustración 44: Parcheo y acometidas de servicios públicos de Severidad media.....	73
Ilustración 45: Parcheo y acometidas de servicios públicos de Severidad alta.....	74
Ilustración 46: Pulimento de agregados.....	74
Ilustración 47: Huecos de Severidad baja.....	75
Ilustración 48: Huecos de Severidad media.....	75
Ilustración 49: Huecos de severidad alta.....	75

Ilustración 50: Ahuellamiento de Severidad baja.....	76
Ilustración 51: Ahuellamiento de Severidad media	76
Ilustración 52: Ahuellamiento de Severidad alta	76
Ilustración 53: Desplazamiento de Severidad baja	77
Ilustración 54: Desplazamiento de Severidad media	77
Ilustración 55: Desplazamiento de Severidad alta	77
Ilustración 56: Grietas parabólicas de severidad baja	78
Ilustración 57: Grietas parabólicas de severidad media	78
Ilustración 58: Grietas parabólicas de severidad alta	78
Ilustración 59: Hinchamiento	79
Ilustración 60: Meteorización/Desprendimiento de agregados de severidad baja	79
Ilustración 61: Meteorización/Desprendimiento de agregados de severidad media	79
Ilustración 62: Meteorización/Desprendimiento de agregados de severidad alta	80
Ilustración 63: Blowup – Buckling de severidad baja.....	80
Ilustración 64: Blowup – Buckling de severidad media	80
Ilustración 65: Blowup – Buckling de severidad alta	81
Ilustración 66: Grieta de esquina de severidad baja.....	81
Ilustración 67: Grieta de esquina de severidad media.....	81
Ilustración 68: Grieta de esquina de severidad alta.....	82
Ilustración 69: Losa dividida de severidad baja	82
Ilustración 70: Losa dividida de severidad media	82
Ilustración 71: Losa dividida de severidad alta	83
Ilustración 72: Grietas de durabilidad “D” de baja severidad.....	83
Ilustración 73: Grietas de durabilidad “D” de media severidad.....	83
Ilustración 74: Grietas de durabilidad “D” de alta severidad.....	84

Ilustración 75: Escala de baja severidad.....	84
Ilustración 76: Escala de media severidad	84
Ilustración 77: Escala de alta Severidad.....	85
Ilustración 78: Daño del sello de la junta de baja severidad	85
Ilustración 79: Daño del sello de la junta de media severidad	86
Ilustración 80: Daño del sello de la junta de alta severidad	86
Ilustración 81: Desnivel carril/berma de baja severidad	86
Ilustración 82: Desnivel carril/berma de media severidad	87
Ilustración 83: Desnivel carril/berma de alta severidad	87
Ilustración 84: Grietas lineales de baja severidad	87
Ilustración 85: Grietas lineales de media severidad	88
Ilustración 86: Grietas lineales de alta severidad	88
Ilustración 87: Parche grande y acometidas de servicios públicos de baja severidad.....	89
Ilustración 88: Parche grande y acometidas de servicios públicos de media severidad.....	89
Ilustración 89: Parche grande y acometidas de servicios públicos de alta severidad.....	89
Ilustración 90: Parche pequeño de baja severidad.....	90
Ilustración 91: Parche pequeño de media severidad	90
Ilustración 92: Parche pequeño de alta severidad	90
Ilustración 93: Pulimento de agregados	91
Ilustración 94: Popouts	91
Ilustración 95: Bombeo	92
Ilustración 96: Punzonamiento de baja severidad	92
Ilustración 97: Punzonamiento de media severidad	93
Ilustración 98: Punzonamiento de alta severidad.....	93
Ilustración 99: Desconchamiento, mapa de grietas, craqueado de baja severidad.....	93

Ilustración 100: Desconchamiento, mapa de grietas, craqueado de media severidad.....	94
Ilustración 101: Desconchamiento, mapa de grietas, craqueado de alta severidad.....	94
Ilustración 102: Grietas de Retracción	94
Ilustración 103: Descascaramiento de baja severidad	95
Ilustración 104: Descascaramiento de media severidad.....	95
Ilustración 105: Descascaramiento de alta severidad.....	95
Ilustración 106: Descascaramiento de baja severidad.....	96
Ilustración 107: Descascaramiento de media severidad.....	96
Ilustración 108: Descascaramiento de alta severidad.....	96
Ilustración 109: Daños en pavimentos flexibles.....	100
Ilustración 110: Daños en pavimentos rígidos	104
Ilustración 111: Tipo de conservación según calificación de condición para pavimentos flexibles	106
Ilustración 112: Tipo de conservación según calificación de condición para pavimentos rígidos	106

RESUMEN

La presente tesis tiene como finalidad evaluar los daños en la superficie de rodadura y la capacidad estructural del pavimento de las calles y avenidas casco urbano del distrito de Santa Rosa, departamento de Lambayeque utilizando el índice de condición del pavimento y la deflectometría. La población de estudio serán las vías pavimentadas del casco urbano del distrito de Santa Rosa, tomando un total de 56 de muestreo representativos de pavimento flexible y 24 unidades de pavimento rígido para el método PCI y, 183 y 25 puntos para la medición de deflexiones en pavimentos flexibles y rígidos respectivamente. La pertinencia del estudio se presenta en la necesidad de evaluación de manera superficial el pavimento para determinar la naturaleza y extensión de los daños, para después realizar una evaluación de la capacidad estructural del pavimento en servicio al ser este un aspecto fundamental para determinar que refuerzo necesita o en el peor de los casos una rehabilitación estructural. Mediante el análisis visual con la metodología PCI se determinará el nivel de severidad de los daños superficiales, y mediante el ensayo no destructivo de la Viga Benkelman, se medirá la respuesta general del pavimento sin disturbar o destruir los componentes del mismo, minimizando ensayos de laboratorio, además de ser más rápido y económico. Los estudios y aportes brindados en esta investigación quedan expuestos para que un futuro se tome como referencia para otros investigadores interesados en la evaluación daños superficiales y del comportamiento estructural de pavimentos en vías de similares condiciones y sus propuestas de rehabilitación.

Palabras clave: Pavimento, Daños superficiales, Capacidad estructural, Índice de Condición del Pavimento, Deflectometría

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to assess the damage to the running surface and the structural capacity of the pavement of the streets and avenues of the urban area of the Santa Rosa district, department of Lambayeque, using the Pavement Condition Index and deflectometry. The study population will be the paved roads of the urban area of the Santa Rosa district, taking a total of 79 representative sampling units of flexible and rigid pavement for the PCI method and 59 points for the measurement of deflections. The relevance of the study is presented in the need for a superficial evaluation of the pavement to determine the nature and extent of the damage, and then an evaluation of the structural capacity of the pavement in service, as this is a fundamental aspect to determine what reinforcement needs or in the worst case, a structural rehabilitation. Through the visual analysis with the PCI methodology, the level of severity of the surface damages will be determined, and through the non-destructive test of the Benkelman Beam, the general response of the pavement will be measured without disturbing or destroying its components, minimizing laboratory tests, in addition to being faster and cheaper. The studies and contributions provided in this research are exposed, so that in the future it will be taken as a reference for other researchers interested in evaluating surface damage and structural behavior of pavements under similar conditions and their proposals for rehabilitation.

Keywords: Pavement, Surface damage, Structural capacity, Pavement Condition Index, Deflectometry.

I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una ciudad, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre ciudades y el intercambio de bienes y servicios. La estructura del pavimento, como parte de la infraestructura vial, juega un papel preponderante, puesto que su objetivo es ofrecer a los usuarios un medio cómodo y a la vez seguro.

La ciudadanía tanto nacional como local se vio afectada por el reciente Fenómeno del Niño Costero ocurrido en el año 2017, dejando estragos en el pavimento de las vías urbanas: grandes daños superficiales, estructurales y en el peor de los casos, la destrucción total del pavimento.

El distrito de Santa Rosa, tierra de pescadores milenarios y el cual ocupa en el departamento el primer lugar en la extracción del pescado para el consumo humano, fue uno de los distritos más afectados por este fenómeno, dejando estragos principalmente en los pavimentos de las calles y vías, motivo por el cual, el Gobierno Nacional mediante la inversión de más de S/12.3 millones de fondos de la “Reconstrucción con cambios”, dispuso la rehabilitación de estos, el cual inició el 29 de enero del 2019, con los procesos de demolición del pavimento tanto rígido como flexible, seguido de la remoción de la carpeta asfáltica y la excavación de la capa erosionada de la base. En algunas avenidas del distrito, la estructura del pavimento se reemplazó parcialmente, mejorando la capa base; en otras se llevó a cabo el parchado del pavimento flexible y su recapeo en las avenidas consideradas sin daños severos. Finalmente, la obra se inauguró el 20 de febrero del 2020, con la participación de la directora ejecutiva de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC), Amalia Moreno Vizcardo y las autoridades del distrito.

Un problema que se ha presentado en el distrito es que algunas de las vías pavimentadas no han sido incluidas dentro del plan de rehabilitación pese a que presentan daños en la superficie, siendo una necesidad impetuosa conocer su estado actual para detectar y evaluar los daños superficiales con la suficiente anticipación, pudiendo así realizar las correspondientes faenas de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción completa por parte de las autoridades del gobierno en el caso de la necesidad de una intervención de las vías públicas.

Ahora bien, la evaluación de un pavimento no solo consiste en lo que se pueda observar superficialmente, sino que también es necesario evaluar la capacidad estructural del mismo para conocer su capacidad resistente. En el caso de los pavimentos nuevos y rehabilitados, se podrá

determinar si los trabajos realizados fueron correctamente ejecutados y si el pavimento responderá de manera correcta ante las cargas a las que será expuesto; y en el caso de los pavimentos que no han sido intervenidos, se podrá establecer las necesidades de rehabilitación, qué refuerzo necesita o en el peor de los casos una completa reconstrucción estructural.

Ahora bien, los ensayos no destructivos son la propuesta más propicia para evaluar la capacidad estructural del pavimento, pues mediante ellos se podrá medir la respuesta general de este ante una carga, sin disturbar o destruir sus componentes, minimizando los ensayos de laboratorio y siendo mucho más rápido y económico.

Los estudios y aportes brindados en esta investigación quedan expuestos como referencia para determinar propuestas de rehabilitación concretas y necesarias en los pavimentos del distrito, dependiendo de los daños superficiales y la capacidad estructural del mismo.

El objetivo general es evaluar los daños en la superficie de rodadura y la capacidad estructural del pavimento de las calles y avenidas casco urbano del distrito de Santa Rosa, departamento de Lambayeque utilizando el Índice de Condición del Pavimento y la deflectometría.

Los objetivos específicos son identificar los principales tipos de daño en el pavimento de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa, así como su nivel de severidad; cuantificar el IMDA de las principales vías del distrito de Santa Rosa y contabilizar el número de ejes equivalente (ESAL) que circulan por las mismas, además determinar el estado de capacidad estructural en el que se encuentra el pavimento, zonificando el distrito de acuerdo a los resultados obtenidos; finalmente proponer intervenciones técnicas generales en las zonas con superficie de rodadura afectada.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Internacional

- Hurtado Arias, William Marcelo con su tesis titulada “Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha”, tiene como objetivo “verificar el estado superficial del pavimento de la avenida Abdón Calderón actualmente en servicio, a través de una evaluación funcional y estructural”; toma como muestra el tramo comprendido desde la intersección con la avenida Ponce Enríquez hasta la intersección con la avenida Río Napo, con una extensión de 4.718 km. Para realizar la evaluación funcional y estructural del pavimento se siguió la siguiente metodología: evaluación mediante inspección visual, identificación de tramos secciones y muestras, aplicación del método Índice de Condición del pavimento – PCI, determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), estudio de tráfico de la vía, finalmente se realizó la evaluación de la estructura del pavimento mediante el estudio de la subrasante, tomando muestras del material “in situ” y ensayándolas en el laboratorio.

Se concluye que el tramo de estudio, en la mayoría de sus secciones, se encuentra en malas condiciones estructurales, por lo que se necesita realizar mantenimientos que mejoren la serviciabilidad. El material de la subrasante es de condiciones bajas con un CBR de 5,80% y la capa de rodadura presenta un deterioro completo a lo largo de todo el trazado, notándose la presencia de fisuras longitudinales y transversales, baches con severidad alta predominantes, depresión y fisuramiento en bloque y piel de cocodrilo en un porcentaje muy alto. Para su rehabilitación se recomendó realizar un fresado para retirar los abultamientos en los costados y luego colocar una buena mezcla asfáltica que resista las cargas del tránsito [1].

- Coy Pineda, Oscar Mauricio en su tesis titulada “Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a a 53c comparando los métodos VIZIR Y PCI”, evalúa y compara los métodos VIZIR y PCI en un pavimento flexible

urbano de la calle 134. El tramo objeto de estudio está ubicado en la localidad de Suba, sobre la calle 134 entre carreras 52a y 53c al costado sur de la ciudad de Bogotá.

Utilizó la siguiente metodología: recopilación de información, descripción de la zona de estudio, auscultación por PCI y VIZIR en el tramo especificado, fotografías; trabajo de escritorio evaluando por cada uno de los métodos, el tramo de la vía de estudio y procesando la información para describir los daños encontrados por cada uno de los métodos, haciendo la comparación, de los dos procesos; finalmente con los resultados, se describen las diferencias de cada metodología, dando las recomendaciones para cada procedimiento.

Se concluye que con las metodologías PCI y VIZIR, se obtienen datos de calificación muy parecidos, puesto que para la auscultación con el método PCI el resultado promedio fue de 0.65, un estado BUENO y para el método VIZIR el índice de deterioro superficial fue de 2, un estado BUENO también. Los resultados demuestran que la evaluación por las dos metodologías, califica la vía en un buen estado, y que los daños superficiales son menores; de igual manera las reparaciones o mantenimiento, a pesar de que las metodologías aplican procedimientos muy diferentes, su resultado fue muy parecido; sin embargo se afirma que la metodología PCI es la más completa al momento de evaluar un pavimento flexible, porque incluye todos los daños encontrados en la carpeta asfáltica, aunque aplicarla implica un procedimiento más complejo y difícil de entender y sus cálculos para determinar la clasificación de daños demoran un poco más y son más detallados, mientras que el método VIZIR es más sencillo de aplicar pero no tiene en cuenta todos los daños, solo fallas estructurales el ahuellamiento, grietas longitudinales por fatiga, piel de cocodrilo, bacheos y parcheos, por lo que su aplicación es rápida al momento de realizar un análisis y evaluación de un pavimento asfáltico [2].

- En la revista Construction and Building Materials, el artículo titulado “Evaluation of a highway pavement using non-destructive tests: Falling Weight Deflectometer and Ground Penetrating Radar” presenta los resultados de la aplicación de dos pruebas no destructivas (NDT): el deflectómetro de caída de peso (FWD) y el radar de penetración en el suelo (GPR) para evaluar la capacidad de carga de un pavimento flexible. El objetivo principal fue evaluar el uso de estas dos metodologías, sin utilizar los métodos destructivos tradicionales, inseguros y costosos, que consumen mucho tiempo, como

apoyo para las decisiones relacionadas con el mantenimiento del pavimento en relación con su condición estructural.

Los modelos estructurales se establecieron en base a las deflexiones del FWD y utilizando el espesor de diseño y el espesor medido de GPR. Las capas elásticas de modelo se estimaron a través del cálculo de retroceso.

Los resultados muestran que la variabilidad de los espesores de las capas fue alta y, por lo tanto, el enfoque principal fue la sensibilidad de los módulos elásticos estimados a los espesores de las capas.

Se concluyó que el grosor de las capas unidas tenía una gran influencia en los módulos de capas bituminosas estimadas y, por consiguiente, en los modelos de respuesta del pavimento. Aunque los resultados obtenidos son específicos de este estudio de caso, esta investigación reafirma la importancia de usar GPR para la evaluación continua del espesor de la capa junto con las pruebas de carga realizado por FWD para una evaluación estructural precisa de los pavimentos existentes [3].

- La revista *International Journal of Pavement Research and Technology* publicó un artículo titulado “Non-destructive evaluation of a city roadway for pavement rehabilitation: A case study”, el cual tuvo como objetivo evaluar de forma integral el pavimento, utilizando diversas técnicas no destructivas y la perforación del pavimento, y como objeto de estudio una carretera de la ciudad, Zhongshan Road ubicada en Xiaogang Dist., Ciudad de Kaohsiung.

El estudio llevó a cabo una evaluación del pavimento en un corredor que transportaba el tráfico de camiones pesados, que conectaba un puerto, una carretera principal, un aeropuerto e industrias, y que requería un mantenimiento constante. Con un presupuesto ajustado de mantenimiento y la intención de minimizar los efectos en el tráfico, no fue práctico realizar una reconstrucción completa o una rehabilitación importante del corredor. Para desarrollar un diseño de rehabilitación del pavimento adecuado dentro de las limitaciones prácticas, la evaluación del pavimento se realizó en este estudio utilizando técnicas no destructivas, como la inspección de la condición visual, el deflectómetro de caída de peso (FWD), el radar de penetración en el suelo (GPR), el Penetrómetro dinámico de cono (DCP), y núcleo de pavimento.

Finalmente se llegaron a las siguientes conclusiones: el grosor de las capas de pavimento se puede estimar con precisión utilizando las pruebas combinadas de GPR, DCP y el

núcleo del pavimento; además las pruebas de DCP se pueden utilizar para evaluar la intensidad de los cursos de base y subbase y para delinear el límite de las capas base y subbase; las desviaciones de FWD se utilizaron, junto con el software MODULUS 6.0, para evaluar la resistencia de las estructuras de pavimento y partir de la evaluación, se observaron deficiencias estructurales en varias ubicaciones de Zhongshan Road. El estudio de caso ilustró que una evaluación adecuada del pavimento es esencial para seleccionar las alternativas de rehabilitación adecuadas para el pavimento deteriorado [4].

2.1.2 Nacional

- Según Balarezo Zapata, Javier en su tesis titulada “Evaluación estructural usando Viga Benkelman aplicada a un pavimento”, planteando como objetivo general evaluar estructuralmente con viga Benkelman un pavimento y dar a conocer su estado en términos de parámetros de la subrasante, y teniendo como muestra un tramo del pavimento flexible de la Universidad de Piura que inicia en la puerta de entrada de la Av. Las Palmeras y termina en la puerta principal de la Av. Country con un ancho de carril de 3.00 m, una longitud de aproximadamente de 1.15 km, le fue necesario realizar la siguiente metodología con los equipos e instrumentos especificados: medición de deflexiones utilizando la viga Benkelman, elaboración de nomogramas en Matlab, teniendo como base matemática el modelo de Hogg que permite obtener el módulo de elasticidad de la subrasante y la longitud característica, ambos parámetros aplicables a relaciones ya establecidas en la teoría de pavimentos, hallar un valores de CBR y S_{Neff}, parámetros estructurales que permiten realizar un análisis del estado del pavimento y concretar la necesidad de una intervención, realizar una tabla de valores experimentales para conocer el estado de la subrasante (muy pobre, pobre, regular, buena o muy buena), calcular una proyección del tránsito para los próximos 20 años, calcular el número estructural requerido según ASSHTO 93 y el efectivo relacionando los valores parámetros del modelo de Hogg, para finalmente calcular el requerimiento del refuerzo estructural por Índice de Capacidad Estructural.

Con su estudio se afirma que el pavimento de la Universidad de Piura se encuentra sobre una subrasante sólida sin embargo es necesario realizar un refuerzo estructural, pues parte de la estructura granular se ha ido deteriorando con el tiempo y el paquete

estructural que posee es básico; para su mantenimiento con proyección a 20 años, el estudio recomienda recapear el pavimento con un espesor de 3 cm de asfalto y previamente reparar los puntos donde hay presencia de baches y mejorar las zonas donde existen desplazamientos o utilizar 2 cm de micropavimento slurry seal, teniendo en cuenta que el efecto de esta lechada asfáltica es aumentar la durabilidad del pavimento pero no la capacidad estructural. En cuanto a la evaluar estructural, el pavimento de la Universidad de Piura, tiene un buen comportamiento y la mayor parte de él se encuentra en óptimas condiciones estructurales [5].

- Según Leguía Loarte, Paola Beatriz y Pacheco Risco, Hans Fernando, en su tesis “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)”, teniendo como muestra los 3800 metros lineales del pavimento flexible de la Av. Cincuentenario, los 300 metros lineales de la Av. Colón y los 50 metros lineales de la Av. Miguel Grau, y como objetivo principal “realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías mencionadas aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente; se realizó la aplicación de la metodología Pavement Condition Index PCI, haciendo el cálculo del PCI a una unidad de muestra seleccionada aleatoriamente para obtener el índice de condición PCI y conocer la condición actual de la unidad de muestra”.

Con su estudio concluye que con la evaluación física – visual realizada a las Avenidas Cincuentenario, Colón y Miguel Grau se logró identificar 14 clases de fallas, dentro de las cuales se presentan 3 tipos de severidad: Baja, Media y Alta, con las cuales se realizó la evaluación superficial del pavimento flexible y luego aplicando el método Pavement Condition Index (PCI) se determinó que la Av. Cincuentenario tiene un PCI de 51.84 y se encuentra en un estado de conservación “Regular”; mientras que la Av. Colón y Miguel Grau tienen un PCI de 59.29 y presentan un estado de conservación “Bueno” [6].

- Díaz Espinoza, Sandy Medalith, en su tesis titulada “La revaloración de la performance funcional y estructural de los pavimentos articulados en la ciudad de Jaén”, teniendo como objetivo determinar cuáles son los factores que intervienen en el fallamiento de

los pavimentos articulados de la ciudad de Jaén, y como muestra la Calle A. Vidal Cuadras (1, 2, 3 y 4)-Tramo I, la Calle H. Zevallos Cuadras (4 y 5)-Tramo II, la Calle Los Pinos Cuadras (1, 2 y 3)-Tramo III, la Calle Los Robles Cuadras (1 y 2)-Tramo IV y la Calle Marañón Cuadra 17-Tramo V, pertenecientes al Sector Morro Solar Bajo de la ciudad de Jaén; aplica la siguiente metodología: el estudio de tráfico y el estudio de suelos, la evaluación superficial aplicando el método ICP y la evaluación estructural ejecutando calicatas en las vías, ensayos de densidad “in situ” y ensayos de Penetración Dinámica de Cono, para finalmente realizar el diseño estructural de los pavimentos, tanto articulado como rígido.

Se concluyó que en todos los tramos evaluados predominan los vehículos menores y livianos, por lo tanto, la incidencia del tráfico no es relevante para causar algún tipo de deterioro.

Del estudio de suelos se determinó que: el tramo I posee subrasante pobre, el tramo II y III poseen subrasante muy buena, el tramo IV posee subrasante excelente y el tramo V posee subrasante. Las calles evaluadas se encuentran en regular estado de conservación con un ICP de 4 para el tramo I y un ICP de 3 para los tramos II, III, IV y V. Los deterioros más frecuentes fueron: desgaste superficial, fracturamiento de adoquines, depresiones, juntas abiertas y pérdida de adoquines. Como factores principales de los deterioros encontramos: drenaje inadecuado, suelos de mala calidad y ausencia de mantenimiento.

De la evaluación estructural se determinó que: los materiales de capas usados para la construcción de los pavimentos presentan buena capacidad de soporte y son de buena calidad, excepto la arena usada para la cama de soporte. Adicionalmente se hizo una evaluación económica, concluyendo que el costo de la capa de rodadura del pavimento articulado es mucho más económico que el rígido, ya que, el costo por m² de superficie adoquinada es S/.60.64 y el m² de la superficie losa de concreto es S/.116.70 [7].

2.1.3 Local

- Pérez León, José Feler y Ramírez Leyva, Jhonel Kenedy en su tesis titulada “Evaluación y determinación de las patologías del pavimento asfáltico en la Av. Los Tréboles - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque”, la cual tiene como objetivo general evaluar las patologías del pavimento asfáltico para

determinar su estado actual y, como muestra la Avenida Los Tréboles, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento Lambayeque, sigue una metodología de investigación que involucra en primer lugar llevar a cabo el estudio de tráfico para el cálculo del IMDA, las variaciones diarias y horarias por sentido y total, la clasificación vehicular del IMDA, en segundo lugar la determinación de los tipos de daños en pavimento asfáltico, es decir fisuras, deformaciones, pérdidas de la capa de la estructura, daños superficiales y otros tipos de daños, describiendo el tipo de patología y posteriormente midiendo el nivel de severidad (bajo, medio o alto), y finalmente una evaluación de la estructura del pavimento mediante calicatas cada 150 m y los ensayos correspondientes a las muestras obtenidas. Después de haber calculado y determinado el tipo y estado de las patologías, se procedió a evaluar si están dentro del rango admisible para este tipo de vía, y poder así dar propuestas de rehabilitación.

Utilizó como técnicas de recolección de datos la observación, a través de formatos de inspección, instrumentos como regla y cinta métrica y un manual para la inspección visual de pavimentos flexible; el estudio de tráfico; y ensayos de laboratorio: Lavado asfáltico ASTM D2172 2, Granulometría NTP 339.128:1998 3, Limite líquido y limite plástico ASTM D 4313 AASHTO T89. NTP 339.129:1999 4, Calicatas MTC E101-2000 5, Proctor Modificado ASTM D 1557 6 y CBR. NTP 339.175:200.

Finalmente afirma que el pavimento se encuentra en condiciones deplorables y los principales factores que afectan la vía son el tráfico y la estructura deficiente del pavimento ya que este no cumple con los parámetros establecidos en la norma; además de las filtraciones de aguas residuales.

Se determinó que los tipos de patologías más comunes en el pavimento asfáltico son las deficiencias superficiales como desgaste superficial que representa un 48 %, esto debido a la deficiencia de la carpeta de rodadura y su antigüedad, además de contar actualmente con un espesor de tan solo 5 cm. Existe además pérdida del pavimento en su totalidad causado directamente por filtraciones de aguas residuales.

En su paquete de capas solo se pudo encontrar capa anticontaminante de 20 cm, afirmado de 25 cm y carpeta asfáltica de 5 cm, teniendo una estructura insuficiente y que además no cumple con los parámetros normados.

De acuerdo a los ensayos llevados a cabo en laboratorio se concluye que la granulometría no cumple el uso B de la EG-2013 - Manual de carreteras del MTC solicitado para alturas menores de 3000 msnm. El material de base encontrado no

cumple con el IP solicitado por la EG-2013. La densidad de campo tomada de acuerdo con el método cono de arena no cumple con el porcentaje de compactación 100% especificado para la base granular. El CBR no cumple con lo especificado en la EG-2013 que indica un 80%, y la carpeta asfáltica no cumple con el porcentaje de asfalto, pues no entra al uso granulométrico MAC-1 [8].

- Dávila Vidarte, Domingo Jorge Luis; Huangal Castañeda, Nelson Enrique y Salazar Bravo, Wesley Amado, en su tesis titulada “Aplicación del Método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía canal de la Avenida Chiclayo Distrito José Leonardo Ortiz Provincia de Chiclayo Período 2016”, tiene como objetivo determinar el deterioro de la estructura del pavimento en función de los daños existentes, y como muestra el pavimento rígido de la Avenida Chiclayo, comprendido desde la Avenida Agricultura (carretera a Ferreñafe) en el distrito José Leonardo Ortiz hasta el dren 3700 con salida a la Panamericana Norte (carretera a Lambayeque), en una distancia de 6.3 Km, ubicado en Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo; en su metodología realiza el proceso de evaluación superficial del pavimento rígido en dos etapas, la primera correspondiente al trabajo de campo y la segunda a la de gabinete para la determinación de los valores del PCI del pavimento.

Para ellos utiliza los siguientes instrumentos: registro de la información obtenida durante la inspección visual en el Formato de Exploración de Condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico del Manual del PCI, plano de distribución a fin de poder esquematizar y sectorizar las fallas presentes en el pavimento rígido y un registro fotográfico con la finalidad de evidenciar la presencia de las fallas.

Al finalizar la investigación, se concluye que el 47 % de las fallas corresponden a los 3 primeros kilómetros y son de tipo: grietas de esquina, losa dividida, desnivel de carril, grieta longitudinal, parcheo grande, parcheo pequeño, pulimientos de agregados, retracción, descascaramiento de esquina y descascaramiento de juntas. A los últimos tres kilómetros evaluados le corresponde el 37% de fallas de tipo: grietas de esquina, losa dividida, desnivel de carril, grieta longitudinal, parcheo grande, parcheo pequeño y pulimientos de agregados. Además, el tipo de falla de mayor incidencia es el denominado Grieta Longitudinal de severidad media a alta y el 83% de la vía canal de la Av. Chiclayo se encuentra en mal estado, correspondiéndole de acuerdo al método

una rehabilitación mayor, la misma que consistirá en mejoramientos estructurales, por lo que no es necesario proponer un plan de actividades de mantenimiento correctivo [9].

- Balcázar Castro, Lino Eduardo, en su tesis “Evaluación superficial del pavimento rígido de la Av. Salaverry comprendido entre las calles Pascual Saco y Cajamarca, de la ciudad de Chiclayo”, tiene como objetivo ubicar y clasificar el estado actual del pavimento rígido de la Av. Santiago Salaverry comprendido entre las calles Pascual Saco y Cajamarca, de la ciudad de Chiclayo, teniendo como base la Guía para el Reconocimiento de Fallas en Pavimentos Rígidos de la ASOCEN y una estimación de su serviciabilidad a partir de las fallas existentes, además de establecer las posibles causas de deterioro y realizar un mapeo de toda la vía señalizando las secciones averiadas que requieran mantenimiento y/o rehabilitación.

La metodología seguida fue la siguiente: identificación de las fallas y posibles causas de las mismas, anotación de las fallas en una hoja de evaluación adoptada para tal efecto, determinación del grado de severidad y la extensión de las fallas, cuantificación en gabinete la información recogida en el campo. Se establecieron previamente las cuadras que serían estudiadas, se anotaron las características físicas del pavimento en estudio, tales como: longitud, ancho, separación entre paños y número de paños, los mismos que fueron señalizados y/o ubicados en plano, se midió al azar tres paños por cuadra, del pavimento para corroborar si tenían las mismas características y se fotografiaron las fallas por paño para su posterior identificación teniendo como base la guía para el reconocimiento de Fallas en Pavimentos Rígidos de la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEN). Recopilados todos los datos de campo se prosiguió con su evaluación, clasificación y cuantificación en gabinete, teniendo como ayuda la Guía ASOCEN.

Como resultado de la evaluación superficial del pavimento rígido en estudio se obtuvo un PSI de 3.079, el cual según la metodología AASHTO corresponde a una serviciabilidad regular. El pavimento rígido evaluado, en gran número de sus paños presenta fallas de tipo fisuras y deterioro de bordes y juntas, causadas principalmente por efectos de fatiga de cargas vehiculares intermitentes, así como por causas de intemperismo y falta de mantenimiento de juntas. El estado anterior descrito, exige la ejecución de trabajos de refuerzo o recapeo urgentes, a fin de que no se incrementen los deterioros actuales y se recupere la serviciabilidad [10].

2.2 Bases Teórico Científicas

2.2.1. Pavimento

Se define como la capa o conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen con materiales apropiados y adecuadamente compactados, y cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme para una eficiente y cómoda circulación vehicular, además de absorber gran parte de los esfuerzos generados por las cargas vehiculares para transmitirlos a la subrasante.

Estos cumplen con características básicas tales como: ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito y a los agentes de intemperismo, presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, ser resistente al desgaste producido por las llantas de los vehículos, presentar regularidad superficial, ser durable y a la vez económico [14].

2.2.2. Clasificación de los pavimentos

- **PAVIMENTOS FLEXIBLES**

Formados por una carpeta bituminosa que se apoya comúnmente sobre dos capas no rígidas denominadas base y subbase, pudiendo excluir cualquiera de ellas de acuerdo a las necesidades de cada obra [14].

ESTRUCTURA

- **SUBBASE GRANULAR**

Capa de transición que dificulta la penetración de los materiales que forman la base con los de la subrasante y se comporta como filtro de la base dificultando que los finos de la subrasante la contaminen y hagan que tenga una menor calidad.

Esta debe soportar esfuerzos que se transmiten por las cargas de los vehículos por medio de las capas superiores y transmitirlos a un nivel adecuado a la subrasante [14].

- **BASE GRANULAR**

Capa resistente que se caracteriza por transmitir a la subbase y subrasante los esfuerzos que produce el tránsito en una intensidad apropiada.

Si se compara con la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la de la subbase respecto a la base [14].

□ **CARPETA ASFÁLTICA**

Capa que brinda una superficie uniforme y estable al tránsito, con una textura y color conveniente para resistir los efectos dañinos del tránsito, además de dificultar el paso del agua al interior del pavimento y ofrecer una resistencia a la tensión complementaria a la capacidad estructural [14].

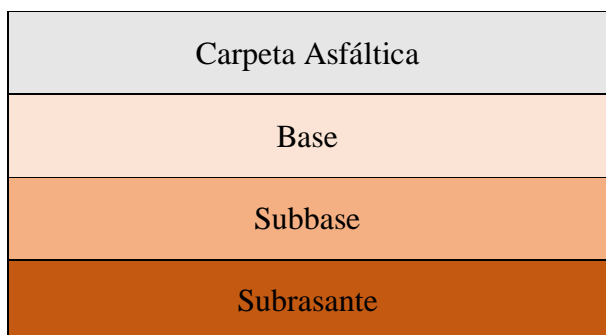


Ilustración 1. Capas del pavimento

Fuente: Propia

Dentro de esta clasificación podemos encontrar a los pavimentos articulados, los cuales están compuestos por una capa de rodadura que construida con bloques de concreto prefabricado, denominados adoquines, los cuales presentan espesor uniforme y además son iguales entre sí. Estos pueden colocarse encima de una capa delgada de arena, y esta se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de su calidad y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento [14].

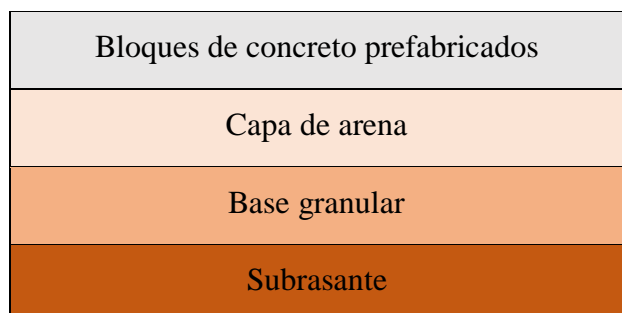


Ilustración 2. Capas del pavimento articulado

Fuente: Propia

- **PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS**

Se caracterizan por tener una de sus capas rigidizada de forma artificial con un aditivo como: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos, teniendo como fin corregir o cambiar las propiedades mecánicas de los materiales que no son adecuados para la construcción de las capas del pavimento por no cumplir con la Normativa correspondiente [14].

- **PAVIMENTOS RÍGIDOS**

Están formados por una losa de concreto hidráulico, que se apoya sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, a la que se le llama subbase.

Presentan una alta rigidez además de un elevado coeficiente de elasticidad; la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia y es capaz de resistir, en cierto punto, esfuerzos a la tensión.

Su capacidad estructural depende de la resistencia de las losas y, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

ESTRUCTURA

- **SUBBASE**

La función primordial es imposibilitar la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Sirve como capa de transición y suministra un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento, además ayuda a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y así disminuir lo menos posible la acción superficial de estos cambios volumétrico.

- **LOSA DE CONCRETO**

Cumple la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se le apliquen.

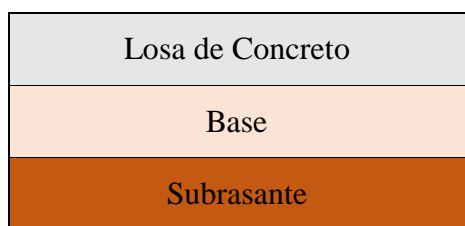


Ilustración 3. Capas del Pavimento Rígido

Fuente: Propia

2.2.3. Evaluación de pavimentos

La evaluación de un pavimento significa calificar y cuantificar las condiciones de fallas para obtener información con la que se pueda plantear soluciones de los daños encontrados [9].

Esta actividad se realiza mediante procedimientos normados de medidas y observaciones, los cuales permite deducir condiciones superficiales, funcionales y estructurales de los pavimentos.

La observación de los daños de una vía y su calificación, desde el punto de vista de su estado o condición, permite generalizar su estado a lo largo de su vida útil o período de servicio, y el tipo y oportuna aplicación de actividades de mantenimiento y rehabilitación, siendo necesario un inventario detallado de la infraestructura.

La evaluación del pavimento consiste de tres aspectos fundamentales, según el Programa Nacional Cooperativo de Investigación de Carreteras: evaluación superficial, funcional y estructural, sin embargo, han surgido algunos otros aspectos adicionales [9].

- **Evaluación de la adherencia**

La adherencia neumático-calzada es una de las características superficiales del pavimento que influye en la seguridad del conductor, pues le permite reducir la distancia de frenado y mantener la trayectoria deseada del vehículo.

Para parámetros de seguridad del pavimento, la micro textura se puede evaluar a través de la determinación del coeficiente de fricción mediante el péndulo de fricción del “Transport Research Laboratory (TRL) o péndulo inglés, mientras que la macro textura se determina con el ensayo de parche de arena [18].

- **Evaluación superficial**

Es aquella que tiene como objetivo determinar los deterioros que afectan tanto al pavimento como al usuario, pero que no implica la capacidad estructural del mismo; esta evaluación abarca aspectos que afectan al usuario de forma directa en una vía, ya sea en su comodidad de rodadura o en el tiempo de viaje [9].

Existen diferentes métodos para llevar a cabo dicha evaluación, los cuales se caracterizan por ser sencillos de aplicar y no requerir de equipos sofisticados.

La evaluación visual es una de las herramientas más importantes que forma parte esencial de toda la investigación. Esta se realiza generalmente en dos etapas: una inicial, con el fin de hacer una inspección general del proyecto, y otra detallada, en la que se inspecciona la vía caminando sobre ella, realizando la recopilación de datos necesarios y describiendo todos los tipos de falla encontrados en función a su severidad, frecuencia y ubicación, así como información que se considere necesaria.

Es esencial realizarla de manera periódica para determinar la naturaleza y extensión de los deterioros en el pavimento, pues estos tienen un impacto directo sobre el comportamiento del pavimento existente y sobre capas de refuerzo posteriores. Además, permite determinar el tratamiento más adecuado a la superficie del pavimento antes de colocar la sobrecapa de refuerzo [19].

Los métodos más conocidos y utilizados son:

- MÉTODO DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

Desarrollado entre 1974 y 1976 por el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE.UU. y publicado en 1978, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles. Constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado; ha sido publicado por la ASTM (ASTM D6433-03) como método de análisis y aplicación, y es conocido como procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.

La metodología no busca solucionar aspectos de seguridad pues se desarrolló principalmente para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, y un valor que cuantifique el estado en que se encuentra para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

El cálculo se basa en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla encontrada.

Este método se caracteriza por no requerir ningún equipo especial o sofisticado para la evaluación; además de proporcionar información confiable sobre las

fallas que presenta el pavimento, su severidad y la condición final que este presenta. Su empleo no resulta ser complejo, pues es un método estándar y detallado que además es la base para determinar necesidades de mantenimiento o rehabilitación del pavimento [20].

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Los daños de un pavimento están en función a su clase, severidad y cantidad o densidad. La formulación de un índice que tenga en consideración los tres factores ha sido un problema debido al gran número de posibles condiciones. Por ello se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El ingeniero civil colombiano Vásquez Valera, especialista en vías y transporte, realiza una publicación del uso a detalle de esta metodología, señalando al PCI como un índice numérico que se encuentra en el rango de cero (0), en el caso de un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) si fuese el caso de un pavimento en excelente estado. En la Tabla 1, se muestran los rangos de PCI con su descripción cualitativa.

Tabla 1. Rangos de Calificación del PCI

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

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y concreto en carreteras

El cálculo tiene su fundamento en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se toma en cuenta la clase, severidad y cantidad de cada daño presente, siguiendo una metodología de fácil de

implementar y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide de manera indirecta [20].

OBJETIVOS

Tiene dos objetivos principales:

Determinar el estado en el que se encuentra el pavimento con respecto a su integridad estructural, es decir la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar sollicitaciones externas como cargas de tránsito o condiciones ambientales, y del nivel de servicio que ofrece al usuario, es decir la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor [20].

Obtener un indicador que permita comparar, mediante un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento, pudiendo así justificar las obras de mantenimiento y rehabilitación, y seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio [20].

UNIDADES DE MUESTREO

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones cambian dependiendo del tipo de vía y de capa de rodadura:

- Vías con pavimento asfáltico y ancho menor que 7.30 m: El área de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En la Tabla 2 se muestran relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 2: Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y concreto en carreteras

- Vías con pavimento rígido, losas de concreto de cemento Portland, y con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

Es recomendable tomar un valor medio de los rangos. Para cada muestra inspeccionada se deberán elaborar esquemas que ilustren el tamaño y la ubicación de las unidades como referencia futura [20].

DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA LA EVALUACIÓN

En la “Evaluación de una Red Vial” comúnmente se tiene un gran número de unidades de muestreo, las cuales demandarán tiempo y recursos; por ello, es necesario aplicar el proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben evaluar todas las unidades; pero si no es posible, el número mínimo de unidades de muestreo que debe evaluarse se obtiene con la fórmula siguiente, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

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 (10% para pavimento asfálticos y de 15% para pavimento de concreto)

SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar.

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible

n: Número mínimo de unidades para evaluar

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .

SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO ADICIONALES

La inspección deberá considerar cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen este tipo de unidades de muestreo, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección [20].

○ PAVEMENT CONDITION RATING (PCR)

Desarrollado para el estado de Ohio red de carreteras, es un método basado en la inspección visual de alteraciones del pavimento, sin embargo, la relación entre los daños del pavimento y el rendimiento no se encuentra correctamente definida. Señala que la capacidad de un pavimento para soportar las cargas de tráfico de forma segura y sin inconvenientes se ve afectada de forma negativa por la aparición de estos daños.

Su metodología de clasificación se realiza de manera uniforme, en cuanto a la gravedad y extensión de los daños del pavimento. La expresión matemática para el PCR brinda un índice que refleja los efectos compuestos de varios tipos de daños.

Este sistema se desarrolló para identificar daños de pavimentos flexibles, rígido, de concreto armado y articulado.

El modelo para calcular la PCR se basa en la suma de puntos de deducción para cada tipo de falla observable. Los valores a deducir son una función del tipo de falla, la gravedad y extensión. La deducción para cada tipo de falla se calcula multiplicando el peso de falla por el peso de la gravedad y el alcance de la falla. El peso de la falla es la máxima cantidad de puntos deducibles para cada tipo de falla diferente.

La expresión matemática es la siguiente:

$$PCR = 100 - \sum_{i=1}^n \text{Deducción } i$$

Dónde:

n = número de fallas observables

Deducción = (Peso para falla) (Peso para severidad) (Peso para extensión)

Los pesos deducidos para cada tipo de pavimento se han desarrollado en base a la revisión de los métodos de calificación desarrollados en los Estados Unidos, Europa y Canadá.

Se consideraron dos premisas al asignar los pesos:

1. La superposición y / o rehabilitación de carreteras de alto tipo (de varios carriles) debe considerarse cuando la PCR cae dentro del rango de 65 a 55.
2. Los pavimentos deteriorados normalmente exhiben varios tipos diferentes de fallas.

La Escala de Calificación de Condición del Pavimento (PCR) para describir la condición del pavimento utilizando los números de PCR tiene un rango de 0 a 100; una PCR de 100 representa un pavimento perfecto sin observables daños y una PCR de 0 representa un pavimento con todas las fallas de Alto nivel de gravedad y niveles de extensión extenso [6].

○ **INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS EN CARRETERAS (VIZIR)**

Considerado como un sistema de evaluación de fácil aplicación que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales.

El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías; “A” y “B”.

Las degradaciones del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, ya sea que esté relacionada a las condiciones de diversas capas y el suelo de la subrasante o a las capas asfálticas. Son debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada y cuya reparación requiere el conocimiento de otros criterios de valoración, como ensayos de resistencia y deflexiones. Comprenden: ahuellamientos, grietas longitudinales por fatiga, piel de Cocodrilo, hundimientos, parches y otras deformaciones estructurales

Las degradaciones del tipo B, en su mayoría funcionales, dan lugar a reparaciones que no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada y que tienen su origen en las deficiencias constructivas y condiciones locales particulares. Comprenden los agrietamientos debidos a fatiga, desprendimientos, afloramientos, grietas longitudinales por junta de construcción, grietas de contracción térmica, grietas parabólicas, grietas de borde, abultamientos, desprendimientos, pulimiento de agregados, exudación, desintegración de los bordes, escalonamiento entre calzada berma y afloramientos.

El método define la condición del pavimento mediante el índice de deterioro superficial conocido como I_s , el cual es un valor adimensional que se calcula a partir del porcentaje vial del área afectada con respecto a la longitud vial del tramo estudiado.

El valor I_s , está comprendido entre el rango de 1 a 7.

Tabla 3. Índice de deterioro superficial por VIZIR

RANGO CALIFICACION	
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos Asfálticos de carreteras

Lo primero que se realiza es la inspección visual identificando:

TIPO: Categorías de acuerdo con los mecanismos que la originan

GRAVEDAD: Criticidad del deterioro en términos de su progresión.

EXTENSIÓN: Área o longitud del tramo estudiado y que es afectada por algún tipo de deterioro.

Los daños se presentan en el esquema por medio de rectángulos cuyo fondo; blanco (1), gris (2) o negro (3) indica el nivel de gravedad.

Tabla 4. Escala de graduación por gravedad del daño

NIVEL DE GRAVEDAD		
1	2	3
□	■	■

FUENTE: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos Asfálticos de carreteras

Esta metodología permite, a través de la inspección visual, la identificación, cualificación y cuantificación de los daños sean funcionales y/o estructurales de una vía, utilizando el cálculo del índice de deterioro superficial el cual será un sustento técnico para tomar decisión frente a priorización y tipo de intervención en las vías a rehabilitar, proporcionando una herramienta fácil de implementar, con bajo costo de aplicación, pero eficiente [24].

○ PAVEMENT SURFACE EVALUATION AND RATING (PASER)

Desarrollado en el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin, este método presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica con categorías de entre 1 y 10, donde 10 corresponde a las mejores condiciones de calidad. Es deficiente al no considerar escalas intermedias para calificar la superficie dañada, sin embargo, responde a los estándares con los que han sido diseñados otros métodos.

El Centro de Información de Transporte de la Universidad de Wisconsin realizó publicaciones con fotografías representativas del estado del pavimento que corresponden con las calificaciones PASER para ayudar a aquellos que realizan estudios de campo. Hay que destacar que la calificación PASER, refleja las condiciones de la superficie del pavimento, y no la condición estructural del pavimento, o de la vida de la superficie del pavimento restante, sin embargo, es aplicable a varios tipos de pavimento como también a sus obras de arte, según los diferentes manuales [23].

Tabla 5. Escala de calificación PASER

CALIDAD	CLASIFICACION	TRATAMIENTO (ASFALTO)	TRATAMIENTO (CEMENTO PORTLAND)
<i>Excelente</i>	9 – 10	No requiere mantenimiento	No requiere mantenimiento
<i>Buena</i>	7 – 8	Sellado de grietas y parches menores	Mantenimiento de rutina
<i>Justa</i>	5 – 6	Tratamientos de preservación (no estructurales)	Reparaciones de superficies, parches de profundidad parcial
<i>Pobre</i>	3 – 4	Renovación estructural (superposición)	Rehabilitación extensa de losas o articulaciones
<i>Ha fallado</i>	1 – 2	Reconstrucción	Reconstrucción

Fuente: Centro de Información de Transporte de la Universidad de Wisconsin

Tabla 6. Comparativo entre metodologías de evaluaciones superficiales

CRITERIO	PCI	PCR	VIZIR	PASER
RANGOS DE CLASIFICACIÓN	La metodología cuenta con 7 niveles desde 100 hasta 0: Excelente, Bueno, Muy Bueno, Regular, Malo, Muy Malo y Fallado.	Tiene un rango de 0 a 100, sin embargo no caracteriza al pavimento, si no que establece un límite de cuando intervenirlo	Reducido rango de calificación, pues solo cuenta con 3 niveles: "1-2: buenas condiciones", "3-4: regular estado" y "5-7: deficiente condición"	Presenta 5 niveles de calificación: desde excelente, bueno, justo, pobre y fallado
TIPOS DE PAVIMENTOS A LOS QUE APLICA	Tanto para pavimentos rígidos como flexibles	Todo tipo de pavimento como también a sus obras de arte	Exclusivamente en pavimentos asfálticos	Para pavimentos flexibles, rígido, de concreto armado y articulado
CRITERIO DE EVALUACIÓN	Tiene en cuenta daños tanto superficiales como estructurales que pueda tener el pavimento para el cálculo del índice de condición del pavimento	La relación entre los daños del pavimento y el rendimiento no está bien definida dentro de este sistema.	La evaluación del deterioro del pavimento considera sólo fallas del tipo estructural mas no las funcionales	No es necesario medir la gravedad y severidad de los tipos específicos de daños
VENTAJAS	Es la más detallada, pero a la vez la más compleja y la que requiere de más tiempo para realizar los cálculos de clasificación de la estructura pavimento, además de necesitar curvas de valores deducidos para determinar la severidad de los daños.	Es sencilla y rápida, además refleja los efectos compuestos de varios tipos de daños	Es más sencilla ya que solo tiene en cuenta los daños estructurales omitiendo los daños funcionales, lo cual permite realizar la evaluación, análisis y clasificación en un menor tiempo.	Es veloz y no requiere mediciones específicas, sino que se centra en la condición general de la superficie del segmento del pavimento.

Fuente: Propia

- **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL**

Permite en determinar la capacidad resistente del pavimento en una estructura vial ya construida, en cualquier momento de su vida de servicio con la finalidad de establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación cuando el pavimento se acerca al final de su vida útil o la demanda de tráfico va a cambiar.

Está comprendida por la auscultación estructural, es decir la utilización de técnicas de recolección de información del pavimento mediante deflexiones, y el retrocálculo, el cual consiste en aplicar la metodología a utilizar para obtener los resultados finales de la evaluación estructural.

Al interpretar los resultados se tendrán en cuenta correcciones de temperatura, la humedad y el tiempo de carga.

Con el análisis estructural se define el período de vida remanente, la capacidad estructural y las rehabilitaciones que se deben realizar para cada situación. Se emplean diversos métodos orientados a predecir y solucionar daños estructurales presentes en los pavimentos [13].

La capacidad estructural de pavimentos en servicio, puede medirse utilizando Ensayos No Destructivos (END), Ensayos Destructivos (ED), o por ambos.

- **ENSAYOS DESTRUCTIVOS**

Los ED se realizan mediante métodos directos de auscultación, los cuales deterioran la estructura del pavimento e implican la extracción de muestras o probetas que son ensayadas en el laboratorio para determinar las propiedades de las capas. La resistencia de los materiales y los tipos de defectos presentes en cada capa se utilizan para determinar la capacidad de carga, las capas dañadas y la causa de la falla estructural

El uso de estos métodos presenta desventajas como: mayor cantidad de tiempo para la obtención de datos, costos muy elevados o mayores molestias en el tráfico.

Entre los ensayos más utilizados en nuestro país tenemos:

CALICATAS O POZOS A CIELO ABIERTO: estas permiten inspeccionar directamente el suelo que se desea analizar y, por ende, es el método de exploración que comúnmente brinda información más confiable y completa. En suelos con grava, es el único medio de exploración genera información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo.

EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS: para ellos de utilizan máquinas que cortan circularmente el pavimento, con el fin de obtener muestras para su posterior ensayo en un laboratorio.

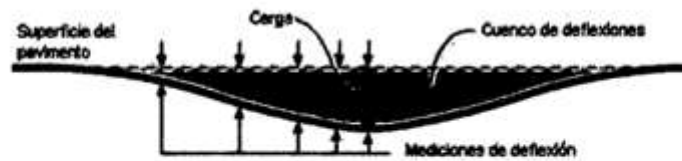
- **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

También llamados métodos indirectos de evaluación estructural, son aquellos que miden la respuesta general del pavimento a una carga sin disturbar o destruir los componentes del pavimento, dichos métodos se basan en hipótesis y modelos matemáticos. Ofrecen muchas ventajas con respecto a los ED: no dañan el pavimento, se minimizan los ensayos de laboratorio, son más rápidos y económicos.

Cuando se aplica una carga en la superficie del pavimento se inducen esfuerzos en las capas inferiores causando tensiones en todas las capas. La suma de todas las deformaciones verticales en la estructura del pavimento y en el terreno de fundación representa la deflexión del pavimento y dicho valor encierra una valiosa información acerca de las características estructurales del pavimento y su subrasante, es un proceso de diseño inverso (retrocálculo) ya que se utiliza la respuesta del sistema (pavimento-subrasante) para establecer sus características estructurales.

Conceptualizar el término deflexión, es considerarlo como “la medida de la deformación elástica que experimenta un pavimento, al paso de una carga en función del tipo y del estado del pavimento”. Por otra parte, el cuenco de deflexiones se define como “el conjunto de deflexiones que se producen entre el punto de aplicación de la carga en un pavimento y sus alrededores” [16].

Ilustración 4. Comportamiento del cuenco de deflexiones



Fuente: Tesis “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel-Pablo, Tramo San Miguel-SUNUDEN: mediante el análisis deflectométrico”

Los equipos de deflectometría pueden registrar deflexiones en diferentes puntos, lo que permite definir completamente la caracterización de las deformaciones, es decir el cuenco de deflexiones. Los más usados son: Viga Benkelman, Dinaflect, Road Rater, y el deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer FWD). Todos estos equipos miden la respuesta del pavimento frente a una carga externa [14].

MEDICIÓN DE DEFLEXIÓN POR CARGAS DE IMPACTO

Utiliza equipos como el deflectómetro de impacto (FWD), los cuales “aplican un impulso de carga de corta duración para simular el paso de una rueda móvil a alta velocidad, a través de una masa suspendida que se eleva y luego se deja caer sobre una placa que se ha situado en la superficie del pavimento. Variando el peso y la altura de caída se pueden generar diferentes magnitudes de cargas de impacto y duración, semejantes a las de una carga real del tránsito” [21].

El procedimiento consiste en situar el equipo en el punto fijo, se baja la placa y los sensores hasta que se apoyen en la superficie y se aplica la o las cargas previstas.

El equipo tiene un conjunto de sensores o geófonos (10 geófonos) colocados en una regleta, y dispuestos a diferentes distancias medidas desde el centro del plato de carga, el cual tiene un diámetro de 30 cm. Su función es medir las deflexiones producidas al aplicar la carga dinámica sobre un punto determinado y de este

modo generar un cuenco de deflexión, a través del cual se puede caracterizar la capacidad estructural del sistema subrasante-pavimento [21].

La adquisición de un equipo sofisticado como este, puede resultar costosa, pero presenta un alto rendimiento, es automatizado y funciona bajo una carga dinámica (mejor simulación de las cargas del tráfico sobre el pavimento) [21].

Otro de los equipos utilizados es el Radar de Penetración Terrestre (GPR), el cual ofrece un método eficiente para inspecciones de pavimentos en Carreteras, pistas de Aeropuertos, arqueología, construcción e investigación, y tiene como principal objetivo identificar deformaciones, grietas, agua, aire, tuberías o cualquier otro tipo de material. La tecnología consiste en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades, arrojando imágenes en dos dimensiones que permiten su posterior interpretación.

En el caso de diagnóstico de pavimentos se obtiene, conociendo los módulos y espesores, mediante cálculo directo, el refuerzo necesario para restaurar el pavimento a su estado original.

Además, permite detecta nidos y grietas ocultas bajo la superficie, genera vistas múltiples interactivas de tuberías y otros elementos y el reconocimiento automático de tuberías y elementos.

Es importante destacar que, aunque se cuente con una amplia gama de equipos y herramientas de análisis para la evaluación de pavimentos, la experiencia de un ingeniero experto en el tema será de vital importancia, pues su criterio es irremplazable al momento de interpretar la información recolectada y decidir qué acciones tomar para rehabilitar o preservar los pavimentos [21].

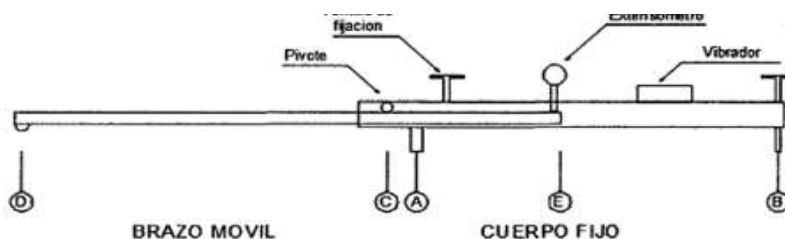
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES POR MEDIO DE CARGAS ESTÁTICAS

Uno de los equipos más utilizados para este tipo de mediciones es la Viga Benkelman. El Ingeniero A.C. Benkelman la desarrolló en 1953 como parte del programa de ensayos viales de la ASSHO Road Test, desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos

flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que brinda.

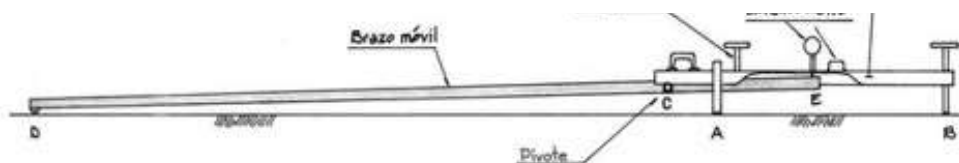
La viga consta de dos partes: “un cuerpo fijo que se ubica directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos “A” y un tercero posterior regulable “B”), y un cuerpo móvil que consta de dos brazos móviles acoplados al cuerpo fijo a través de una articulación o pivote “C”, uno de cuyos extremos se apoya sobre el terreno “D” entre las dos llantas del eje trasero, y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical “E”. Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que, al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas” [22].

Ilustración 5. Esquema Viga Benkelman



Fuente: Tesis “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel-Pablo, Tramo San Miguel-SUNUDEN: mediante el análisis deflectométrico”

Ilustración 6. Partes de Viga Benkelman



Fuente: Tesis “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel-Pablo, Tramo San Miguel-SUNUDEN: mediante el análisis deflectométrico”

Un equipo sencillo que funciona por medio de una palanca suspendida de un bastidor que trasmite la deflexión vertical del punto de medida a un comparador. Este equipo debe ser usado con un camión cargado, normalmente con 80 KN en un eje, con llantas duales infladas a una presión de 0.48 a 0.55 Mpa. Las mediciones se realizan colocando la punta de la viga entre las dos ruedas y midiendo la deflexión cuando el vehículo se retira. Los resultados de las deflexiones se leen en un dial indicador.

El procedimiento de su uso es el siguiente: la punta de la viga es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo "DE" gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo "AB", determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro. La operación expuesta representa el principio de medición con la Viga Benkelman, para luego solo realizar cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las lecturas obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto "D" de la viga, durante el procedimiento. Cabe destacar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto "D" al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar esta" [22].

Este equipo de bajo costo de utilización posee dos desventajas principales: la primera el bajo rendimiento de muestreo y segundo la falta de proveer un cuenco de deflexiones.

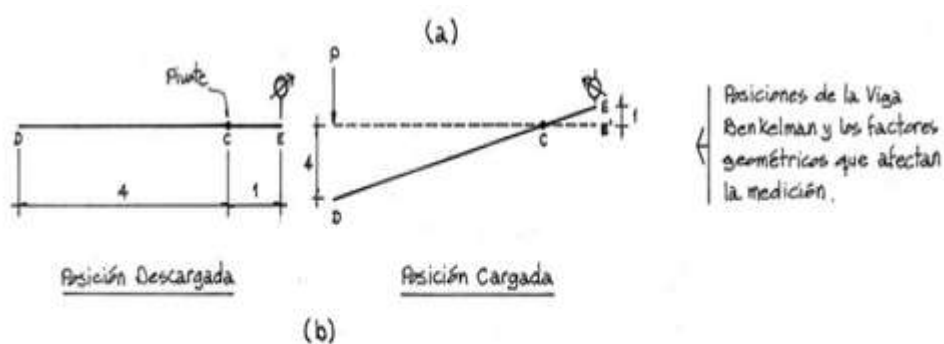
La viga Benkelman utilizada actualmente es la de brazo doble, esta considera dos puntos de deflexión distantes 25 cm, y con los cuales se puede establecer la parábola de la deformada. En esta deformada se inscribe un círculo cuyo radio de curvatura (R_e) representa una longitud ficticia y mediante la interpretación de

este valor, la deflexión máxima en el origen (D_0) y la de flexión característica (D_e), se tipifica la respuesta en cinco casos.

PRINCIPIO EMPLEADO

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca, es decir:

Ilustración 7. Esquema del Principio de Operación de la Viga Benkelman



Fuente: Artículo “Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso”

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES:

Una vez tomados los datos de campo, el cálculo de las deflexiones para cada sección consiste en sustraer la lectura final a cada una de las otras, representando las respectivas diferencias la deformación en dichos puntos, las cuales en conjunto definen la curva de deflexión de superficie de pavimento.

Como las lecturas que se toman en el dial corresponden a componentes de deformación en un proceso de descarga, el valor o lectura final será menos que el inicial.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para determinar la capacidad estructural del pavimento y estimar el espesor del refuerzo requerido se pueden emplear metodologías empíricas y racionales como:

- ❖ Metodología Racional del Instituto del Asfalto: este método no solo emplea el valor máximo de la deflexión, sino que también analizan el tipo de curvatura que adopta la superficie cargada en los ensayos. El espesor del pavimento se determina en función de la resistencia relativa de las capas componentes de la estructura del pavimento y de la proyección del tráfico. Los espesores de refuerzo se calculan en función de la deflexión característica (D_c) y del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, acumulados en el periodo de diseño.

- ❖ Metodología de base racional Modelo Elástico o Modelo de Hogg: En 1944, Hogg presentó un modelo que representaba al pavimento como una placa delgada con cierta rigidez a la flexión y horizontalmente infinita, sustentada por una capa elástica homogénea e isotrópica, de espesor infinito o limitado por una base rígida, horizontal y perfectamente rugosa. En este método, la evaluación del terreno de fundación y la estructura del pavimento existente consiste en la determinación analítica del CBR del terreno de fundación y de los parámetros estructurales que caracterizan la estructura del pavimento.

El sistema pavimento-subrasante es idealizado por un modelo elástico de dos capas y los parámetros estructurales del sistema son calculados determinando los módulos de elasticidad del pavimento y del terreno de fundación, el número estructural del pavimento existente y el número estructural requerido.

- ❖ Metodología empírica establecida por El Consorcio de Rehabilitación Vial CONREVIAl: Se basa en el valor de la deflexión máxima y el tipo de curvatura

que adopta la superficie cargada, siendo sus resultados confiables a medida que exista una base comparativa en una gran variedad de estructuras.

Para pavimentos flexibles se recomienda utilizar el procedimiento canadiense CONREVIAl que coincide con el del Instituto del Asfalto, los cuales determinan principalmente la Deflexión Recuperable del Pavimento y el Radio de Curvatura, que depende directamente de la deformación por tracción y del espesor de las capas asfálticas.

- Determinación del radio de curvatura

El radio de curvatura de la línea elástica de deflexión es “una característica que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al flexionar bajo las cargas, y en consecuencia, en el desarrollo del fisuramiento” [22].

El radio de curvatura queda definido por la siguiente relación:

$$R_c = \frac{10x(25)^2}{2x(D_0 - D_{25})}$$

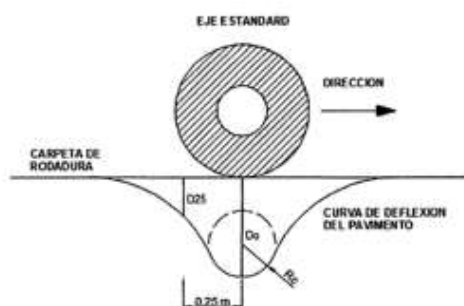
Donde

R_c = Radio de Curvatura en metros

D_0 = Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga, en centésimas de milímetros.

D_{25} = Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga, en centésimas de Milímetros, a 25 cm del eje de carga.

Ilustración 8. Deformada del pavimento



Fuente: Tesis “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel-Pablo, Tramo San Miguel-SUNUDEN: mediante el análisis deflectométrico”

- Deflexión característica

Los datos recopilados se procesan para determinar la deflexión media (d_m), desviación estándar (d_s) y el coeficiente de variación (c_v), para "n" determinaciones.

De acuerdo al tipo de carretera, se adopta una ecuación para el cálculo de la deflexión característica, que corresponde al 95% de probabilidad de diseño, superada sólo por el 5% de las determinaciones efectuadas.

Tabla 7. Deflexión característica según tipo de carretera

Tipo de Carretera	Deflexión Característica D_c	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$D_c = D_m + 1.645d_s$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$D_c = D_m + 1.645d_s$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$D_c = D_m + 1.645d_s$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$D_c = D_m + 1.282d_s$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$D_c = D_m + 1.282d_s$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	$D_c = D_m + 1.036d_s$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 85%

Fuente: Manual de Carreteras – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos

- Deflexión admisible

Es un parámetro definido en función al tráfico de diseño, establece un límite para la deflexión característica por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura durante el periodo considerado y que dependerá del número total de ejes equivalentes [22].

Para el método se ha adoptado la siguiente ecuación:

$$D_{adm} = (1.15/N)^{0.25}$$

Donde:

D_{adm} = Deflexión admisible en mm (a comparar con deflexiones Viga Benkelman)

N = Número de repeticiones de ejes equivalentes en millones

Las deflexiones características y admisibles, se comparan mediante un análisis combinado de los resultados de la evaluación, presentándose diversas posibilidades a ser analizadas para lograr establecer la capacidad estructural del pavimento existente en relación al tráfico y cargas circulantes, definiendo sí la estructura del pavimento es adecuada y sólo requiere de una renovación superficial; o, se encuentra fatigada y requiere un refuerzo estructural; o, es una estructura deficiente y requiere una reconstrucción parcial o total. Para la diferenciación de casos que podrían presentarse se muestra en el siguiente cuadro, el cual compara la deflexión característica con la admisible, en función del tráfico futuro” [22].

Tabla 8. Análisis combinado de los resultados

PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
1ª deflexión característica resulta:	SUPERIOR 2ª Hay fallas de origen estructural?	NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto		PRIMER CASO Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto
		SI: 3ª Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas?	NO: Las fallas se deben a otra causas	SEGUNDO CASO Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias
			SI: Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 8m)	TERCER CASO Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil.
	IGUAL O INFERIOR 2ª Hay fallas de origen estructural?	NO: Corregir fallas de origen superficial		
	SI: 3ª De qué tipo?	Fallas por fatiga (piel de cocodrilo) Radio de curvaturas pequeño (menor o igual a 80 m) Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas		TERCER CASO En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles
		Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, abuellamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc.		CUARTO CASO Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular abuellamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original. En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes.

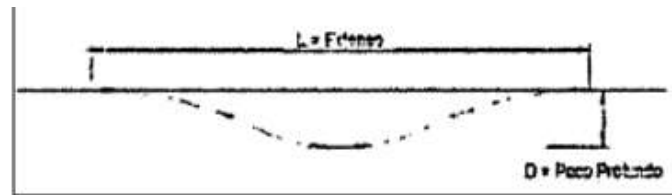
Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAl

Con estos resultados, se podrá determinar los sectores en los que son necesarios trabajos de renovación superficial, refuerzo estructural o reconstrucción parcial o total.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Los valores característicos de deflexiones en pavimento, se utilizan para establecer relaciones cualitativas entre las características de la curva de deflexiones y el sistema Pavimento-Subrasante.

Ilustración 9. Deflexión Tipo I – Curva extensa, poco profunda



Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAT

Ilustración 10. Deflexión Tipo II – Curva extensa, profunda

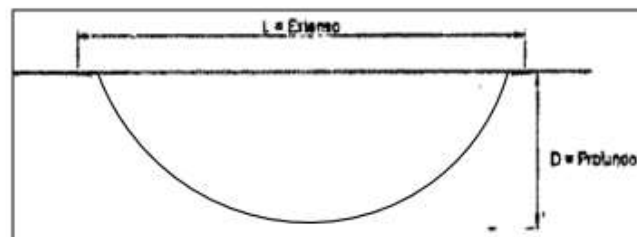
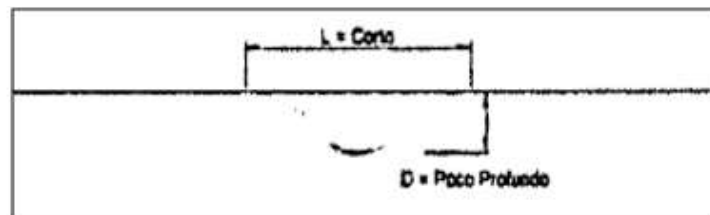
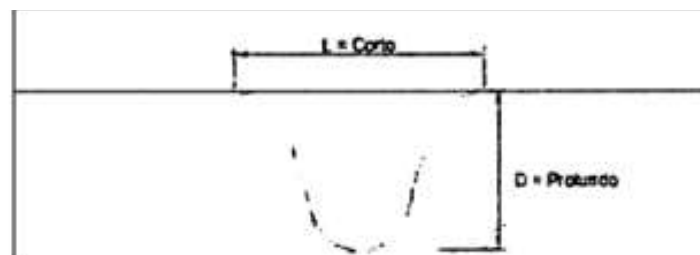


Ilustración 11. Deflexión Tipo III – Curva corta, poco profunda



Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAT

Ilustración 12: Deflexión Tipo IV – Curva corta, profunda



Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAT

De acuerdo a los tipos de deflexiones se obtendrá el siguiente análisis:

Tabla 9: Características del Pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura

Tipo de Deflexión	Comportamiento de la Subrasante	Comportamiento del Pavimento
Tipo I	Bueno $D < D_a$	Bueno $R_o > 100$
Tipo II	Malo $D > D_a$	Bueno $R_o > 100$
Tipo III	Bueno $D < D_a$	Malo $R_o < 100$
Tipo IV	Malo $D > D_a$	Malo $R_o < 100$

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAl

Estos tipos de modelos de deformación se interpretan de la siguiente forma:

- Tipo I: Buen comportamiento estructural de subrasante y del pavimento, se puede observar que su radio de curvatura es mediana y su deflexión pequeña, y esto se debe a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de deterioro, y una subrasante con materiales que cumplen con la calidad solicitada [22].
- Tipo II: Mal comportamiento estructural de subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento, se puede observar un radio de curvatura mediana y una deflexión grande, esto debido a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de deterioro, pero una subrasante que posee materiales que no cumplen con la calidad solicitada [22].
- Tipo III: Buen comportamiento estructural de subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, se puede observar un radio de curvatura pequeño y una deflexión pequeña, esto debido a un espesor de las capas del pavimento insuficientes o un alto grado de deterioro de dichas capas, las cuales ya no cumplen con los estándares de calidad solicitados [22].

- Tipo IV: Mal comportamiento estructural de subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, ya que presentan un radio de curvatura pequeño y una deflexión grande, esto debido a un espesor de las capas del pavimento insuficientes o un alto grado de deterioro de dichas capas, además de una subrasante que posee materiales inadecuados con un bajo CBR, así como deficiencia en el grado de compactación y/o mal drenaje [22].

Tabla 10: Comparativo entre metodologías de evaluaciones estructurales

CRITERIO	ENSAYOS DESTRUCTIVOS	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
		DEFLECTÓMETRO O DE IMPACTO	RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE	VIGA BENKELMAN
MÉTODO EMPLEADO	Utilizan métodos directos de auscultación	Utilizan métodos indirectos para la evaluación estructural del pavimentos mediante la medición de deflexión por cargas de impacto	Utilizan métodos indirectos para la evaluación estructural del pavimentos mediante la medición de deflexión por cargas de impacto	Utilizan métodos indirectos para la evaluación estructural del pavimentos mediante la medición de deflexión por cargas estáticas
DAÑO AL PAVIMENTO	Deterioran la estructura del pavimento pues implican la extracción de muestras o probetas	No dañan el pavimento, pues solo miden su respuesta general a una carga sin disturbar o destruir sus componentes.		
DESVENTAJA	Mayor cantidad de tiempo para la obtención de datos, costos muy elevados, mayores molestias en el tráfico	Utiliza un equipo sofisticado (una serie de sensores o geófonos) por lo que resulta costoso	Utiliza tecnología de alta gama que implica la emisión y propagación de ondas electromagnéticas, por lo que resulta costoso	No permite la simulación real de las cargas del tráfico, tiene un bajo rendimiento de muestreo y es necesario utilizar otras metodologías para para obtener un cuenco de deflexiones
VENTAJA	Entrega información más confiable y completa en toda clase de pavimentos	Presenta un alto rendimiento, es automatizado y funciona bajo una carga dinámica, por lo que ofrece una buena simulación de las cargas del tráfico sobre el pavimento.	Al utilizar ondas electromagnéticas con la posterior recepción de las reflexiones, se obtienen imágenes en dos dimensiones que permiten conocer los módulos y espesores del pavimento y conocer el refuerzo necesario para la reparación	Es mucho más económico, pues utiliza un dispositivo sencillo (una viga y un camión)

Fuente: Propia

2.2.4. Principales daños en la superficie de los pavimentos

Teniendo como guía el Manual “PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y concreto en carreteras”, se establecieron los principales tipos de daños para las dos principales clases de pavimentos

- **Pavimentos flexibles**

PIEL DE COCODRILO

Se presenta mediante una serie de grietas interconectadas que tienen por origen la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento empieza en el fondo de la capa asfáltica donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas.

Ilustración 13: Piel de cocodrilo Nivel Bajo



Ilustración 14: Piel de cocodrilo Nivel Medio

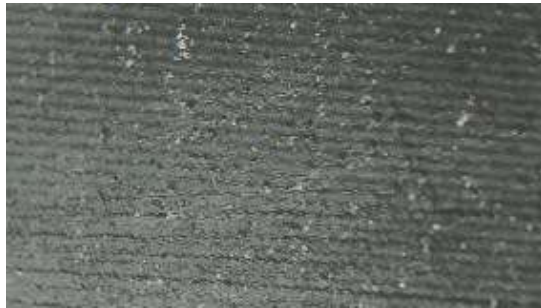


Ilustración 15: Piel de cocodrilo Nivel Alto

EXUDACIÓN

Es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que comúnmente llega a ser pegajosa. Originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Se produce cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento.

Ilustración 16: Exudación Nivel Bajo**Ilustración 17: Exudación Nivel Medio**

Ilustración 18: Exudación Nivel Alto**AGRIETAMIENTO EN BLOQUE**

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios.

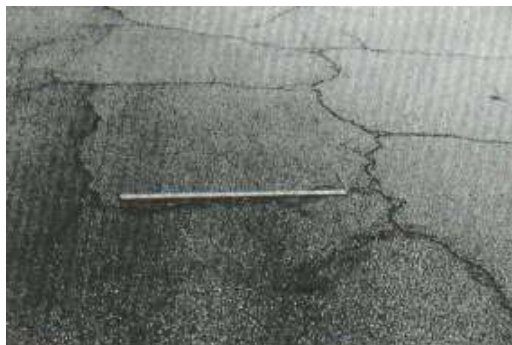
Ilustración 19: Agrietamiento en Bloque de Nivel Bajo**Ilustración 20: Agrietamiento en Bloque de Nivel Medio**

Ilustración 21: Agrietamiento en Bloque Nivel Alto



ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS)

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, en la superficie del pavimento.

Ilustración 22: Abultamientos y hundimientos de severidad baja



Ilustración 23: Abultamientos y hundimientos de severidad media



Ilustración 24: Abultamientos y hundimientos de severidad alta**CORRUGACIÓN**

O lavadero, es una serie de cimas y depresiones muy próximas en intervalos regulares, a menos de 3.0 m. Causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos se denomina corrugación.

Ilustración 25: Corrugación de severidad baja**Ilustración 26: Corrugación de severidad media**

Ilustración 27: Corrugación de severidad alta



DEPRESIÓN

Son áreas en la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. Son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Ilustración 28: Depresión de Severidad baja



Ilustración 29: Depresión de Severidad media

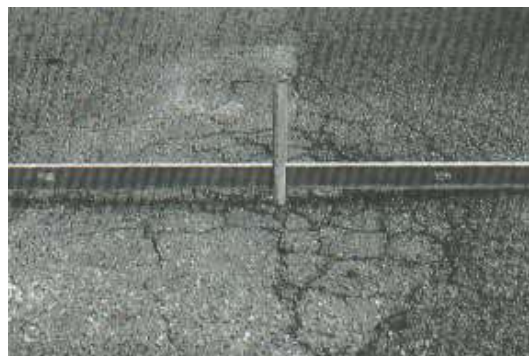


Ilustración 30: Depresión de Severidad alta



GRIETA DE BORDE

Son paralelas y a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento (condiciones climáticas de la base o de la subrasante próximas al borde).

Ilustración 31: Grieta de borde de severidad baja



Ilustración 32: Grieta de borde de severidad media



Ilustración 33: Grieta de borde de severidad alta



GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA

Ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica sobre una losa de concreto de cemento Portland. Son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. No está relacionado con las cargas, pero estas pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que está descascarada.

Ilustración 34: Grieta de reflexión de junta de baja severidad



Ilustración 35: Grieta de reflexión de junta de media severidad



Ilustración 36: Grieta de reflexión de junta de Alta severidad



DESNIVEL CARRIL/BERMA

Es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Debido a la erosión de la berma, su asentamiento o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Ilustración 37: Desnivel Carril/Berma de Baja severidad



Ilustración 38: Desnivel Carril/Berma de Severidad media



Ilustración 39: Desnivel Carril/Berma de Alta severidad**GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**

Grietas longitudinales: son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y son provocadas por: juntas de carril del pavimento pobremente construida, contracción de la superficie de concreto asfáltico por bajas temperaturas o endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.

Grietas transversales: se extienden en ángulos casi rectos al eje del pavimento o a la dirección de construcción y no está asociado con carga.

Ilustración 40: Grietas longitudinales y transversales de Severidad baja**Ilustración 41: Grietas longitudinales y transversales de Severidad media**

Ilustración 42: Grietas longitudinales y transversales de Severidad alta



PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS

Un parche es un área de pavimento que ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Se considera un defecto no importa que tan bien se comporte.

Ilustración 43: Parcheo y acometidas de servicios públicos de Severidad baja

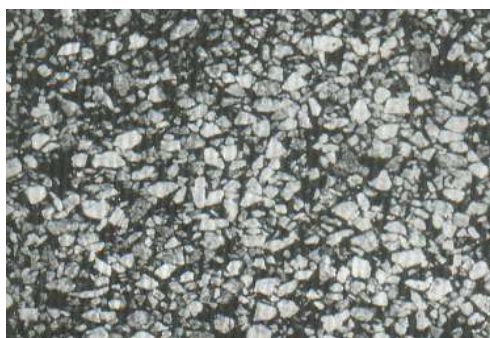


Ilustración 44: Parcheo y acometidas de servicios públicos de Severidad media



Ilustración 45: Parcheo y acometidas de servicios públicos de Severidad alta**PULIMENTO DE AGREGADOS**

Causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado de la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce. Cuando la porción de agregado en la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye a reducir la velocidad del vehículo.

Ilustración 46: Pulimento de agregados**HUECOS**

Son depresiones pequeñas en la superficie con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón, con bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. Su crecimiento se acelera por la acumulación de agua y se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa por las mezclas pobres en

la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o por una condición de piel de cocodrilo de severidad alta.

Ilustración 47: Huecos de Severidad baja



Ilustración 48: Huecos de Severidad media



Ilustración 49: Huecos de severidad alta



AHUELLAMIENTO

Es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, aunque sólo es visible después de lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. Se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento

o la subrasante, producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales por la carga del tránsito.

Ilustración 50: Ahuellamiento de Severidad baja



Ilustración 51: Ahuellamiento de Severidad media



Ilustración 52: Ahuellamiento de Severidad alta



DESPLAZAMIENTO

Es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Ocurren también cuando pavimento asfáltico confinan pavimentos de concreto rígidos de cemento Portland.

Ilustración 53: Desplazamiento de Severidad baja



Ilustración 54: Desplazamiento de Severidad media



Ilustración 55: Desplazamiento de Severidad alta



GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE)

Tienen forma de media luna creciente, producidas cuando las ruedas que frenan o giran provocan el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Ocurre en mezclas asfálticas que tienen baja resistencia, o de liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento.

Ilustración 56: Grietas parabólicas de severidad baja



Ilustración 57: Grietas parabólicas de severidad media



Ilustración 58: Grietas parabólicas de severidad alta



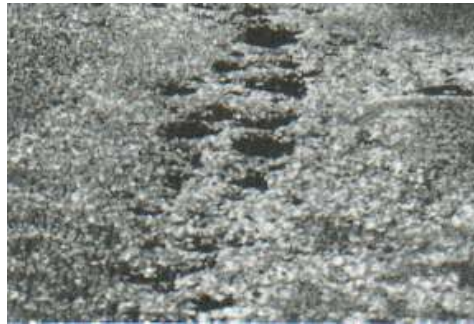
HINCHAMIENTO

Es un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, es decir una ondulación larga y gradual con una longitud mayor a 3.0 m. Acompañado de agrietamiento superficial, es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

Ilustración 59: Hinchamiento**METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS.**

Pérdida de la superficie del pavimento por pérdida del ligante asfáltico y partículas sueltas de agregado. Indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido o que la mezcla presente es de pobre calidad. Puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas.

Ilustración 60: Meteorización/Desprendimiento de agregados de severidad baja**Ilustración 61: Meteorización/Desprendimiento de agregados de severidad media**

Ilustración 62: Meteorización/Desprendimiento de agregados de severidad alta

- **Pavimento rígido**

BLOWUP – BUCKLING

Ocurren en tiempo cálido, en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, se produce un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta.

Ilustración 63: Blowup – Buckling de severidad baja**Ilustración 64: Blowup – Buckling de severidad media**

Ilustración 65: Blowup – Buckling de severidad alta



GRIETA DE ESQUINA

Grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa. Originada por repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo.

Ilustración 66: Grieta de esquina de severidad baja



Ilustración 67: Grieta de esquina de severidad media



Ilustración 68: Grieta de esquina de severidad alta



LOSA DIVIDIDA

Losa dividida por grietas en cuatro o más pedazos por sobrecarga o soporte inadecuado. Si todas las grietas están contenidas en una grieta de esquina, se considera una grieta de esquina severa.

Ilustración 69: Losa dividida de severidad baja

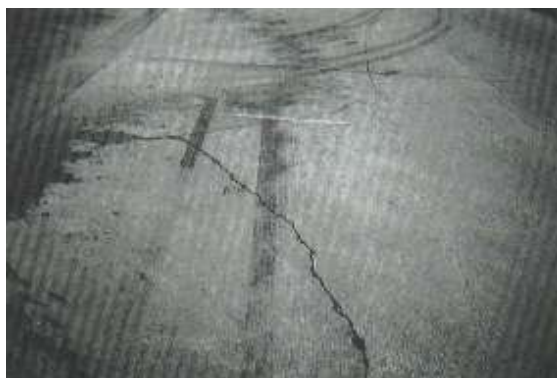


Ilustración 70: Losa dividida de severidad media



Ilustración 71: Losa dividida de severidad alta



GRIETA DE DURABILIDAD “D”

Causadas por la expansión de los agregados grandes por el proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual fractura gradualmente el concreto. Aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal.

Ilustración 72: Grietas de durabilidad “D” de baja severidad



Ilustración 73: Grietas de durabilidad “D” de media severidad



Ilustración 74: Grietas de durabilidad “D” de alta severidad



ESCALA

Diferencia de nivel a través de la junta, ocasionado por: asentamiento debido una fundación blanda, bombeo o erosión del material debajo de la losa, alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Ilustración 75: Escala de baja severidad



Ilustración 76: Escala de media severidad



Ilustración 77: Escala de alta Severidad**DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA**

Condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite infiltración de agua. Los tipos típicos son:

- Desprendimiento del sellante de la junta.
- Extrusión del sellante.
- Crecimiento de vegetación.
- Endurecimiento del material llenante (oxidación).
- Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
- Falta o ausencia del sellante en la junta.

Ilustración 78: Daño del sello de la junta de baja severidad

Ilustración 79: Daño del sello de la junta de media severidad



Ilustración 80: Daño del sello de la junta de alta severidad



DESNIVEL CARRIL/BERMA

Diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. Puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.

Ilustración 81: Desnivel carril/berma de baja severidad



Ilustración 82: Desnivel carril/berma de media severidad

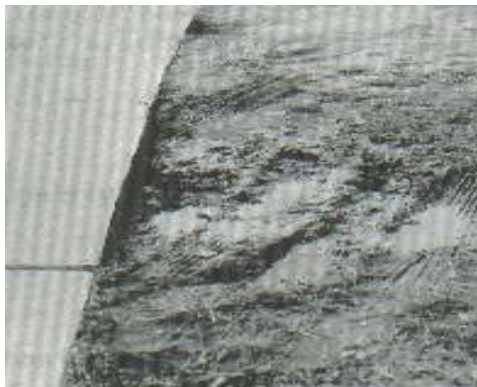
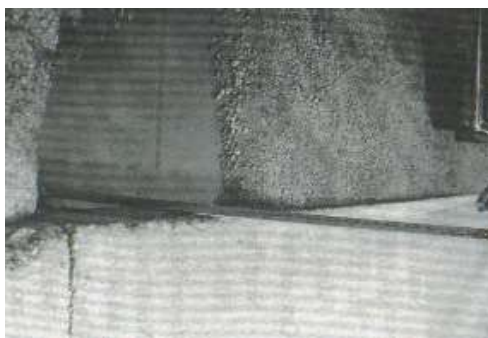


Ilustración 83: Desnivel carril/berma de alta severidad



GRIETAS LINEALES (Grietas longitudinales, transversales y diagonales)

Dividen la losa en dos o tres pedazos y son causadas por repetición de las cargas de tránsito y alabeo por gradiente térmico o de humedad.

Ilustración 84: Grietas lineales de baja severidad



Ilustración 85: Grietas lineales de media severidad



Ilustración 86: Grietas lineales de alta severidad



PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 m²) Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas.

Ilustración 87: Parche grande y acometidas de servicios públicos de baja severidad



Ilustración 88: Parche grande y acometidas de servicios públicos de media severidad



Ilustración 89: Parche grande y acometidas de servicios públicos de alta severidad



PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 m²)

Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

Ilustración 90: Parche pequeño de baja severidad



Ilustración 91: Parche pequeño de media severidad



Ilustración 92: Parche pequeño de alta severidad



PULIMENTO DE AGREGADOS

Debido a aplicación repetida de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce la adherencia con las llantas. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

Ilustración 93: Pulimento de agregados



POPOUTS

Pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

Ilustración 94: Popouts



BOMBEO

Expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Se debe a deflexión de la losa por cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta el agua es forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera, lo cual erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo provocando una pérdida progresiva del

soporte del pavimento. Puede identificarse por manchas en la superficie. Cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica pérdida de soporte.

Ilustración 95: Bombeo



PUNZONAMIENTO

Es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Toma muchas formas y figuras, pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas con 1.52 m entre sí. Se origina por repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, pérdida de soporte de la fundación o deficiencia localizada de construcción del concreto.

Ilustración 96: Punzonamiento de baja severidad



Ilustración 97: Punzonamiento de media severidad



Ilustración 98: Punzonamiento de alta severidad



DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELADO

Red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden en la parte superior de la superficie del concreto. Tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el descamado (rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm).

Ilustración 99: Desconchamiento, mapa de grietas, craqueado de baja severidad



Ilustración 100: Desconchamiento, mapa de grietas, craqueado de media severidad



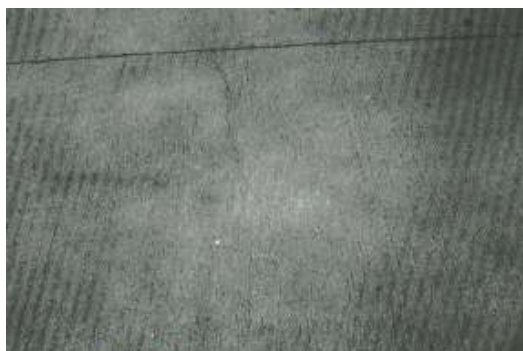
Ilustración 101: Desconchamiento, mapa de grietas, craqueado de alta severidad



GRIETAS DE RETRACCIÓN

Son grietas capilares de unos pocos pies de longitud, no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto.

Ilustración 102: Grietas de Retracción



DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA

Es la rotura de la losa a aproximadamente 0.6 m de la esquina. Usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta. Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

Ilustración 103: Descascaramiento de baja severidad



Ilustración 104: Descascaramiento de media severidad



Ilustración 105: Descascaramiento de alta severidad



DESCASCARAMIENTO DE JUNTA

Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. No se extiende verticalmente pues intercepta la junta en ángulo.

Ilustración 106: Descascaramiento de baja severidad



Ilustración 107: Descascaramiento de media severidad



Ilustración 108: Descascaramiento de alta severidad



2.2.5. Normativa peruana relacionada a metodologías a emplear

Método de Condición de Pavimento (PCI)

- En el libro “SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE DISEÑO, GESTIÓN, CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS” publicado por SENCICO, se dan alcances de la evaluación funcional de un pavimento, enfocándose principalmente en la calidad de manejo o en la textura superficial de una sección de vía. Nos muestra varios métodos de calificación de los pavimentos según capacidades funcionales, entre los cuales se encuentra la cuantificación de fallas por el método de PCI.

En el capítulo: Priorización de Metodologías de Evaluación – Métodos de Evaluación Funcional, se describe brevemente la metodología de las inspecciones del índice de Condición del Pavimento (PCI), aprobada por 121 American Publics Works Association - Asociación Americana de Trabajos Públicos y el ASTM Internacional, y documentada en el ASTM D6433, Método de prueba estándar para las inspecciones de condiciones de pavimentos de caminos y estacionamientos, mostrándose como un sistema de clasificación que mide la integridad del pavimento y las condiciones de funcionamiento de la superficie, basado en una escala de 100 puntos, definiéndose 39 tipos de fallas (20 para pavimentos de asfalto y 19 para pavimentos de concrete) y tres tipos de severidad (alta, media y baja) según el ASTM 2009.

La innovación en cuanto al uso de esta metodología es que muchos programas de SGP pueden calcular el valor del PCI en base a los datos de entrada registrados en el software, e incluso diferentes empresas internacionales han desarrollado equipos de alto rendimiento para la captura de información mediante sistemas de grabación de imágenes. PASCO Corporation, empresa japonesa, desarrolló un sistema llamado ROADRECON que permite operar y captar imágenes a 80 km/h y con tamaños de 5 m de ancho, al igual que el sistema francés GERPHO que permite la acumulación de información en una película de 35 mm que luego es extraída y analizada mediante una mesa especial de diseño [11].

- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante el “MANUAL DE INVENTARIOS VIALES (RD N° 09-2014-MTC/14 con la incorporación de: RD N° 22-2015-MTC/14)”, presenta los daños que puede sufrir un pavimento flexible mediante

un catálogo proveniente del método francés "VIZIR" con el objetivo de clasificarlos y cuantificarlos, y como complemento sugiere el uso de la metodología americana de evaluación de pavimentos PCI (Índice de Condición del Pavimento) con el fin de tipificar y cuantificar con mayor detalle los daños superficiales en la vía, según los lineamientos de la norma ASTM D-6433.

La tabla N°11 presenta de manera resumida una descripción de los daños del catálogo:

Tabla 11: Daños en pavimentos flexibles

CLASIFICACIÓN	CÓDIGO	DAÑO	GRAVEDAD
Daños estructurales	1	Piel de cocodrilo	1.- Malla grande ($> 0,5$ m) sin material suelto 2.- Malla mediana (entre 0,3 y 0,5 m) con material suelto o sin él 3.- Malla pequeña ($< 0,3$ m) con material suelto o sin él
	2	Fisuras longitudinales	1.- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho < 1 mm) 2.- Fisuras abiertas y/o ramificadas sin pérdida de material (ancho > 1 mm)
			3.- Fisuras abiertas y/o ramificadas con pérdida de material (ancho > 1 mm)
	3	Deformación por deficiencia estructural	1.- Profundidad sensible al usuario, pero < 2 cm 2.- Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3.- Profundidad $2:4$ cm
	4	<u>Ahuellamiento viscoso-elástico</u>	1.- Profundidad sensible al usuario, pero < 1 cm 2.- Profundidad > 1 cm
	5	Reparaciones o bacheo	1.- Reparación o bacheo para daños superficiales 2.- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado 3.- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado
	6	Desprendimiento	1.- Puntual sin aparición de la base granular 2.- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de base granular 3.- Continuo con la aparición de la base granular

Daños superficiales	7	Huecos	1.- Diámetro < 0.2 m 2.- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3.- Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1.- Finas (ancho < 1mm) 2.- Fisuras abiertas y/o ramificadas sin pérdida de material (ancho > 1 mm) 3.- Fisuras abiertas y/o ramificadas con pérdida de material (ancho > 1mm)
	9	Exudación	1.- Puntual
Daños en bermas	10	Daños	1.- Daños puntuales 2.- Daños en menos del 30% de la longitud 3.- Daños en más del 30% de la longitud
	11	Desnivel	1.- Desnivel significativo < 5 cm 2.- Desnivel entre 5 y 10 cm 3.- Desnivel entre ≥ 10 cm

Fuente: Manual De Inventarios Viales

Ilustración 109: Daños en pavimentos flexibles



Fuente: Manual De Inventarios Viales

Así mismo, presenta un Catálogo proveniente de una selección, dentro de la lista exhaustiva del método AASHTO, basado en la identificación de los tipos de daños representativos de la Red Nacional pavimentada con concreto de cemento, considerando también como complemento el uso de la metodología americana PCI para tipificar y cuantificar con mayor detalle los daños superficiales.

La Tabla N° 12 muestra a manera de resumen la lista de los daños y criterios de calificación [12].

Tabla 12: Daños en pavimentos rígidos

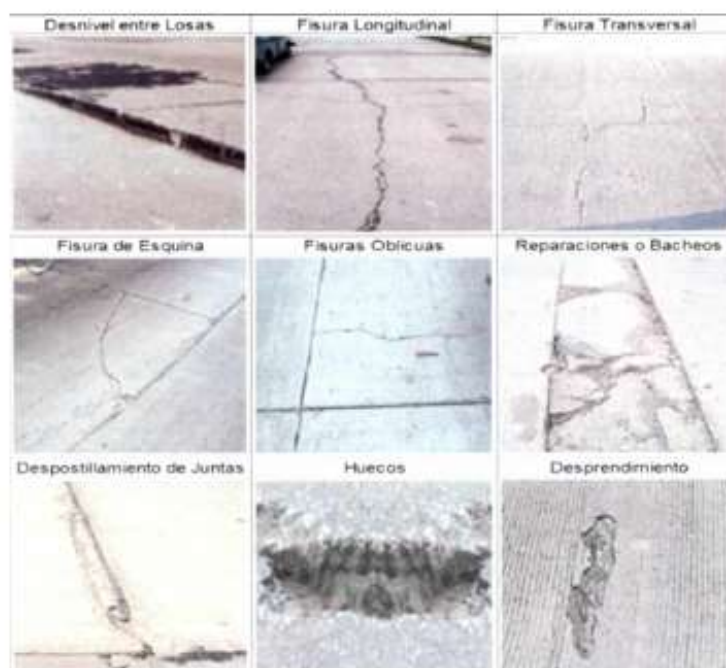
CÓDIGO	DAÑO	GRAVEDAD
1	Desnivel entre losas	1.- Sensible al usuario sin reducción de la velocidad 2.- Resulta en una reducción significativa de la velocidad 3.- Resulta en una reducción drástica de la velocidad
2	Fisuras longitudinales	1.- Finas (ancho < 1 mm) 2.- Abiertas y/o ramificadas, sin pérdida de material (ancho > 1 mm) 3.- Abiertas y/o ramificadas, con pérdida de material (ancho > 1 mm)
3	Fisuras transversales	1.- Finas (ancho < 1 mm) 2.- Abiertas y/o ramificadas, sin pérdida de material (ancho > 1 mm) 3.- Abiertas y/o ramificadas, con pérdida de material (ancho > 1 mm)
4	Fisuras de esquina	1.- Solamente una esquina quebrada 2.- Dos esquinas quebradas 3.- Más que dos esquinas quebradas
5	Fisuras oblicuas	1.- Finas (ancho < 1 mm) 2.- Abiertas y/o ramificadas, sin pérdida de material (ancho > 1 mm) 3.- Abiertas y/o ramificadas, con pérdida de material (ancho > 1 mm)

6	Reparaciones bacheos	<p>1.- Puntuales (menos que el 10% de la superficie de las losas afectadas)</p> <p>2.- Puntuales (entre el 10% y 30% de la superficie de las losas afectadas)</p> <p>3.- Continuas (más que el 30% de la superficie de las losas afectadas)</p>
7	Despostillamiento de juntas	<p>1.- Fracturamiento o desintegración de bordes en menos que el 50 % de la longitud dentro de los 5 cm de la junta.</p> <p>2.- Fracturamiento o desintegración de bordes en más que el 50 % de la longitud dentro de los 5 cm de la junta.</p> <p>3.- Fracturamiento o desintegración hasta una distancia superior a 5 cm de la junta</p>
8	Desprendimientos	<p>1.- Pérdida de material en menos que el 10% de la superficie de las losas afectadas</p> <p>2.- Pérdida de material entre el 10 % y 30% de la superficie de las losas afectadas</p> <p>3.- Pérdida de material en más que el 30% de la superficie de las losas afectadas</p>
9	Huecos	<p>1.- Diámetro < 0.2 m</p> <p>2.- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m</p> <p>3.- Diámetro > 0.5 m</p>
10	Tratamiento superficial	<p>1.- Desprendimiento en menos que el 10% de la superficie de las losas afectadas</p> <p>2.- Desprendimiento entre el 10% y 30% de la superficie de las losas afectadas</p> <p>3.- Desprendimiento en más que el 30% de la superficie de las losas afectadas</p>
11	Daños en bermas	<p>1.- Daños puntuales</p> <p>2.- Daños en menos del 30 % de la longitud</p> <p>3.- Daños en más del 30 % de la longitud</p>

12	Desnivel en bermas	1.- Desnivel significativo < 5 cm 2.- Desnivel entre 5 y 10 cm 3.- Desnivel entre ≥ 10 cm
----	--------------------	--

Fuente: Manual De Inventarios Viales

Ilustración 110: Daños en pavimentos rígidos



Fuente: Manual De Inventarios Viales

- En el “MANUAL DE CARRETERAS MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL” publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, específicamente en su Capítulo 4: Inventarios de Condición, además de describir los tipos de deterioros o fallas en los pavimentos y su nivel de gravedad tanto en calzadas como en bermas, presenta una serie de causas relacionadas a cada una y su posible medida correctiva, tanto para pavimentos rígidos como flexibles.

El documento especifica el proceso para la toma de datos, el cual se realiza por secciones de 200 m de calzadas y bermas. Mediante tablas que puntúan cada daño del 1 al 100 dependiendo de su severidad (menor puntuación, menos daño) se tiene una suma total

del puntaje de condición que, al restarla a un valor de 1000, indicará la calificación de condición del pavimento, ya sea como bueno, malo o regular.

Cabe destacar que los valores de rango de puntuación no son los mismos para pavimento flexible y rígido, tal y como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 13: Tipos de condición según calificación para pavimento flexibles

CONDICIÓN	PUNTUACIÓN
Bueno	> 800
Regular	$> 300 \text{ y } \geq 800$
Malo	≤ 300

Fuente: Manual De Carreteras Mantenimiento O Conservación Vial

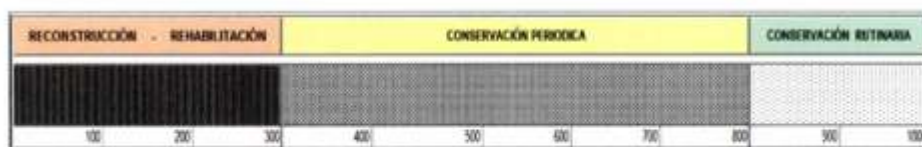
Tabla 14: Tipos de condición según calificación para pavimento rígidos

CONDICIÓN	PUNTUACIÓN
Bueno	> 700
Regular	$> 300 \text{ y } \geq 700$
Malo	≤ 300

Fuente: Manual De Carreteras Mantenimiento O Conservación Vial

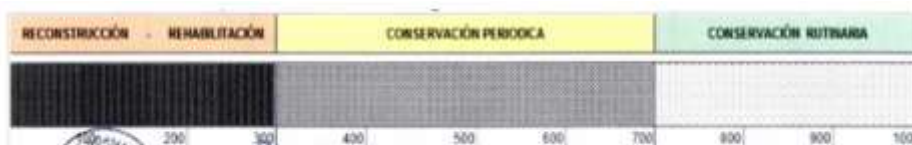
Con estos valores se puede estimar el tipo de conservación a realizar en el pavimento en cada sección de 200 m, tal y como se indica en las figuras. [13]

Ilustración 111: Tipo de conservación según calificación de condición para pavimentos flexibles



Fuente: Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial

Ilustración 112: Tipo de conservación según calificación de condición para pavimentos rígidos



Fuente: Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial

Deflectometría utilizando Viga Benkelman

- SENCICO, mediante el libro “SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE DISEÑO, GESTIÓN, CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS”, en el Capítulo: Priorización de Metodologías de Evaluación – Métodos de Evaluación Estructural – Ensayos No Destructivos, describe y clasifica a la Viga Benkelman como un Ensayo No Destructivo Estéticos, y como un método ampliamente utilizado y conocido en la comunidad pavimentera peruana aunque con grandes desventajas, pues se reconocen que es difícil tener una referencia inmóvil para las medidas de deflexión, por más que el vehículo se mueva muy lento, además que las cargas lentas no son representativas de las cargas e impulsos provocados por el tráfico pasante y que ende no pueden ser aplicadas directamente a un método mecánico o mecánico-empírico de diseño de pavimentos [11].
- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el “MANUAL DE INVENTARIOS VIALES (RD N° 09-2014-MTC/14 con la incorporación de: RD N° 22-2015-MTC/14)”, dentro del Apartado III: Inventario Vial Calificado, Capítulo 1: Procedimiento: Equipamiento y Procedimiento de Medición, detalla el uso de la viga

Benkelman, el equipo necesario para poder realizar las mediciones respectivas y el procedimiento a seguir.

Lo describe como un equipo sencillo pero valioso, que además no requiere personal muy especializado y permite evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura del pavimento debido a las solicitaciones de las cargas que transitan sobre la misma, otorgando también una referencia para la apreciación de la condición estructural del pavimento y permitiendo una delimitación de los sectores con comportamiento estructural homogéneo.

Destaca el poder medir deflexiones para evaluar la capacidad estructural del pavimento ante la acción de cargas de tráfico sin la necesidad de recurrir a un método destructivo; y mediante la descripción de las capas asfálticas y de la subrasante poder conocer la calidad estructural de los pavimentos.

Especifica la frecuencia del muestreo a cada 200 metros por faja, aunque se puede obtener valores a menor distancia si se realiza de manera intercalada.

Detalla, además, los datos necesarios para completar el formulario de deflexiones en carreteras pavimentadas:

- Ruta: código de la ruta aprobado de acuerdo con el Clasificador de Rutas vigente.
- Calzada: código de calzada.
- Faja: código de faja.
- Ubicación inicio: código de inicio con cuatro dígitos y distancia de inicio, medida entre el PR de inicio y el punto inicial de la medición.
- Ubicación fin: código PR de fin con cuatro dígitos y distancia de fin, medida entre el PR de fin y el punto final de la medición.
- DO, D1, D2 ... D6: valores de las deflexiones medidas en 1/100 mm y sin decimales.
- Radio de curvatura (Re): en metros y sin decimales, determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que experimentan las capas elásticas al flexionar bajo cargas (fatiga). Se calcula utilizando los valores de deflexiones cercanos al centro de impacto con la fórmula siguiente:

$$R_e = 2000(DO - DI)$$

Re: Radio de curvatura, en metros y sin decimales

DO: Deflexión en el centro de impacto, en 1/1000 mm y sin decimales

DI: Deflexión a 0,20 m aproximadamente, en 1/1000mm y sin decimales.

- Temperatura del Aire: en grados centígrados y sin decimales
 - Temperatura del pavimento: en grados centígrados y sin decimales.
 - Deflexión Benkelman: valor de la deflexión central, el cual es medido directamente con Viga Benkelman en el centro de la carga, en 1/100 mm y sin decimales.
 - Fecha: fecha de ejecución de la medida o ensayo [12].
- En el “MANUAL DE CARRETERAS – SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dentro del Capítulo 12: Pavimentos Flexibles, señala a la evaluación estructural como un complemento de la evaluación superficial, la cual se podrá realizar mediante la medición de deflexiones con equipos. Indica además la metodología a seguir: en primer lugar, se lleva a cabo a medición de deflexiones según lo especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC para posteriormente elaborar los deflectogramas que permitirán analizar la variabilidad de la capacidad estructural del pavimento existente y poder así determinar los sectores de características o comportamiento homogéneo.
- Para la diferenciación de casos que podrían presentarse en el análisis de la evaluación se presenta mediante un cuadro combinado de la deflexión característica con la admisible, en función del tráfico futuro, para finalmente poder determinar los sectores que requieren de trabajos de renovación superficial, refuerzo estructural o reconstrucción parcial o total [22].

Análisis de normativas

Como resultado del análisis realizado, se puede indicar lo siguiente:

- No se cuenta con diversidad de bibliografía dentro de la Normativa Peruana acerca de los métodos a utilizar, por ende, se utilizará bibliografía internacional para su aplicación.

- SENCICO recomienda la elección de métodos de amplio alcance y bajo presupuesto si se desean realizar evaluaciones de tramos largos, los cuales permitan hacer una primera evaluación general del pavimento, iniciando con la Evaluación Funcional, preferentemente haciendo uso de la metodología PCI por ser la más detallada, para luego realizar Ensayos No Destructivos, pudiendo utilizar la viga Benkelman por su uso extendido en el Perú, aunque esta última con algunas deficiencias por no ser aplicable a métodos mecanísticos-empíricos, a diferencia de otros equipo. Cabe recalcar que no detalla el procedimiento a seguir en ambas metodologías y solo las menciona a manera de sugerencia para su uso.
- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante el “MANUAL DE INVENTARIOS VIALES (RD N° 09-2014-MTC/14 con la incorporación de: RD N° 22-2015-MTC/14)”, presenta un Catálogo con algunas de las fallas observadas en los pavimentos, sugiriendo utilizar la metodología americana PCI como complemento del mismo, con el fin de tipificar y cuantificar con mayor detalle los daños superficiales. Así mismo describe de manera detallada el procedimiento para el uso de la Viga Benkelman, por ser un equipo sencillo pero valioso que permite evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura del pavimento.
- El “MANUAL DE CARRETERAS MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL”, en el que solo se encontró una metodología de Inventarios de Condición del Pavimento similar a la del PCI, aunque con diferentes rangos de valores, más no la utilización de la deflectometría. Sin embargo, a diferencia de las anteriores bibliografías, este Manual trata de explicar las probables causas de los daños y las posibles medidas correctivas de acuerdo a su Condición.
- Como último recurso se tuvo el “MANUAL DE CARRETERAS – SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS” el cual propone la metodología CONREVIAL para el análisis de los resultados obtenidos mediante en Ensayo de la Viga Benkelman.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

□ TIPO DE INVESTIGACIÓN

No experimental transeccional

La investigación se limitará a la observación y medición de las variables ya existentes: daños superficiales en el pavimento y su capacidad estructural, sin manipulación deliberada de ninguna de ellas; se describirán las variables en función a los datos recolectados en un tiempo determinado, para analizar su incidencia y posteriormente se realizará el análisis respectivo de cada una para poder dar comprobar la hipótesis planteada al problema de investigación.



M = Muestra

M = Pavimento de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

O = Observaciones

O1 = Daños en la superficie de rodadura del pavimento de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa.

O2 = Capacidad estructural del pavimento de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa.

□ NIVEL DE PROFUNDIDAD

Descriptivo observacional: En cuanto se refiere al método PCI, puesto que se especificarán características y rasgos importantes del pavimento que se analice mediante observación y análisis meramente visual.

Descriptivo comparativo: En cuanto se refiere al método de deflectometría, se tomarán datos de campo y se compararán con los máximos permisibles según el método a seguir.

3.2. Diseño de investigación

Cuantitativo, puesto que hay una relación de tipo numérica entre las variables del problema de investigación y además los datos analizados son cuantificables.

3.3. Población, muestra, muestreo

□ POBLACIÓN

La población de estudio será el pavimento de las calles y avenidas del casco urbano del distrito de Santa Rosa

□ MUESTRA DE ESTUDIO

● METODO PCI

El número mínimo de secciones de muestreo para una confiabilidad del 95% se calculó con la fórmula indicada en el Manual Colombiano PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras:

$$n = (N * \sigma^2) / ((e^2 / 4) * (N - 1) + \sigma^2)$$

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 que toma un valor de 5%

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades

PAVIMENTO FLEXIBLE

Para el cálculo del número de unidades mínimas de muestreo, la desviación estándar tomará un valor de 10%, teniendo un número mínimo total de muestras de 56.

VÍA PRINCIPAL

(Sin intervención)

1.- Av. Mariscal Ramon Castilla y Av. Venezuela

PRIMERA MUESTRA

ÁREA TOTAL =	2300 m ²
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
NÚMERO DE MUESTRAS =	10

SEGUNDA MUESTRA

ÁREA TOTAL =	10350 m ²
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
NÚMERO DE MUESTRAS =	45

TOTAL DE ÁREA =	12650
TOTAL DE MUESTRAS =	55
MÍNIMO DE MUESTRAS =	13
INTERVALO DE MUESTRA =	4
MUESTRAS =	1
	5
	10
	14
	19
	23
	27
	32
	36
	40
	45
	49
	54

VÍA PRINCIPAL Y ARTERIALES

(Con intervención - Reconstrucción con Cambios)

1.- Av. Mariscal Ramón Castilla	
ÁREA TOTAL =	17020 m2
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m2
NÚMERO DE MUESTRAS =	74
2.- Av. Edilberto Casas	
ÁREA TOTAL =	4600 m2
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m2
NÚMERO DE MUESTRAS =	20
3.- Av. 9 de Octubre	
ÁREA TOTAL =	6440 m2
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m2
NÚMERO DE MUESTRAS =	28
4.- Av. Luis Huamanchumo Venegas	
ÁREA TOTAL =	6670 m2
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m2
NÚMERO DE MUESTRAS =	29
TOTAL DE ÁREA =	34730
TOTAL DE MUESTRAS =	151
MÍNIMO DE MUESTRAS =	15
INTERVALO DE MUESTRA =	10
MUESTRAS =	1
	11
	22
	32
	43
	53
	63
	74
	84
	94
	105
	115
	126
	136
	146

VÍAS ARTERIALES

(Sin intervención)

1.- Av 9 de octubre		7.- Calle Unión	
ÁREA TOTAL =	6210 m ²	ÁREA TOTAL =	1380 m ²
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²	ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
NÚMERO DE MUESTRAS =	27	NÚMERO DE MUESTRAS =	6
2.- Calle Natividad Baldera		8.- Calle Rosario Castro	
Calle Tacna		ÁREA TOTAL =	1150 m ²
Calle Mercedes Gordillo		ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
ÁREA TOTAL =	9430 m ²	NÚMERO DE MUESTRAS =	5
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²	9.- Calle Urdía Guzmán	
NÚMERO DE MUESTRAS =	41	ÁREA TOTAL =	2300 m ²
3.- Calle Humberto Díaz Arroyo		ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
Calle Félix Urdía		NÚMERO DE MUESTRAS =	10
ÁREA TOTAL =	1840 m ²	10.- Calle 7 de Junio	
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²	ÁREA TOTAL =	230 m ²
NÚMERO DE MUESTRAS =	8	ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
4.- Calle Grau		NÚMERO DE MUESTRAS =	1
ÁREA TOTAL =	1380 m ²	11.- Calle Cristóbal Colón	
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²	ÁREA TOTAL =	2070 m ²
NÚMERO DE MUESTRAS =	6	ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
5.- Calle Real		NÚMERO DE MUESTRAS =	9
Calle Santa Rosa		12.- Calle Diego Ferré	
ÁREA TOTAL =	3910 m ²	ÁREA TOTAL =	1610 m ²
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²	ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²
NÚMERO DE MUESTRAS =	17	NÚMERO DE MUESTRAS =	7
6.- Calle Mari scal Ure ta			
ÁREA TOTAL =	2760 m ²		
ÁREA DE SECCIÓN =	230 m ²		
NÚMERO DE MUESTRAS =	12		
TOTAL DE ÁREA =	34270		
TOTAL DE MUESTRAS =	149		
MÍNIMO DE MUESTRAS =	15		
INTERVALO DE MUESTRA =	10		
MUESTRAS =	1	6	11
	16	22	27
	32	37	42
	47	52	57
	63	68	73
	78	83	88
	93	98	104
	109	114	119
	124	129	134
	139	145	

PAVIMENTO RÍGIDO

Para el cálculo del número de unidades mínimas de muestreo, la desviación estándar tomará un valor de 15%, teniendo un número mínimo total de muestras de 24.

VÍAS ARTERIALES	
(Sin intervención)	
1.- Jr. Rosario Llontop	
NÚMERO DE MUESTRAS =	8
2.- Jr. Lambayeque	
Jr. Micaela Bastidas	
NÚMERO DE MUESTRAS =	15
3.- Calle Real	
NÚMERO DE MUESTRAS =	7
4.- Calle 7 de junio	
NÚMERO DE MUESTRAS =	6
5.- Calle Unión	
NÚMERO DE MUESTRAS =	10
6.- Calle Edilberto Casas	
NÚMERO DE MUESTRAS =	21
TOTAL DE MUESTRAS =	67
MÍNIMO DE MUESTRAS =	24
INTERVALO DE MUESTRA =	3
MUESTRAS =	1
	4
	7
	10
	12
	15
	18
	21
	24
	27
	29
	32
	35
	38
	41
	44
	46
	49
	52
	55
	58
	61
	63
	66

- METODO DEFLECTOMÉTRICO

PAVIMENTO FLEXIBLE

El número de puntos a mostrar será de 182, tomando puntos de muestra cada 50 m.

- ✓ Prolongación Av. Mariscal Castilla y Avenida Venezuela: 49 puntos.
- ✓ Calle Edilberto Casas: 12 puntos
- ✓ Calle 9 de Octubre: 21 puntos
- ✓ Calle Natividad Valdera: 6 puntos
- ✓ Jr. Tacna: 9 puntos
- ✓ Calle Mercedes Gordillo: 3 puntos
- ✓ Calle Humberto Díaz Arroyo: 3 puntos
- ✓ Calle Feliz Urcia: 3 puntos
- ✓ Calle Real: 6 puntos
- ✓ Calle Santa Rosa: 9 puntos
- ✓ Calle Grau: 7 puntos
- ✓ Calle Unión: 10 puntos
- ✓ Calle Mariscal Ureta: 7 puntos
- ✓ Calle Rosario Castro: 4 puntos
- ✓ Calle Urcia Guzmán: 5 puntos
- ✓ Calle Luis Huamanchumo: 12 puntos
- ✓ Calle Cristóbal Colón: 9 puntos
- ✓ Calle Diego Ferré: 7 puntos

PAVIMENTO RÍGIDO

El número de puntos a mostrar será de 26, tomando puntos de muestra cada 50 m.

- ✓ Jr. Rosario Llontop: 4 puntos
- ✓ Jr. Lambayeque: 6 puntos
- ✓ Calle Edilberto Casas: 8 puntos
- ✓ Calle Real: 4 puntos
- ✓ Calle 7 de Junio: 4 puntos

3.4. Criterios de selección

- **MÉTODO PCI**

Para escoger la muestra a evaluar, primero se dispuso a reconocer el tipo de pavimento de todas calles del casco urbano del distrito de Santa Rosa.

Con la ayuda del expediente técnico del Proyecto Reconstrucción con Cambios, se demarcó el pavimento que había sido rehabilitado.

Posteriormente con estos datos, el pavimento flexible se clasificó en 3 tipos de vías a evaluar: la primera fue la vía principal sin rehabilitación que cruza el distrito; la segunda fueron las vías rehabilitadas, tanto la vía principal como las arteriales; y la tercera, fueron todas las vías arteriales que no han sido rehabilitadas.

Teniendo anchos de vías de variables, se dispuso a seccionar el pavimento en áreas de 230 m², teniendo así para cada tipo de vía, un número mínimo de muestras de acuerdo a la fórmula dada por la metodología.

Para las vías con pavimento rígido, que además cumplían con la especificación del Manual PCI, de tener una longitud inferior a 7.60 m, se seccionó el área de la unidad de muestreo de entre 20 y 8 losas, dependiendo de la longitud de losa, y se dispuso a aplicar la fórmula del mínimo de muestras.

- **MÉTODO DEFLECTOMÉTRICO**

Siguiendo los parámetros dados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual De Inventarios Viales, la medición de la deflexión se realizará cada 50 metros a lo largo del carril más dañado de la calzada, y la ubicación del punto a medir se realizará en la huella derecha, por considerarse esta más dañada que la otra [12].

La frecuencia de medición se toma teniendo en cuenta que son ensayos a nivel general de proyecto, es decir para un análisis más detallado que los ensayos a nivel de red. Por ende, las pruebas que debería realizarse en intervalos de 50 a 200 m dependiendo de las condiciones específicas del pavimento.

3.5. Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA	RANGO		MÉTODOLÓGIA DE MEDICIÓN
Daños en la superficie de rodadura	Tipo de daño	Adimensional	Pavimento flexible Piel de cocodrilo Exudación Agrietamiento en bloque Abultamiento - Hundimientos Corrugación Depresión Grieta de borde Grietas de reflexión de juntas Desnivel Carril / Berna Grietas longitudinales y transversales Parcheo y acometidas de Pulimento de agregados Huecos Aluñamiento Desplazamiento Grietas parabólicas Hinchamiento Meteorización /	Pavimento rígido Blowup - Buckling Grieta de esquina Losa dividida Grieta de durabilidad Escala Daño de sello de junta Desnivel carril / berna Grietas lineales Parche grande y acometidas de servicio público Parche pequeño Pulimento de agregados Popouts Bombeo Punzonamiento Desconchamiento, mapa de grieta, craquelado Grietas de retracción Descascaramiento de esquina Descascaramiento de junta	MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI
	Extensión del daño	Metro lineal / Metro cuadrado	-		
	Nivel de severidad del daño	Adimensional	L: Baja M: Media H: Alta		
	Valor PCI	Adimensional	100 - 85: Excelente 85 - 70: Muy bueno 70 - 55: Bueno 55 - 40: Regular 40 - 25: Malo 10 - 0: Fallado		
Capacidad estructural del pavimento	Número de ESAL Radio de curvatura (Rc) Deflexión característica (Dp) Deflexión admisible (Dadm) Deflexión crítica (Dc) Cuenco de deflexiones	EE m mm mm mm Gráfica Rc vs Dp Dp vs Dadm	- - - - - Tipo I: Curva extensa poco profunda Tipo II: Curva extensa profunda Tipo III: Curva corta poco profunda Tipo IV: Curva corta profunda		ENSAYO DEFLECTOMÉTRICO: VIGA BENCKELMAN

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Método del PCI	Análisis visual	Fotografías Manual de daños (Anexo N°01) Regla metálica Wincha métrica Plano con seccionamiento de vías (Anexo N°11)
	Toma de datos	Formatos de exploración de condición de pavimento flexible (Anexo N°02) Formatos de exploración de condición de pavimento rígido (Anexo N°03)
	Procesamiento de datos	Curvas de Valor de Deducción según el tipo de falla (Anexo N°04) Gráfica de Valor de Deducción Corregida (Anexo N°05) Programa EXCEL
	Análisis de resultados	Rangos de calificación del PCI (Anexo N°06)
Método de deflectometría	Toma de datos	Formato de clasificación vehicular - Estudio de tráfico (Anexo N°07) Formatos de hoja de campo - Determinación de deflexiones (Anexo N°08) Plano con puntos a evaluar (Anexo N°12)
	Procesamiento de datos	Manual de Ensayo de Materiales - MTC E 1002 2000 (Anexo N°09)
	Comparación de resultados	Método Conrevial: Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura (Anexo N°10)

3.7. Procedimientos

Etapa I – PLANIFICACIÓN:

Consiste en la elaboración del plan a llevar a cabo para la evaluación de los pavimentos de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa, realizando un previo reconocimiento del lugar, elaborando los formatos de inspección de daños superficiales adaptados para la zona, formatos de estudio de tráfico y formatos para la toma de datos en el procedimiento de deflexión.

Etapa II – TOMA DE DATOS:

- a) Evaluación superficial. - Esta evaluación consistirá en cuantificar y clasificar los daños y/o deterioros superficiales encontrados en el pavimento.

Una vez divididas las vías de estudio en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodamiento, se procede a evaluar la muestra ya seleccionada. En el Anexo N°11 se muestra el plano con las vías seccionadas, enumeradas siguiendo el orden de progresión, de las cuales se evaluarán solo las especificadas en la muestra.

La evaluación se lleva a cabo utilizando los siguientes recursos:

- Cinta métrica de 100 m de largo para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una wincha para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Anexo N°01, para identificar ante qué tipo de daños nos encontramos y su severidad.
- Anexo N°02 para completar los datos de cada unidad de muestreo en el caso de pavimento flexible y el Anexo N°03 en el caso de pavimento rígido.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se utilizará un formulario para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

El personal que lleve a cabo la inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

- b) Evaluación estructural mediante ensayos no destructivos. - Esta evaluación consistirá en determinar simultáneamente con una viga Benkelman, la deflexión recuperable y el radio de curvatura de un pavimento, producidos por una carga estática.

En el Anexo N°12 se muestra el plano especificando el punto donde se llevará a cabo la medición.

Los aparatos a utilizar son:

1. Una viga Benkelman de doble brazo con sus correspondientes diales registradores y con dimensiones de:
 - Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote al punto de prueba es 2,440 m.
 - Longitud del primer brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador es 0,610 m.
 - Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote a la punta de prueba es 2,190 m.
 - Longitud del segundo brazo de ensayo, desde el pivote al punto de apoyo del vástago de su dial registrador = 0,5475 m.
2. Un camión para ensayo que tenga un eje trasero de 8.2 toneladas, igualmente distribuidos en sus ruedas duales y equipado con llantas de caucho y cámaras neumáticas. Las llantas deberán ser 10" x 20"; 12 lonas e infladas a 5,6 kg/cm³. La distancia entre los puntos medios de la banda de rodamiento de ambas llantas de cada rueda dual deber ser de 32 cm.
3. Un reloj convencional con precisión de segundos.
4. Un termómetro convencional con escala desde -10 °C a 50°C y precisión de 1 °C.
5. Un manómetro que disponga de la boquilla adecuada para medir la presión de inflado.
6. Una cinta métrica de 25 m de longitud.
7. Martillo y clavos de acero, adecuados para practicar orificios en el pavimento hasta 5 cm de profundidad.

8. Tizas y pintura para marcar el pavimento

El procedimiento será el siguiente:

1. El punto del pavimento a ser ensayado debe ser marcado de forma conveniente con una línea transversal al camino. Sobre esta línea será ubicado el punto de ensayo a una distancia prefijada del borde.

Tabla 15: Ancho de carril vs Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento

Ancho del carril	Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento
2,70 m	0,45 m
3,00 m	0,60 m
3,30 m	0,75 m
3,60 m o más	0.90 m

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAl

2. La rueda dual externa del camión deberá ser colocada sobre el punto seleccionado; para la correcta ubicación de la misma, deberá colocarse en la parte trasera extrema del camión una guía vertical en correspondencia con el eje de carga. Desplazando suavemente el camión, se hace coincidir la guía vertical con la línea transversal indicada anteriormente de modo que simultáneamente el punto quede entre ambas llantas de la rueda dual.
3. Se coloca la viga encima del pavimento, detrás del camión, perpendicular al eje de carga, de forma que la punta de prueba del primer brazo coincida con el punto de ensayo y la viga no roce contra las llantas de la rueda dual.
4. Se liberan los seguros de los brazos y se ajusta la base de la viga por medio del tornillo trasero, de manera que los dos brazos de medición queden en contacto con los diales.
5. Se ajustan a los diales de modo que sus vástagos tengan un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se giran las esferas de los diales hasta que las agujas queden en cero y se verifica la lectura golpeándolos suavemente. Girar la esfera si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición 0 (cero).
6. Se hace avanzar suave y lentamente el camión; se pone en marcha el cronómetro y vibrador y se leen los diales cada 60 segundos. Cuando dos lecturas sucesivas de cada

uno de ellos no difieran en más de 0,01 mm, se da por finalizada la recuperación, registrándose la lectura del dial en el primer brazo ($100 - \text{Lectura} = L\text{-final}$) y la lectura del dial en el segundo brazo a 25 cm del eje de carga ($L0 + \text{Lectura} = L25$).

7. Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practica un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con el trazado de la línea), cuyas dimensiones serán: 4 cm de profundidad y 10 mm de diámetro, aproximadamente, emplazado sobre la línea paralela al eje del camino, que pasa por el punto de determinación de la deflexión y a 50 cm del mismo, en el sentido de avance del camión. Se llena con aceite no menos de 10 minutos antes de iniciar el ensayo, se inserta el termómetro y se lee la temperatura, retirando el mismo antes del desplazamiento del camión.

El rango de temperatura de trabajo deberá quedar dentro de los siguientes límites:

Límite inferior: 5 °C

Límite superior: 35 °C

8. Sin embargo, el ensayo no se realiza a temperaturas menores si ellas producen deformación plástica entre ambas llantas de la rueda dual. Para detectar si se produce dicha deformación, se deberán seguir los siguientes pasos:

Una vez registradas las lecturas L-final y L25, se hace retroceder suave y lentamente el camión hasta que la rueda dual externa quede sobre el punto de ensayo, observando la marcha en la aguja del dial. Si alcanzada cierta posición, la aguja se detiene y luego se observa un desplazamiento en sentido contrario, como si se produjera la recuperación del pavimento, lo cual indica que existe deformación plástica medible entre ambas llantas de la rueda dual, la cual puede deberse a que el radio de acción de la carga del camión afecta las patas de la viga.

Tampoco deberá realizarse el ensayo si, aun cuando no se detectara deformación plástica, se constatará que el radio de acción de la carga del camión afecta las patas de la regla, y se procederá de la siguiente forma:

Una vez registradas las lecturas de los diales, se hace retroceder lentamente el camión observando el dial del primer brazo. Cuando se observe que el dial comienza a desplazarse acusando la deformación producida por la carga, se marca sobre el pavimento la posición de la guía vertical mencionada y se detiene el retroceso del camión.

Se mide la distancia entre la punta de prueba del primer brazo y la marca practicada sobre el pavimento, de acuerdo con lo indicado antes. Sea d esa distancia, si d es mayor de 2,40 m, la acción de la carga del camión afecta las patas de la viga.

- c) Estudio de tráfico. - Antes de iniciar con los aforos vehiculares en campo y con el propósito de identificar y precisar in situ las estaciones necesarias para la aplicación del conteo, se realizará un reconocimiento de los tramos viales materia de estudio. Se realizará el conteo de vehículos durante las 24 horas del día y en un periodo de una semana, según requerimientos del MTC, con la finalidad de obtener datos confiables. Con el Anexo N° 07 se recopilará la información del aforo de los vehículos, identificando el tipo de vehículo, precisando la hora, y el sentido en el que va.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

ETAPA III: PLAN DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Todos los datos obtenidos en campo como fueron: la evaluación superficial, las deformaciones obtenidas por el ensayo de la viga Benkelman y el estudio de tráfico, se procesarán en gabinete, presentándose en formatos Excel, AutoCAD y Word según corresponda.

a) CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Para vías con pavimento flexible

Etapas 1: Calcular los Valores Deducidos:

- Totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño y registrarlo en la columna TOTAL del ANEXO N°02. El daño se registrará dependiendo de como se ha tomado la medida, es decir, en área, longitud o por número según su tipo.
- Dividir la CANTIDAD de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y expresar el resultado en función de un porcentaje, este valor indica su DENSIDAD con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- Determinar el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad utilizando las curvas llamadas “Valor Deducido del Daño” (Anexo N°04)

Etapa 2: Calcular el Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- Si ninguno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV. De lo contrario, deben seguirse los pasos siguientes:
- Listar los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- Determinar el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HD)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i

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

- El número de valores individuales deducidos se reduce a m, incluso la parte fraccionaria. Si se tienen menos valores deducidos que m, utilizar todos los que se tengan.

Etapa 3: Calcular el “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV

- Determinar el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
- Determinar el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- Determinar el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- Reducir a 2 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2 y repetir el procedimiento anterior hasta que q sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapa 4: Calcular el PCI de la unidad, restando al valor de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa anterior.

Cálculo del PCI para Pavimentos Rígidos:

Etapa 1. Calcular los Valores Deducidos

- Contabilizar la cantidad de losas en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el Anexo N°04.
- Dividir el número de losas contabilizado entre el número de losas de la unidad y expresar el resultado en función de un porcentaje (%), el cual será la densidad por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.
- Determinar los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” para pavimentos rígidos

Etapa 2. Calcular el número Admisible Máximo de Deducidos (m)

- Proceder de igual forma a lo realizado en las vías con pavimento flexible.

Etapa 3. Calcular el “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

- Se realiza de igual forma a lo establecido para vías con pavimento flexible, usando la curva de pavimentos de concreto.

Etapa 4. Calcular el PCI restando a 100 el máximo CDV.

b) CÁLCULO DE DEFLEXIONES:

- La deflexión máxima (Do), se calcula mediante la expresión:

$$Do = 4 \times (100 - L\text{-final}) \text{ expresado en mm}$$

Donde:

L-final es la lectura registrada en el dial del primer brazo

- La deflexión a 25 cm del eje de la carga (D25), se calcula con la expresión:

$$D25 = 4 \times (L25 - L\text{-final})$$

Donde:

L25 es la lectura registrada en el segundo dial a 25 cm del eje de carga

Tener en cuenta que el valor 4 empleado en los pasos anteriores (cálculo de D_0 y D_{25}) es debido a la relación de longitudes de brazo.

- El radio de curvatura en el punto de ensayo se calcula con la ecuación:

$$RC = \frac{3125}{(D_0 - D_{25})} \text{ (expresado en m)}$$

Etapa IV: COMPARACIÓN DE DATOS

a) Método del PCI: De acuerdo al valor obtenido en la Etapa III, se ubicará en el rango de calificación del PCI (Anexo N° 06) al que pertenece el pavimento para así poder determinar su estado superficial.

b) Método de deflectometría:

Aplicación del CONREVIAL

- Corrección de las Deflexiones por efecto de la Temperatura

Para corregir la deflexión se hace respecto a una temperatura estándar de 20°C. Con la finalidad de referir todas las deflexiones a una temperatura estándar de 20°C, se emplea la fórmula:

$$D(20^\circ C) = \frac{D_t}{K \times (t - 20^\circ) \times h + 1}$$

Donde:

$D_{(20^\circ C)}$: Deflexión recuperable a la temperatura estándar 20°C (10^{-2} mm)

K : 1×10^{-3} ; constante de las capas granulares ($1/\text{cm} \times ^\circ\text{C}$)

D_t : Deflexión recuperable a la temperatura "t" (10^{-2} mm)

t : Temperatura de la carpeta asfáltica del pavimento ($^\circ\text{C}$)

h : Espesor de la carpeta asfáltica (cm)

- Corrección por estacionalidad

Lo que recomienda es realizar la medición de deflexiones durante la estación lluviosa, pues es cuando los suelos se encuentran en su situación más crítica. De no ser así, se debe llevar a cabo la corrección de las medidas para tomar en

cuenta dicho aspecto. Los valores de deflexión deben afectarse por los siguientes valores:

Tabla 16: Factores de Corrección por Estacionalidad

NATURALEZA DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACION LLUVIOSA	ESTACION SECA
Suelos arenosos y permeables	1.0	1.1 a 1.3
Suelos arcillosos e impermeables	1.0	1.2 a 1.4

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País – CONREVIAl

- Cálculo de la Deflexión Característica

Primero, se procede al cálculo de la deflexión promedio

$$D_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Donde:

D_i = Deflexión individual recuperable máxima corregida del tramo que se quiere evaluar.

n = número de determinaciones

Luego, se aplicará la siguiente fórmula:

$$D_c = D_{prom} + \sigma * t$$

Donde:

D_c : Deflexión característica

D_{prom} : Deflexión promedio de los valores individuales D_0 corregidos

t : Coeficiente que representa al porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica

σ : Desviación estándar

En el método CONREVIAl se adopta como deflexión característica aquella que corresponde al 95%, es decir:

$$D_c = (D_p + 1.645 \sigma)$$

- **Cálculo de la Deflexión Admisible**

$$Da = \left[\frac{1.15^{\frac{1}{4}}}{N18} \right]$$

Donde:

Da: Deflexión admisible (en mm)

N18: Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el período de diseño (en millones)

- **Comparación de valores**

Utilización del Anexo N°10, comparando deflexiones y radios de curvatura, para determinar el comportamiento estructural. De acuerdo a ello se obtendrá diferentes modelos de deformación, interpretándolos de la siguiente manera:

- Tipo I: Se observa un buen comportamiento estructural de subrasante y del pavimento, pues su radio de curvatura mediana y la deflexión es pequeña. Esto debido a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de deterioro, además de una subrasante que posee materiales que cumplen con la calidad solicitada [13].
- Tipo II: Mal comportamiento estructural de subrasante y un buen comportamiento estructural del pavimento, pues su radio de curvatura es mediana y la deflexión grande. Esto debido a que presentan un pavimento con sus capas en regular estado de deterioro, pero una subrasante que posee materiales que no cumplen con la calidad solicitada [13].
- Tipo III: Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento, pues su radio de curvatura es pequeño y la deflexión también. Esto debido a un espesor de las capas del pavimento insuficientes o un alto grado de deterioro de dichas capas, las cuales ya no cumplen con los estándares de calidad solicitados (en granulometría, compactación, CBR, etc.) [13].
- Tipo IV: Mal comportamiento estructural de subrasante y del pavimento, pues su radio de curvatura es pequeño y la deflexión grande. Se debe al espesor de las capas del pavimento insuficientes o a un alto grado de deterioro de dichas

capas, además de una subrasante que posee materiales inadecuados con un bajo CBR, así como deficiencia en el grado de compactación y/o mal drenaje [13].

Etapa V: PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Al tener definidos los tipos de daños superficiales encontrados en el pavimento de las calles y avenidas del casco urbano del distrito de Santa Rosa, se propondrán intervenciones técnicas generales en el área de estudio.

Se plantea hacer uso del “Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial”, proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para de esta forma plantear la rehabilitación más oportuna, o de ser el caso, la reconstrucción completa del pavimento.

3.9. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA	
TÍTULO	EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES Y CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO UTILIZANDO EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y LA DEFLECTOMETRÍA, DE LAS CALLES Y AVENIDAS DEL CASCO URBANO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE- 2019
OBJETIVO GENERAL	Evaluar los daños en la superficie de rodadura y la capacidad estructural del pavimento de las calles y avenidas casco urbano del distrito de Santa Rosa, departamento de Lambayeque utilizando el Índice de Condición del Pavimento y la deflectometría.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los principales tipos de daño en el pavimento de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa. • Determinar el nivel de severidad de los daños en el pavimento de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa. • Cuantificar el IMDA de las principales calles y avenidas del distrito de Santa Rosa. • Calcular el número de ejes equivalente (ESAL) de las principales vías del distrito de Santa Rosa. • Determinar el estado de capacidad estructural en el que se encuentra el pavimento de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa, zonificando el distrito de acuerdo a los resultados obtenidos. • Proponer intervenciones técnicas generales en el área de estudio.
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	¿En qué estado se encuentra el pavimento de las calles y avenidas del casco urbano del distrito de Santa Rosa con respecto a los daños en la superficie de rodadura y el comportamiento estructural?
HIPÓTESIS	El pavimento de las calles y avenidas del casco urbano del distrito de Santa Rosa presenta daños leves en la superficie de rodadura pero una mala capacidad estructural

VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADOR	SUBINDICADORES	TÉCNICA A EMPLEAR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Evaluación superficial	Daños en la superficie de rodadura	Tipo de daño Extensión del daño Nivel de severidad del daño	Análisis visual Toma de datos	Formatos de exploración de condición del pavimento Inventario de daños superficiales (Guía de clasificación de tipos de daños, extensión y severidad)
Evaluación estructural	Capacidad estructural del pavimento	Curva de deflexión Deflexión admisible Deflexión crítica	Toma de datos (Medición de deflexión) Comparación de resultados	Ensayo no destructivo de la Viga Benkelman Formatos de hojas de campo para la medición de deflexiones Método Conreval

3.10. Consideraciones éticas

Todo lo documentado en la presente investigación, referenciado por el estilo IEEE, tiene como base libros, artículos, tesis validadas, normas técnicas y manuales. No se considerarán datos de campo de otras investigaciones como referencia de estudio, por lo que no es necesario hacer mención de algún autor o fuente específica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MÉTODO DEL PCI

4.1.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

- **PROLONGACIÓN AV. MARISCAL RAMÓN CASTILLA Y AV. VENEZUELA**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 1 843.5 m, y se presenta en tramos de una sola calzada y dos calzadas con una berma central en algunas progresivas. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de carril al inicio del tramo de estudio es de 7 metros, variando según la progresiva.

PROGRESIVA INICIAL:

Ubicación: Termino de la Calle José Quiñonez e inicio de la Prolongación Av. Mariscal Castilla – Referencia: Dren 4000.

DATUM: WGS84

ZONA: 17M

Coordenadas UTM ESTE: 618722

Coordenadas UTM NORTE: 9240039

En la vía encontramos pavimento que ha sido intervenido por el Proyecto Reconstrucción con Cambios: "Recuperación De Tramo 1-1170 - Avenida Eliberto Casas, Tramo 1-1178 - Avenida Luis Huamanchumo, Tramo 1-1179 - Avenida Mariscal Castilla, Tramo 1-1181 - Avenida Mariscal Castilla, Tramo 1-1182 - Avenida Mariscal Castilla, Tramo 1-1184 - Avenida Eliberto Casas, Tramo 1-1186 Avenida Esteban Palma, Tramo 1-1190 Avenida 09 De Octubre, Tramo 1-1194 - Avenida Circunvalación, Tramo 1-1195 - Avenida Circunvalación, Tramo 1-1196 - Avenida Circunvalación", por lo que se realizará un análisis de forma separada tanto del pavimento antiguo como nuevo.

La Prolongación Av. Mariscal Ramón Castilla que no ha sido intervenida por el Proyecto Reconstrucción con Cambios, presenta una antigüedad de 18 años (construida en el año 2003) y la Av. Venezuela, una antigüedad de 12 años (construida en el año 2009), sin embargo, se le han realizado tratamientos superficiales periódicos que han permitido que la vía se encuentre en condiciones superficialmente adecuadas para el tránsito hasta la fecha.

Por otro lado, los trabajos realizados en los tramos recientemente intervenido se llevaron a cabo en el primer semestre del año 2019, realizándose un mejoramiento a nivel de base.

Tabla 17: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA PRINCIPAL SIN INTERVENCIÓN – PROLONGACIÓN AVENIDA MARISCAL RAMÓN CASTILLA Y AVENIDA VENEZUELA

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Prolongación Av. Mariscal Ramón Castilla	M01	0 + 000	0+017.8	124.6	73	Muy bueno
	M05	0+071.2	0+089	124.6	26	Malo
	M10	0+160.2	0+184.6	170.8	80	Muy bueno
	M14	1+171.1	1+187.5	121.4	82	Muy bueno
	M19	1+253.1	1+269.5	121.4	74	Muy bueno
Av. Venezuela	M23	1+318.7	1+335.1	114.8	92	Excelente
	M27	1+384.3	1+400.7	114.8	94	Excelente
	M32	1+466.3	1+482.7	114.8	92	Excelente
	M36	1+531.9	1+548.3	114.8	88	Excelente

	M40	1+597.5	1+613.9	114.8	84	Muy bueno
	M45	1+679.5	1+695.9	114.8	85	Muy bueno
	M49	1+745.1	1+761.5	114.8	85	Muy bueno
	M54	1+827.1	1+843.5	114.8	84	Muy bueno

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías sin intervención: Prolongación Av. Mariscal Ramón Castilla y Av. Venezuela, se obtuvo un valor PCI promedio de 80, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento MUY BUENO (Rango: 85 – 71), encontrando como principales daños la meteorización/desprendimiento de agregados en severidad media y baja, huecos en severidad media y piel de cocodrilo en severidad baja.

Tabla 18: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA PRINCIPAL CON INTERVENCIÓN –AVENIDA MARISCAL RAMÓN CASTILLA

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Av. Mariscal Ramón Castilla	M01	0+184.6	0+201.1	150.2	100	Excelente
	M11	0+324.3	0+349.3	230.0	96	Excelente
	M22	0+421.3	0+444.3	230.0	97	Excelente
	M32	0+531.9	0+553.8	230.0	100	Excelente
	M43	0+663.3	0+685.2	230.0	96	Excelente
	M53	0+758.6	0+777.7	212.0	100	Excelente

	M63	0+949.6	0+968.7	162.4	100	Excelente
	M74	1+103.3	1+121.9	174.7	96	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía con intervención: Prolongación Av. Mariscal Ramón Castilla, se obtuvo un valor PCI promedio de 98, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86), encontrando como principal daño la meteorización/desprendimiento de agregados en severidad baja.

- **AV. EDILBERTO CASAS**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.394 Km, y se presenta en tramos de dos calzadas al inicio de la vía y una sola al final de la progresiva. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada al inicio del tramo de estudio es de 5.6 metros, convirtiéndose al final del tramo en una sola vía de 13 m de ancho de calzada.

Al tramo se le realizó un mejoramiento a nivel de base en el primer semestre del año 2019.

Tabla 19: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN –AVENIDA EDILBERTO CASAS

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Av. Edilberto Casas	M84	0+153.2	0+191.5	214.0	100	Excelente
	M94	0+373	0+394.4	230.0	98	Excelente

Fuente: Propia /Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía con intervención: Av. Edilberto Casas, se obtuvo un valor PCI promedio de 99, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86), encontrando como principal daño la meteorización/desprendimiento de agregados en severidad baja.

- AV. 9 DE OCTUBRE

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.695 Km, y se presenta en tramos de una y dos calzadas. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada al inicio del tramo de estudio es de 23 metros, reduciéndose de acuerdo a las progresivas.

El tramo que no ha sido intervenido por el Proyecto Reconstrucción con Cambios, presenta una antigüedad de 8 años (construida en el año 2013); los tramos recientemente intervenido tienen una antigüedad mayor a un año (año 2019), y se les ha realizado un recapeo a nivel de la carpeta.

Tabla 20: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –AVENIDA 9 DE OCTUBRE

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Av. 9 de Octubre	M01	0+000	0+010.4	213.4	53	Regular
	M06	0+039.9	0+058.8	122.9	50	Regular
	M11	0+098.8	0+108.8	156.0	70	Bueno
	M16	0+161.7	0+176	178.8	49	Regular
	M22	0+247.5	0+261.8	177.3	49	Regular
	M27	0+319	0+333.3	177.3	72	Muy bueno

Fuente: Propia/ Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Av. 9 de Octubre, se obtuvo un valor PCI promedio de 57, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento BUENO (Rango: 70 - 56) encontrando como principales daños la meteorización/desprendimiento de agregados en severidad media y baja, grietas longitudinales y transversales con nivel de severidad medio, y piel de cocodrilo en severidad medio.

Tabla 21: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN –AVENIDA 9 DE OCTUBRE

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Av. 9 de Octubre	M105	0+574.3	0+597.3	138.0	98	Excelente
	M115	0+420.1	0+452.9	196.8	98	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía con intervención: Av. 9 de Octubre, se obtuvo un valor PCI promedio de 98, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86), encontrando como principales daños la meteorización/desprendimiento de agregados en severidad baja.

- **CALLE NATIVIDAD VALDERA**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.292 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es variable.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de 3 años (construida a finales del año 2018).

Tabla 22: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE NATIVIDAD VALDERA

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Natividad Valdera	M32	0+040	0+050	115.2	90	Excelente
	M68	0+244.3	0+292.6	178	90	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Natividad Valdera, se obtuvo un valor PCI promedio de 90, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86).

- **CALLE TACNA**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.536 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es variable.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de 14 años (construida en el año 2007), sin embargo, se le han realizado tratamientos superficiales antes de que cumpla su tiempo de vida útil, específicamente el año 2015.

Tabla 23: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE TACNA

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTRO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Tacna	M37	0+040	0+050	211.2	88	Excelente
	M47	0+071.3	0+094.3	230	53	Regular
	M52	0+186.3	0+209.3	230	90	Excelente
	M57	0+301.3	0+324.3	230	86	Excelente
	M63	0+439.3	0+462.3	230	56	Bueno

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Tacna, se obtuvo un valor PCI promedio de 75, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento MUY BUENO (Rango: 85 – 71).

- CALLE MERCEDES GORDILLO, CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO Y CALLE FELIX URCIA

El pavimento de tipo flexible de los tramos a ser evaluados tiene una longitud total de 0.297 Km, y se presentan en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, los anchos de las calzadas de la Calle Mercedes Gordillo, Calle Humberto Díaz Arroyo y Calle Félix Urcia, son 8m, 8.5m y 8.9m respectivamente.

La Calle Mercedes Gordillo presenta una antigüedad de 14 años (construida en el año 2007), y las Calles Humberto Díaz Arroyo y Félix Urcia presentan una antigüedad de más de 2 años (construida fines del 2018).

Tabla 24: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE MERCEDES GORDILLO, CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO Y CALLE FELIX URCA

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Mercedes Gordillo	M42	0+023	0+046	184	63	Bueno
Calle Feliz Urcia	M73	0+020	0+040	178	95	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías sin intervención: se obtuvo un valor PCI promedio de 79, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento MUY BUENO (Rango: 85 – 71).

- **CALLE REAL**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.208 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es 5.2 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 9 años (construido en el año 2012).

Tabla 25: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE REAL

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Real	M83	0+115.2	0+161.2	230	91	Excelente
	M88	Calle Real 0+ 299.2	Calle Santa Rosa 0+021.2	192.7	68	Bueno

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Real, se obtuvo un valor PCI promedio de 80, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento MUY BUENO (Rango: 85 – 71).

- **CALLE SANTA ROSA**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.424 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es 7.3 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 9 años (construido en el año 2012).

Tabla 26: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN –CALLE SANTA ROSA

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Santa Rosa	M93	0+177	0+208.2	227.8	92	Excelente
	M98	0+354.8	0+390.2	230	90	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Santa Rosa, se obtuvo un valor PCI promedio de 91, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 96).

- **CALLE GRAU**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.310 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es 4.1 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 9 años (construido en el año 2012).

Tabla 27: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA SIN INTERVENCIÓN – CALLE GRAU

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Grau	M78	0+055.2	0+110.3	226.1	92	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Grau, se obtuvo un valor PCI promedio de 92, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86).

- **CALLE UNIÓN**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.182 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es de entre 5 y 8.2 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 9 años (construido en el año 2012).

Tabla 28: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA SIN INTERVENCIÓN – CALLE UNIÓN

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Unión	M114	0+352	0+383.5	207.9	91	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Real, se obtuvo un valor PCI promedio de 92, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86).

- **CALLE MARISCAL URETA**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.290 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es de 6 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 2 años (construido a finales del año 2018).

Tabla 29: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE MARISCAL URETA

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Mariscal Ureta	M104	0+092	0+115	138.0	92	Excelente
	M109	0+207	0+230	138.0	97	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Mariscal Ureta, se obtuvo un valor PCI promedio de 95, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86).

- **CALLE ROSARIO CASTRO**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.168 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es de 6.5 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 6 años (construido en el año 2014).

Tabla 30: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE ROSARIO CASTRO

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Rosario Castro	M119	0+092	0+115	230	94	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Rosario Castro, se obtuvo un valor PCI promedio de 94, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86).

- **CALLE URCIA GUZMÁN**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.234 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es de 10 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 13 años (construido en el año 2007).

Tabla 31: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE URCIA GUZMÁN

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Urcia Guzmán	M124	0+023	0+046	230	55	Regular
	M129	0+138	0+161	230	59	Bueno

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Urcia Guzmán, se obtuvo un valor PCI promedio de 57, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento BUENO (Rango: 70 - 56).

- **AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO VENEGAS**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.543 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es variable, entre 6.3 y 7.2 m.

El tramo ha sido intervenido por el Proyecto Reconstrucción con Cambios y tiene una antigüedad mayor a un año, realizándosele un repapeo del pavimento flexible.

Tabla 32: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN – AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO VENEGAS

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
	M126	0+057.3	0+076.4	137.5	91	Excelente

Calle Luis Huamanchumo Venegas	M136	0+248.3	0+267.4	120.30	100	Excelente
	M146	0+439.3	0+458.4	124.2	100	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía con intervención: Calle Luis Huamanchumo Venegas, se obtuvo un valor PCI promedio de 97, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86).

- CALLE CRISTOBAL COLÓN

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.452 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es variable, entre 3.3 y 6.1 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 2 años (construido a finales del año 2018).

Tabla 33: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL SIN INTERVENCIÓN – CALLE CRISTOBAL COLÓN

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Cristóbal Colón	M134	0+000	0+033.8	111.38	88	Excelente
	M139	0+218	0+264	230.0	92	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía sin intervención: Calle Cristóbal Colón, se obtuvo un valor PCI promedio de 90, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100 - 86).

- **CALLE DIEGO FERRE**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.382 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es de 3.2 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 8 años (construido en el año 2012).

Tabla 34: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA ARTERIAL CON INTERVENCIÓN – CALLE DIEGO FERRE

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		ÁREA (m ²)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Diego Ferre	M145	0+088.9	0+146.4	184	42	Regular

Fuente: Propia

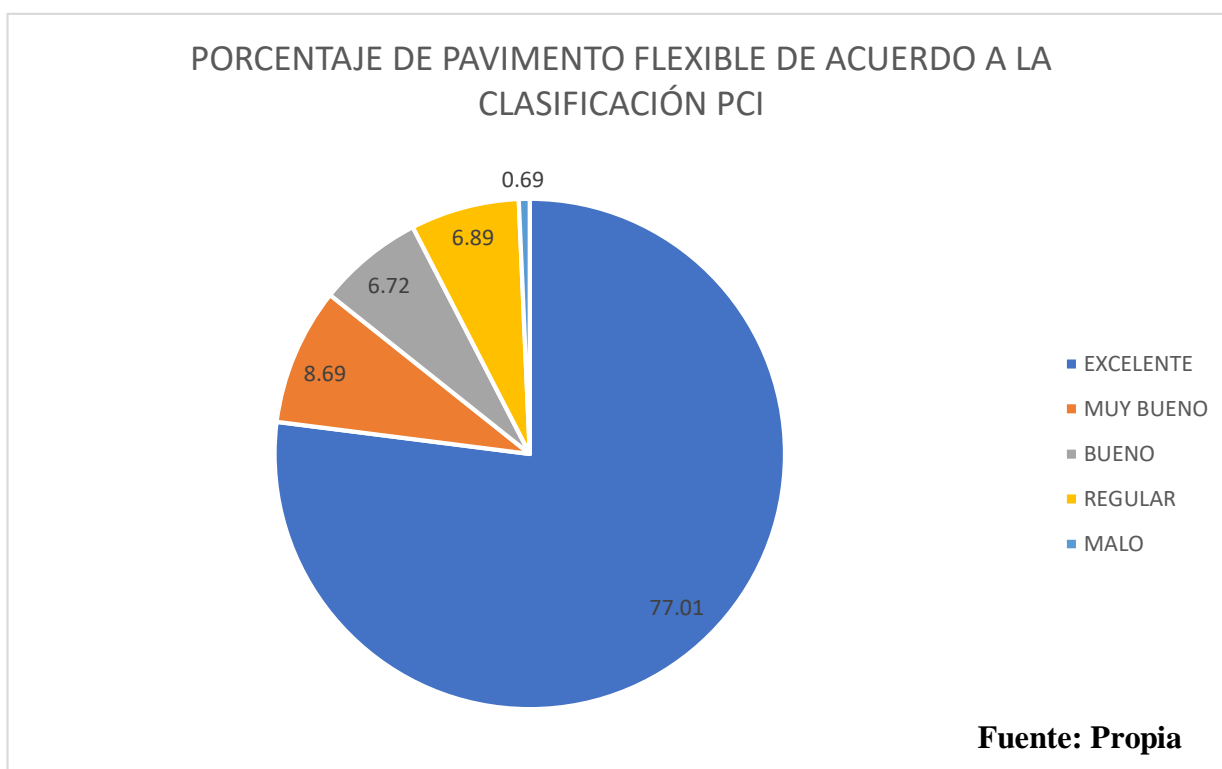
Referencia: Anexo N°13

Mediante la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía con intervención: Calle Diego Ferre, se obtuvo un valor PCI promedio de 42, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento REGULAR (Rango: 55 - 41).

RESUMEN DE PORCENTAJE DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN CLASIFICACIÓN PCI

Del área de vías evaluadas, se observa que presentan:

- PCI: Excelente
ÁREA = 55 895.75 m²
Representando el 77.01% del área total de pavimento flexible.
- PCI: Muy Bueno
ÁREA = 6 305.79 m²
Representando el 8.69% del área total de pavimento flexible.
- PCI: Bueno
ÁREA = 4 874.35 m²
Representando el 6.72% del área total de pavimento flexible.
- PCI: Regular
ÁREA = 4 998.27 m²
Representando el 6.89% del área total de pavimento flexible.
- PCI: MALO
ÁREA = 501.76 m²
Representando el 0.69% del área total de pavimento flexible.

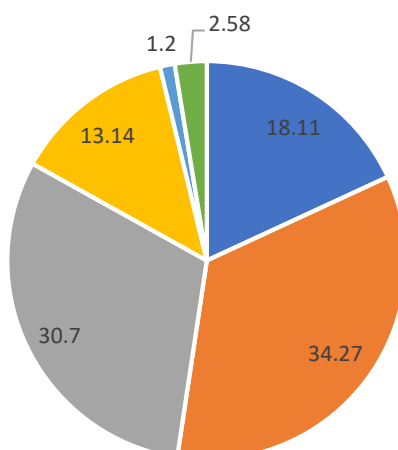


RESUMEN DE PORCENTAJE DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN PRINCIPALES DAÑOS SUPERFICIALES OBSERVADOS

Del área de vías evaluadas, se observa que presentan:

- DAÑO/FALLA: Meteorización/Desprendimiento de agregados con severidad media
ÁREA = 15 379.18 m²
PORCENTAJE: 18.11%
- DAÑO/FALLA: Meteorización/Desprendimiento de agregados con severidad baja
ÁREA = 29 102.41 m²
PORCENTAJE: 34.27%
- DAÑO/FALLA: Piel de cocodrilo con nivel de severidad bajo
ÁREA = 26 070.73 m²
PORCENTAJE: 30.70%
- DAÑO/FALLA: Grietas longitudinales y transversales con nivel de severidad bajo
ÁREA = 11 158.61 m²
PORCENTAJE: 13.14%
- DAÑO/FALLA: Huecos con un nivel de severidad alta
ÁREA = 1 019.05 m²
PORCENTAJE: 1.20%
- DAÑO/FALLA: Huecos con un nivel de severidad bajo
ÁREA = 2 190.96 m²
PORCENTAJE: 2.58%.

**PORCENTAJE DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN PRINCIPALES
DAÑOS SUPERFICIALES OBSERVADOS**



- Meteorización/Desprendimiento de agregados con severidad media
- Meteorización/Desprendimiento de agregados con severidad baja
- Piel de cocodrilo con nivel de severidad bajo
- Grietas longitudinales y transversales con nivel de severidad bajo
- Huecos con un nivel de severidad alta
- Huecos con un nivel de severidad bajo

Fuente: Propia

4.1.2. PAVIMENTO RÍGIDO

- **JR. ROSARIO LLONTOP Y JR LAMBAYEQUE**

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.252 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es de 8.8 m

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 12 años (construido en el año 2009).

Tabla 35: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – JR. ROSARIO LLONTOP Y JR LAMBAYEQUE

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		N° DE LOSAS (Unidades)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Jr. Rosario Llontop y Jr. Lambayeque	M01	0+088.9	0+146.4	12	52	Bueno
	M04	0+088.9	0+146.4	20	56	Bueno
	M07	0+088.9	0+146.4	20	60	Bueno
	M10	0+088.9	0+146.4	20	48	Regular
	M12	0+088.9	0+146.4	10	52	Regular
	M15	0+088.9	0+146.4	16	52	Regular
	M18	0+088.9	0+146.4	20	56	Bueno
	M21	0+088.9	0+146.4	20	56	Bueno

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°14

Mediante la evaluación superficial del pavimento rígido de las vías sin intervención: Jr. Rosario Llontop y Jr. Lambayeque, se obtuvo un valor PCI promedio de 54, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento REGULAR (Rango: 55 - 40).

- CALLE REAL

El pavimento de tipo flexible del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.252 Km, y se presenta en una sola calzada. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada es de 7.7 m

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 12 años (construido en el año 2009).

Tabla 36: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE REAL

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		N° DE LOSAS (Unidades)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Jr. Rosario Llontop y Jr. Lambayeque	M24	0+088.9	0+146.4	12	36	Malo
	M27	0+088.9	0+146.4	20	42	Regular
	M29	0+088.9	0+146.4	20	45	Regular

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°14

Mediante la evaluación superficial del pavimento rígido de las vías sin intervención: Calle Real, se obtuvo un valor PCI promedio de 41, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento REGULAR (Rango: 55 - 40).

- CALLE EDILBERTO CASAS

El pavimento de tipo rígido del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.355 Km, y se presenta en una y dos calzadas con berma central. El número de carriles por

calzada es de 2, el ancho de la calzada de una sola vía es de 15.4 m, y en la de dos vías es de 6 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 7 años (construido en el año 2013).

Tabla 37: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		N° DE LOSAS (Unidades)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Edilberto Casas	M49	0+088.9	0+146.4	12	90	Excelente
	M52	0+088.9	0+146.4	20	96	Excelente
	M55	0+088.9	0+146.4	20	84	Muy bueno
	M58	0+088.9	0+146.4	20	90	Excelente
	M61	0+088.9	0+146.4	10	87	Excelente
	M63	0+088.9	0+146.4	16	87	Excelente
	M66	0+088.9	0+146.4	20	70	Bueno
	M69	0+088.9	0+146.4	20	96	Excelente
	M72	0+088.9	0+146.4	12	96	Excelente

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°14

Mediante la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía sin intervención: Calle Edilberto Casas, se obtuvo un valor PCI promedio de 93, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100-86).

- **CALLE EDILBERTO CASAS**

El pavimento de tipo rígido del tramo a ser evaluado tiene una longitud total de 0.355 Km, y se presenta en una y dos calzadas con berma central. El número de carriles por calzada es de 2, el ancho de la calzada de una sola vía es de 15.4 m, y en la de dos vías es de 6 m.

El tramo de vía a evaluar presenta una antigüedad de más de 7 años (construido en el año 2013).

Tabla 38: RESUMEN DE EVALUACIÓN MÉTODO PCI - VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS

NOMBRE DE LA VÍA	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		N° DE LOSAS (Unidades)	PCI	
		INICIAL	FINAL		VALOR	CLASIFICACIÓN
Calle Edilberto Casas	M49	0+088.9	0+146.4	12	90	Excelente
	M52	0+088.9	0+146.4	20	96	Excelente
	M55	0+088.9	0+146.4	20	84	Muy bueno
	M58	0+088.9	0+146.4	20	90	Excelente
	M61	0+088.9	0+146.4	10	87	Excelente
	M63	0+088.9	0+146.4	16	87	Excelente
	M66	0+088.9	0+146.4	20	70	Bueno

	M69	0+088.9	0+146.4	20	96	Excelente
	M72	0+088.9	0+146.4	12	96	Excelente

Fuente: Propia

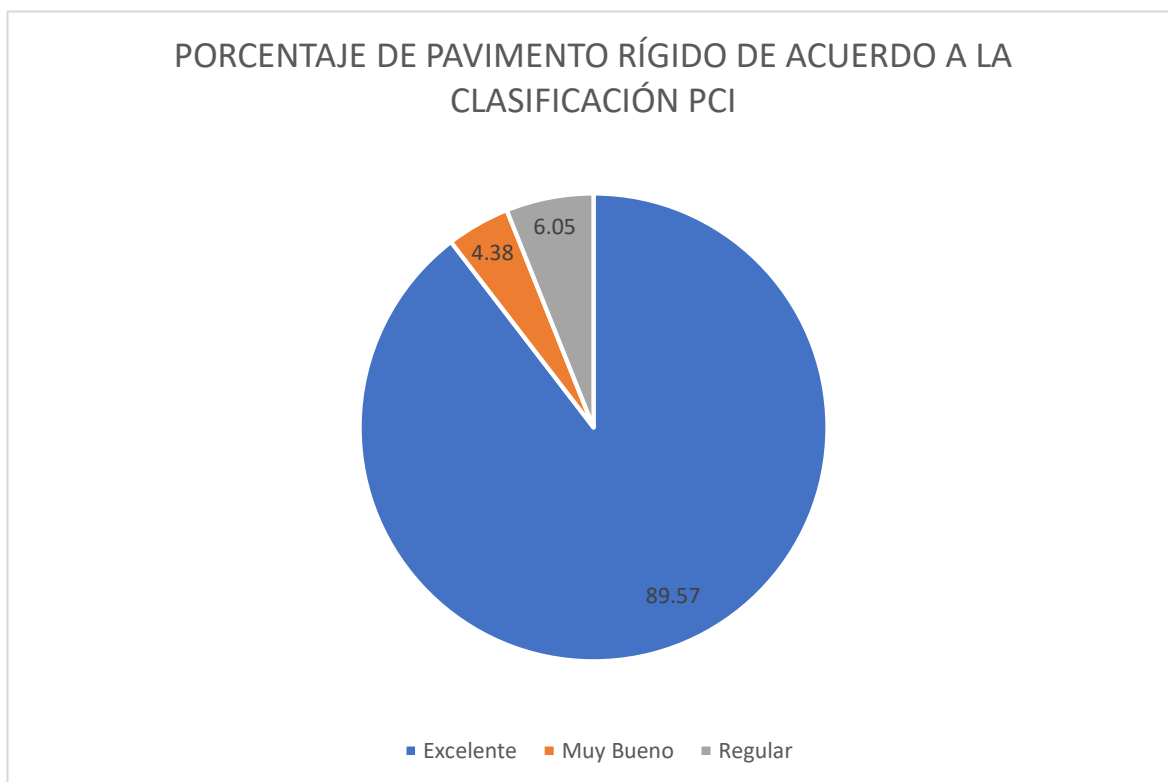
Referencia: Anexo N°14

Mediante la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía sin intervención: Calle Edilberto Casas, se obtuvo un valor PCI promedio de 93, es decir en la escala de clasificación de la Metodología PCI, se clasifica como pavimento EXCELENTE (Rango: 100-86).

RESUMEN DE PORCENTAJE DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN CLASIFICACIÓN PCI

De los 12 345.02 m² de área de vías evaluadas, se observa que presentan:

- PCI: Excelente
 ÁREA = 11 057.43 m²
 Representando el 89.57% del área total de pavimento rígido.
- PCI: Muy Bueno
 ÁREA = 540.71 m²
 Representando el 4.38% del área total de pavimento rígido.
- PCI: Regular
 ÁREA = 746.87 m²
 Representando el 6.05% del área total de pavimento rígido.

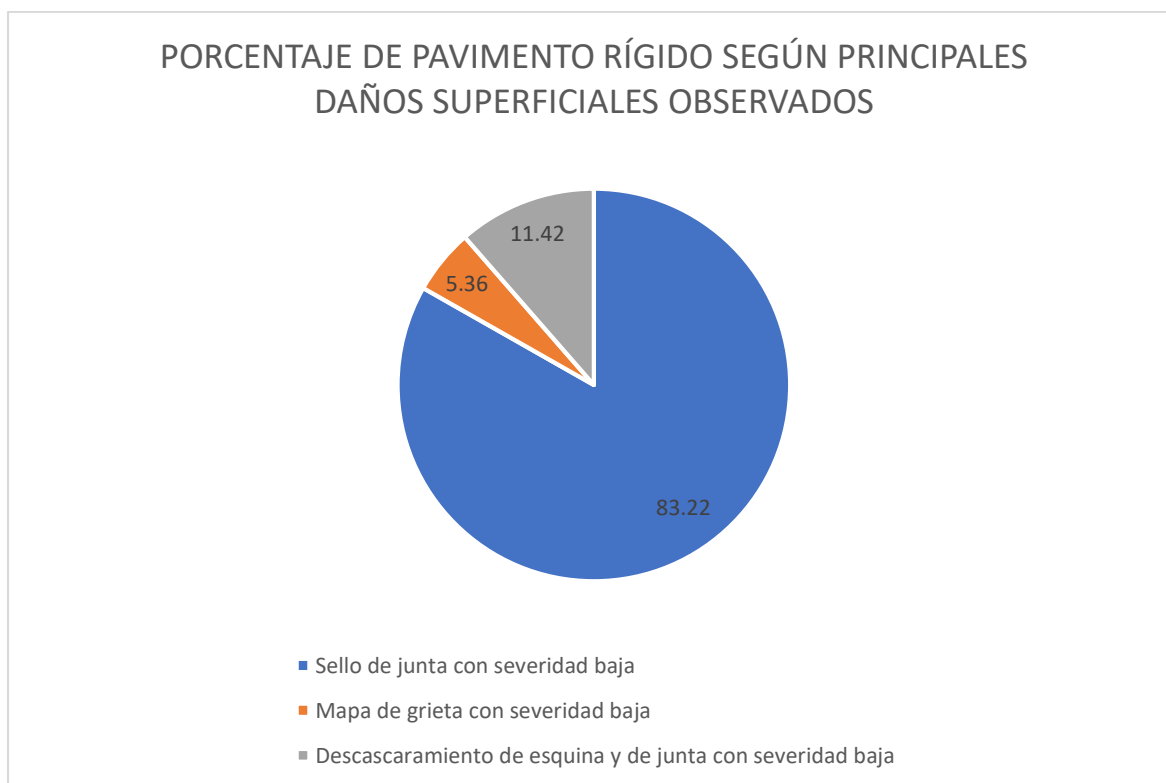


Fuente: Propia

RESUMEN DE PORCENTAJE DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN PRINCIPALES DAÑOS SUPERFICIALES OBSERVADOS

De los 12 345.02 m² de área de vías evaluadas, se observa que presentan:

- **DAÑO/FALLA:** Sello de junta con severidad baja
 ÁREA = 15 379.18 m²
 PORCENTAJE: 83.22%
- **DAÑO/FALLA:** Mapa de grieta con severidad baja
 ÁREA = 29 102.41 m²
 PORCENTAJE: 5.36%
- **DAÑO/FALLA:** Descascaramiento de esquina y de junta con severidad baja
 ÁREA = 26 070.73 m²
 PORCENTAJE: 11.42%



Fuente: Propia

4.2. MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA

Se tomaron puntos de ensayo en la vía, separados 50 m uno del otro, ampliándose o reduciéndose de acuerdo al deterioro de la vía y del acceso a la misma.

Las mediciones de deflexiones en campo se realizaron haciendo uso de una Viga Benkelman, la cual poseía una relación de brazos de 1:4.

Se usó un Vehículo tipo camión, el cual poseía un peso de 8.2 Ton en el eje posterior, y una presión de inflado de sus llantas de 85 PSI.

Se realizó la medida de la temperatura del pavimento, obteniéndose 20.4 °C, al momento de realizarse el ensayo.

En cuanto al número de aplicaciones de carga equivalente de eje simple de 80 kN (18000 lb) (N18 o también llamado EALs) considerado en las vías tanto locales como para la arterial principal, para la comparación de los datos en la deflectometría, se tomaron en cuenta los especificados en la Norma Técnica CE. 10

– Pavimentos Urbanos, puesto que los datos tomados en campo, mediante el estudio de tráfico, son menores a los recomendados por dicha norma.

Es decir, para la vía principal, considerada una vía arterial, por su descripción en la Norma CE.10: “Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, [...] deben integrarse con el sistema de vías expresas. [...] En su recorrido no es permitido la descarga de mercancías. [...]” y para las vías locales, descritas como “aquellas que tienen por objeto el acceso directo de las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas”; se utilizaron los valores especificados en la tabla F2, con un nivel y factor de confiabilidad de 85% y 2.929 respectivamente para las vías arteriales, y 75% y 2.010 para las vías locales, basados en una vida de diseño de 20 años, 4% de crecimiento y desviación estándar de 0.45.

Tabla 39: Ejemplos de EALs de Diseño

TABLA F2 Ejemplos de EALs de Diseño ¹				
Clase de Vía	EALs ^a (millones)	Nivel de Confiab. ^b (%)	Factor de Confiabil.(Fr)	EALs de diseño ^a (millones)
Expresas	7,5	90	3,775	28,4
Arteriales	2,8	85	2,929	8,3
Colectoras	1,3	80	2,390	3,0
Locales	0,43	75	2,010	0,84

Fuente: Norma Técnica CE. 10 – Pavimentos Urbanos

Cabe recalcar que el método CONREVIAl, utiliza el **N18 o EALs de diseño** mas no el número actual de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el período de diseño (en millones).

Mediante el Anexo N° 20, se podrá observar un mapa resumen con los resultados deflectométricos, diferenciando los tipos de deflexiones de las diferentes vías mediante colores distintos (Deflexión Tipo I: Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento, Deflexión Tipo II: Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento, Deflexión Tipo III: Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento, y Deflexión Tipo IV: Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento)

4.2.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

- PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL DERECHO

Tabla 40: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMÓN CASTILLA – CARRIL DERECHO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do (0.01 mm)	Docorregida (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	D25corregida (0.01 mm)	Rc (m)
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm					
00+000	100.0	89.0	75.0	100.0	119.7	56.0	67.0	59.3
00+050	100.0	90.0	74.0	104.0	124.5	64.0	76.6	65.3
00+100	100.0	86.0	64.0	144.0	172.4	88.0	105.3	46.6
00+150	100.0	89.0	69.0	124.0	148.4	80.0	95.8	59.3
00+200	100.0	88.0	72.0	112.0	134.1	64.0	76.6	54.4
00+250	100.0	92.0	76.0	96.0	114.9	64.0	76.6	81.6
00+300	100.0	95.0	79.0	84.0	100.5	64.0	76.6	130.5
00+350	100.0	96.0	79.0	84.0	100.5	68.0	81.4	163.2
00+400	100.0	95.0	78.0	88.0	105.3	68.0	81.4	130.5
00+450	100.0	96.0	80.0	80.0	95.8	64.0	76.6	163.2
00+500	100.0	96.0	78.0	88.0	105.3	72.0	86.2	163.2
00+550	100.0	95.0	79.0	84.0	100.5	64.0	76.6	130.5
00+600	100.0	95.0	80.0	80.0	95.8	60.0	71.8	130.5
00+650	100.0	96.0	79.0	84.0	100.5	68.0	81.4	163.2
00+700	100.0	95.0	78.0	88.0	105.3	68.0	81.4	130.5

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 114.9$$

Deflexión Característica:

$$Dc = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$Dc = 114.9 + 1.645 \cdot 21.9$$

$$Dc = 151.0$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/8.3)^{1/4}$$

$$D_a = 0.61 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/8.3)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 0.76 \text{ mm}$$

Tabla 41: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMÓN CASTILLA – CARRIL DERECHO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	119.7	59.3	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+050	124.5	65.3	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+100	172.4	46.6	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+150	148.4	59.3	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+200	134.1	54.4	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+250	114.9	81.6	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+300	100.5	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	100.5	163.2	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+400	105.3	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+450	95.8	163.2	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+500	105.3	163.2	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+550	100.5	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+600	95.8	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+650	100.5	163.2	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+700	105.3	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

En las progresivas 00+000 hasta 00+275, del tramo Prolongación Av. Mariscal Castilla , según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante y a la vez un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien cierto superficialmente se encuentra Muy Bueno, es ya necesaria una intervención a nivel estructural del pavimento y no solo tratamientos superficiales, además de una intervención en la subrasante de la misma.

Por otro lado, desde la progresiva 00+275 hasta 000+700, se observa un mal comportamiento estructural de la subrasante, pero un buen comportamiento estructural del pavimento; por lo cual, este ensayo sirvió como una Prueba de calidad del mejoramiento del pavimento y subrasante a cargo del Proyecto Reconstrucción con Cambios realizadas en este tramo, pudiendo afirmar que no se llevó a cabo manera correcta este procedimiento.

- PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL IZQUIERDO

Tabla 42: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL IZQUIERDO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+200	100.0	91.0	85.0	60.0	71.8	24.0	28.7	72.5
00+250	100.0	92.0	86.0	56.0	67.0	24.0	28.7	81.6
00+300	100.0	93.0	87.0	52.0	62.2	24.0	28.7	93.2
00+350	100.0	93.0	87.0	52.0	62.2	24.0	28.7	93.2
00+400	100.0	96.0	88.0	48.0	57.5	32.0	38.3	163.2
00+450	100.0	96.0	88.0	48.0	57.5	32.0	38.3	163.2
00+500	100.0	96.0	89.0	44.0	52.7	28.0	33.5	163.2
00+550	100.0	94.0	88.0	48.0	57.5	24.0	28.7	108.8
00+600	100.0	94.0	89.0	44.0	52.7	20.0	23.9	108.8
00+650	100.0	91.0	86.0	56.0	67.0	20.0	23.9	72.5
00+700	100.0	93.0	87.0	52.0	62.2	24.0	28.7	93.2

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 60.9$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 60.9 + 1.645 \cdot 6.1$$

$$D_c = 71.0$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/8.3)^{1/4}$$

$$D_a = 0.61 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/8.3)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 0.76 \text{ mm}$$

Tabla 43: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMÓN CASTILLA – CARRIL IZQUIERDO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+200	71.8	72.5	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+250	67.0	81.6	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+300	62.2	93.2	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+350	62.2	93.2	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+400	57.5	163.2	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+450	57.5	163.2	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+500	52.7	163.2	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+550	57.5	108.8	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+600	52.7	108.8	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+650	67.0	72.5	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+700	62.2	93.2	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

En las progresivas 00+200 hasta la 00+375 y 00+625 hasta la 00+700, del tramo Prolongación Av. Mariscal Castilla, exclusivamente carril izquierdo, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante y un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien cierto superficialmente se encuentra Excelente, la subrasante y las capas estructurales de pavimento no fueron compactadas de forma adecuada, por lo cual, este ensayo sirvió como una Prueba de calidad del mejoramiento del pavimento y subrasante a cargo del Proyecto Reconstrucción con Cambios realizadas en este tramo, pudiendo afirmar que no se llevó a cabo manera correcta este procedimiento..

Por otro lado, desde la progresiva 00+375 hasta 00+625, se observa un buen comportamiento estructural de la subrasante y, además, un buen comportamiento estructural del pavimento; con

lo cual, se puede afirmar que si se llevó a cabo de la manera correcta el procedimiento de compactación de las capas del pavimento.

- PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL ÚNICO

Tabla 44: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL ÚNICO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			D ₀ (0.01 mm)	D ₀ correctada (0.01 mm)	D ₂₅ (0.01 mm)	D ₂₅ correctada (0.01 mm)	R _c (m)
	L-inicial 0.01 mm	L ₂₅ 0.01 mm	L-final 0.01 mm					
00+750	100.0	93.0	83.0	68.0	81.4	40.0	47.9	93.2
00+800	100.0	94.0	81.0	76.0	91.0	52.0	62.2	108.8
00+850	100.0	94.0	80.0	80.0	95.8	56.0	67.0	108.8
00+900	100.0	93.0	79.0	84.0	100.5	56.0	67.0	93.2
00+950	100.0	91.0	75.0	100.0	119.7	64.0	76.6	72.5
01+000	100.0	92.0	80.0	80.0	95.8	48.0	57.5	81.6
01+050	100.0	94.0	82.0	72.0	86.2	48.0	57.5	108.8
01+100	100.0	95.0	80.0	80.0	95.8	60.0	71.8	130.5
01+150	100.0	95.0	79.0	84.0	100.5	64.0	76.6	130.5
01+200	100.0	94.0	79.0	84.0	100.5	60.0	71.8	108.8
01+250	100.0	94.0	78.0	88.0	105.3	64.0	76.6	108.8
01+300	100.0	96.0	81.0	76.0	91.0	60.0	71.8	163.2
01+350	100.0	99.0	85.0	60.0	71.8	56.0	67.0	652.7
01+400	100.0	99.0	86.0	56.0	67.0	52.0	62.2	652.7
01+450	100.0	95.0	86.0	56.0	67.0	36.0	43.1	130.5
01+500	100.0	92.0	83.0	68.0	81.4	36.0	43.1	81.6
01+550	100.0	93.0	82.0	72.0	86.2	44.0	52.7	93.2
01+600	100.0	91.0	80.0	80.0	95.8	44.0	52.7	72.5
01+650	100.0	88.0	76.0	96.0	114.9	48.0	57.5	54.4
01+700	100.0	92.0	78.0	88.0	105.3	56.0	67.0	81.6
01+750	100.0	91.0	79.0	84.0	100.5	48.0	57.5	72.5
01+800	100.0	89.0	78.0	88.0	105.3	44.0	52.7	59.3
01+850	100.0	92.0	84.0	64.0	76.6	32.0	38.3	81.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 92.8$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 92.8 + 1.645 \cdot 14.1$$

$$D_c = 116.0$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/8.3)^{1/4}$$

$$D_a = 0.61 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/8.3)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 0.76 \text{ mm}$$

Tabla 45: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – PROLONGACIÓN MARISCAL RAMON CASTILLA – CARRIL ÚNICO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (ts)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+750	81.4	93.2	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+800	91.0	108.8	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+850	95.8	108.8	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+900	100.5	93.2	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+950	119.7	72.5	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+000	95.8	81.6	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+050	86.2	108.8	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+100	95.8	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+150	100.5	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+200	100.5	108.8	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+250	105.3	108.8	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+300	91.0	163.2	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+350	71.8	652.7	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+400	67.0	652.7	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+450	67.0	130.5	61.0	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
01+500	81.4	81.6	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+550	86.2	93.2	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+600	95.8	72.5	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+650	114.9	54.4	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+700	105.3	81.6	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+750	100.5	72.5	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+800	105.3	59.3	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
01+850	76.6	81.6	61.0	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

En las progresivas 00+700 hasta la 00+775, 00+875 hasta la 01+025 y 01+475 hasta la 01+850, del tramo Prolongación Av. Mariscal Castilla y Av. Venezuela, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante y un mal comportamiento estructural del

pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien cierto superficialmente se encuentra Excelente y Muy Bueno, la subrasante y las capas estructurales de pavimento no fueron compactadas de forma adecuada, por lo cual, este ensayo sirvió como una Prueba de calidad del mejoramiento del pavimento y subrasante a cargo del Proyecto Reconstrucción con Cambios realizadas en este tramo, pudiendo afirmar que no se llevó a cabo manera correcta este procedimiento..

Por otro lado, desde la progresiva 00+775 hasta 000+875 y 01+025 hasta 01+475, se observa un mal comportamiento estructural de la subrasante y, además, un buen comportamiento estructural del pavimento; con lo cual, se puede afirmar que si se llevó a cabo de la manera correcta el procedimiento de compactación de las capas del pavimento.

- AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL ÚNICO

Tabla 46: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL ÚNICO

Progresiva	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			D ₀ (0.01 mm)	D ₀ corregida (0.01 mm)	D ₂₅ (0.01 mm)	D ₂₅ corregida (0.01 mm)	R _c (m)
	(Km)	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm					
00+015	100.0	96.0	69.0	124.0	148.4	108.0	129.3	163.2
00+065	100.0	94.0	69.0	124.0	148.4	100.0	119.7	108.8
00+115	100.0	94.0	70.0	120.0	143.6	96.0	114.9	108.8
00+165	100.0	94.0	72.0	112.0	134.1	88.0	105.3	108.8
00+215	100.0	95.0	70.0	120.0	143.6	100.0	119.7	130.5
00+265	100.0	87.0	72.0	112.0	134.1	60.0	71.8	50.2
00+315	100.0	86.0	73.0	108.0	129.3	52.0	62.2	46.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 140.2$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 140.2 + 1.645 \cdot 7.7$$

$$D_c = 152.8$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 47: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL ÚNICO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+015	148.4	163.2	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+065	148.4	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+115	143.6	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+165	134.1	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+215	143.6	130.5	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+265	134.1	50.2	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+315	129.3	46.6	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

En las progresivas 00+015 hasta 00+240, del tramo Av. 9 de octubre, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante, pero un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien cierto superficialmente tiene estado Bueno, es necesaria una intervención a nivel de subrasante y no solo tratamientos superficiales.

Por otro lado, desde la progresiva 00+240 hasta 000+340, se observa un mal comportamiento estructural de la subrasante y a la vez un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que, si bien cierto superficialmente se encuentra en el rango de Bueno, es ya necesaria una intervención a nivel estructural del pavimento y no solo tratamientos superficiales, además de una intervención en la subrasante de la misma.

- AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL IZQUIERDO

Tabla 48: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL IZQUIERDO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			D ₀	D ₀ corregida	D ₂₅	D ₂₅ corregida	R _c
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+365	100.0	99.0	74.0	104.0	124.5	100.0	119.7	652.7
00+415	100.0	96.0	72.0	112.0	134.1	96.0	114.9	163.2
00+465	100.0	94.0	74.0	104.0	124.5	80.0	95.8	108.8
00+515	100.0	96.0	75.0	100.0	119.7	84.0	100.5	163.2
00+565	100.0	95.0	73.0	108.0	129.3	88.0	105.3	130.5
00+615	100.0	89.0	73.0	108.0	129.3	64.0	76.6	59.3
00+665	100.0	87.0	74.0	104.0	124.5	52.0	62.2	50.2

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 126.5$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 126.5 + 1.645 \cdot 4.7$$

$$D_c = 134.2$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 49: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL IZQUIERDO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+365	124.5	652.7	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+415	134.1	163.2	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+465	124.5	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+515	119.7	163.2	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+565	129.3	130.5	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+615	129.3	59.3	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+665	124.5	50.2	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

En las progresivas 00+340 hasta 00+590, del tramo Av. 9 de octubre, carril izquierdo, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante, pero un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien cierto superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de subrasante y no solo tratamientos superficiales.

Por otro lado, desde la progresiva 00+590 hasta 000+690, se observa un mal comportamiento estructural de la subrasante y a la vez un mal comportamiento estructural del pavimento,

información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que, si bien cierto superficialmente se encuentra en el rango de Excelente, es necesaria una intervención a nivel estructural del pavimento y no solo tratamientos superficiales, además de una intervención en la subrasante de la misma.

- AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL DERECHO

Tabla 50: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL DERECHO

Progresiva	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	(Km)	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	Do (0.01 mm)	Docorregida (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	D25corregida (0.01 mm)
00+365	100.0	95.0	70.0	120.0	143.6	100.0	119.7	130.5
00+415	100.0	97.0	71.0	116.0	138.8	104.0	124.5	217.6
00+465	100.0	94.0	70.0	120.0	143.6	96.0	114.9	108.8
00+515	100.0	94.0	67.0	132.0	158.0	108.0	129.3	108.8
00+565	100.0	95.0	70.0	120.0	143.6	100.0	119.7	130.5
00+615	100.0	99.0	74.0	104.0	124.5	100.0	119.7	652.7
00+665	100.0	98.0	75.0	100.0	119.7	92.0	110.1	326.3

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 138.8$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 138.8 + 1.645 \cdot 13.0$$

$$D_c = 160.2$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 51: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA 9 DE OCTUBRE – CARRIL DERECHO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	De flexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+365	143.6	130.5	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+415	138.8	217.6	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+465	143.6	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+515	158.0	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+565	143.6	130.5	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+615	124.5	652.7	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+665	119.7	326.3	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

En las progresivas 00+340 hasta 00+665, del tramo Av. 9 de octubre, carril derecho, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante, pero un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien cierto superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de subrasante y no solo tratamientos superficiales.

- CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL DERECHO

Tabla 52: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL DERECHO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	Do (0.01 mm)	Docorregida (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	D25corregida (0.01 mm)	Rc (m)
00+000	100.0	97.0	80.0	80.0	95.8	68.0	81.4	217.6
00+050	100.0	99.0	78.0	88.0	105.3	84.0	100.5	652.7
00+100	100.0	99.0	79.0	84.0	100.5	80.0	95.8	652.7
00+150	100.0	98.0	80.0	80.0	95.8	72.0	86.2	326.3
00+200	100.0	98.0	78.0	88.0	105.3	80.0	95.8	326.3
00+250	100.0	99.0	78.0	88.0	105.3	84.0	100.5	652.7

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 101.3$$

Deflexión Característica:

$$Dc = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$Dc = 101.3 + 1.645 \cdot 4.7$$

$$Dc = 109.1$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 53: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL DERECHO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Re (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	95.8	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	105.3	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	100.5	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	95.8	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	105.3	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	105.3	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+250, del tramo Calle Edilberto Casas, carril derecho, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL IZQUIERDO

Tabla 54: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL IZQUIERDO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			D ₀ (0.01 mm)	D ₀ corregida (0.01 mm)	D ₂₅ (0.01 mm)	D ₂₅ corregida (0.01 mm)	R _c (m)
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm					
00+000	100.0	90.0	80.0	80.0	95.8	40.0	47.9	65.3
00+050	100.0	90.0	78.0	88.0	105.3	48.0	57.5	65.3
00+100	100.0	91.0	81.0	76.0	91.0	40.0	47.9	72.5
00+150	100.0	97.0	84.0	64.0	76.6	52.0	62.2	217.6
00+200	100.0	94.0	83.0	68.0	81.4	44.0	52.7	108.8
00+250	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+300	100.0	98.0	84.0	64.0	76.6	56.0	67.0	326.3
00+350	100.0	95.0	82.0	72.0	86.2	52.0	62.2	130.5
00+390	100.0	95.0	85.0	60.0	71.8	40.0	47.9	130.5

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 90.2$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 90.2 + 1.645 \cdot 10.7$$

$$D_c = 107.8$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 55: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE EDILBERTO CASAS – CARRIL IZQUIERDO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	95.8	65.3	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+050	105.3	65.3	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+100	91.0	72.5	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+150	76.6	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	81.4	108.8	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	76.6	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	86.2	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+390	71.8	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+125, del tramo Calle Edilberto Casas, carril izquierdo, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que, si bien cierto superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+125 hasta 00+390, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE NATIVIDAD VALDERA

Tabla 56: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE NATIVIDAD VALDERA

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	Do (0.01 mm)	Docorregida (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	D25corregida (0.01 mm)	Rc (m)
00+000	100.0	96.0	69.0	124.0	148.4	108.0	129.3	163.2
00+050	100.0	94.0	69.0	124.0	148.4	100.0	119.7	108.8
00+100	100.0	98.0	78.0	88.0	105.3	80.0	95.8	326.3
00+150	100.0	99.0	79.0	84.0	100.5	80.0	95.8	652.7
00+200	100.0	94.0	80.0	80.0	95.8	56.0	67.0	108.8
00+250	100.0	97.0	82.0	72.0	86.2	60.0	71.8	217.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 114.1$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 114.1 + 1.645 \cdot 27.3$$

$$D_c = 159.1$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 57: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE NATIVIDAD VALDERA

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	148.4	163.2	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	148.4	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	105.3	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	100.5	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	95.8	108.8	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	86.2	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+075, del tramo Calle Natividad Valdera, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante, pero un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que, si bien cierto superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de subrasante y no solo tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+075 hasta 00+250, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE TACNA

Tabla 58: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE TACNA

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	96.0	70.0	120.0	143.6	104.0	124.5	163.2
00+050	100.0	94.0	68.0	128.0	153.2	104.0	124.5	108.8
00+100	100.0	94.0	72.0	112.0	134.1	88.0	105.3	108.8
00+150	100.0	98.0	79.0	84.0	100.5	76.0	91.0	326.3
00+200	100.0	94.0	80.0	80.0	95.8	56.0	67.0	108.8
00+250	100.0	97.0	82.0	72.0	86.2	60.0	71.8	217.6
00+300	100.0	96.0	79.0	84.0	100.5	68.0	81.4	163.2
00+350	100.0	96.0	82.0	72.0	86.2	56.0	67.0	163.2
00+400	100.0	94.0	80.0	80.0	95.8	56.0	67.0	108.8

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 110.7$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 110.7 + 1.645 \cdot 25.7$$

$$D_c = 153.0$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 59: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE TACNA

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Re (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	143.6	163.2	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	153.2	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	134.1	108.8	108.2	Malo	Bueno	TIPO II	Mal comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	100.5	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	95.8	108.8	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	86.2	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	100.5	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	86.2	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+400	95.8	108.8	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+125, del tramo Calle Tacna, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante, pero un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que, si bien cierto superficialmente tiene estado Muy Bueno, es necesaria una intervención a nivel de subrasante y no solo tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+125 hasta 00+400, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Muy Bueno, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE MERCEDES GORDILLO

Tabla 60: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MERCEDES GORDILLO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	89.0	78.0	88.0	105.3	44.0	52.7	59.3
00+050	100.0	93.0	79.0	84.0	100.5	56.0	67.0	93.2
00+100	100.0	86.0	80.0	80.0	95.8	24.0	28.7	46.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 100.5$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 100.5 + 1.645 \cdot 4.8$$

$$D_c = 108.4$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N18} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 61: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MERCEDES GORDILLO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Re (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	105.3	59.3	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+050	100.5	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+100	95.8	46.6	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+100, del tramo Calle Mercedes Gordillo, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que, si bien cierto superficialmente tiene estado Bueno, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales.

- CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO

Tabla 62: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	98.0	82.0	72.0	86.2	64.0	76.6	326.3
00+050	100.0	95.0	80.0	80.0	95.8	60.0	71.8	130.5
00+100	100.0	98.0	87.0	52.0	62.2	44.0	52.7	326.3

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 81.4$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 81.4 + 1.645 \cdot 17.3$$

$$D_c = 109.8$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N18} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 63: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE HUMBERTO DIAZ ARROYO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+00	86.2	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	95.8	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	62.2	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+100, del tramo Calle Humberto Diaz Arroyo, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Muy Bueno, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE FELIX URCIA

Tabla 64: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE FELIX URCIA

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	97.0	84.0	64.0	76.6	52.0	62.2	217.6
00+050	100.0	96.0	81.0	76.0	91.0	60.0	71.8	163.2
00+100	100.0	99.0	88.0	48.0	57.5	44.0	52.7	652.7

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 75.0$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 75.0 + 1.645 \cdot 16.8$$

$$D_c = 102.7$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N18} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 65: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE FELIX URCA

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	76.6	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	57.5	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+100, del tramo Calle Félix Urcia, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Muy Bueno, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE REAL

**Tabla 66: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA -
PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE REAL**

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	98.0	83.0	68.0	81.4	60.0	71.8	326.3
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	99.0	82.0	72.0	86.2	68.0	81.4	652.7
00+150	100.0	93.0	79.0	84.0	100.5	56.0	67.0	93.2
00+200	100.0	93.0	78.0	88.0	105.3	60.0	71.8	93.2
00+250	100.0	92.0	79.0	84.0	100.5	52.0	62.2	81.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 94.2$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 94.2 + 1.645 \cdot 9.4$$

$$D_c = 109.6$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$Da = (1.15/0.84)^{\frac{1}{4}}$$

$$Da = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$Dcr = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$Dcr = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$Dcr = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 67: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE REAL

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Re (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	81.4	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	86.2	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	100.5	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+200	105.3	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+250	100.5	81.6	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+125, del tramo Calle Real, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Muy Bueno, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+125 hasta 00+250, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, indicativo de que, si bien cierto superficialmente tiene estado Muy Bueno, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales.

- CALLE SANTA ROSA

Tabla 68: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE SANTA ROSA

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	D _o corregida	D ₂₅	D ₂₅ corregida	R _c
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	93.0	79.0	84.0	100.5	56.0	67.0	93.2
00+050	100.0	92.0	78.0	88.0	105.3	56.0	67.0	81.6
00+100	100.0	93.0	81.0	76.0	91.0	48.0	57.5	93.2
00+150	100.0	98.0	83.0	68.0	81.4	60.0	71.8	326.3
00+200	100.0	96.0	81.0	76.0	91.0	60.0	71.8	163.2
00+250	100.0	97.0	82.0	72.0	86.2	60.0	71.8	217.6
00+300	100.0	98.0	86.0	56.0	67.0	48.0	57.5	326.3
00+350	100.0	99.0	86.0	56.0	67.0	52.0	62.2	652.7
00+400	100.0	99.0	84.0	64.0	76.6	60.0	71.8	652.7

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 85.1$$

Deflexión Característica:

$$Dc = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$Dc = 85.1 + 1.645 \cdot 13.5$$

$$Dc = 107.3$$

Deflexión Admisible:

$$Da = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$Da = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$Da = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$Dcr = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$Dcr = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$Dcr = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 69: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE SANTA ROSA

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	100.5	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+050	105.3	81.6	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+100	91.0	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+150	81.4	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	91.0	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	86.2	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	67.0	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	67.0	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+400	76.6	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+125, del tramo Calle Santa Rosa, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien, superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+125 hasta 00+400, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE GRAU

Tabla 70: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE GRAU

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do (0.01 mm)	Docorregida (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	D25corregida (0.01 mm)	Rc (m)
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm					
00+000	100.0	98.0	83.0	68.0	81.4	60.0	71.8	326.3
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	99.0	82.0	72.0	86.2	68.0	81.4	652.7
00+150	100.0	97.0	87.0	52.0	62.2	40.0	47.9	217.6
00+200	100.0	97.0	89.0	44.0	52.7	32.0	38.3	217.6
00+250	100.0	99.0	88.0	48.0	57.5	44.0	52.7	652.7
00+300	100.0	95.0	83.0	68.0	81.4	48.0	57.5	130.5

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 73.2$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 73.2 + 1.645 \cdot 15.3$$

$$D_c = 98.4$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 71: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE GRAU

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	81.4	326.3	108.2	Buena	Buena	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Buena	Buena	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	86.2	652.7	108.2	Buena	Buena	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	62.2	217.6	108.2	Buena	Buena	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	52.7	217.6	108.2	Buena	Buena	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	57.5	652.7	108.2	Buena	Buena	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	81.4	130.5	108.2	Buena	Buena	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+300, del tramo Calle Grau, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE UNIÓN

Tabla 72: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE UNIÓN

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			D ₀ (0.01 mm)	D ₀ corregida (0.01 mm)	D ₂₅ (0.01 mm)	D ₂₅ corregida (0.01 mm)	Rc (m)
	L-inicial 0.01 mm	L ₂₅ 0.01 mm	L-final 0.01 mm					
00+000	100.0	92.0	78.0	88.0	105.3	56.0	67.0	81.6
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	94.0	83.0	68.0	81.4	44.0	52.7	108.8
00+150	100.0	98.0	85.0	60.0	71.8	52.0	62.2	326.3
00+200	100.0	96.0	81.0	76.0	91.0	60.0	71.8	163.2
00+250	100.0	97.0	82.0	72.0	86.2	60.0	71.8	217.6
00+300	100.0	98.0	86.0	56.0	67.0	48.0	57.5	326.3
00+350	100.0	97.0	88.0	48.0	57.5	36.0	43.1	217.6
00+400	100.0	97.0	86.0	56.0	67.0	44.0	52.7	217.6
00+450	100.0	95.0	87.0	52.0	62.2	32.0	38.3	130.5

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 78.0$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 78.0 + 1.645 \cdot 15.3$$

$$D_c = 103.2$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 73: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE UNIÓN

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	105.3	81.6	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	81.4	108.8	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	71.8	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	91.0	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	86.2	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	67.0	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	57.5	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+400	67.0	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+450	62.2	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+025, del tramo Calle Unión, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien, superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales

Desde las progresivas 00+025 hasta 00+450, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales

- CALLE MARISCAL URETA

Tabla 74: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MARISCAL URETA

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	99.0	91.0	36.0	43.1	32.0	38.3	652.7
00+050	100.0	98.0	89.0	44.0	52.7	36.0	43.1	326.3
00+100	100.0	98.0	88.0	48.0	57.5	40.0	47.9	326.3
00+150	100.0	97.0	85.0	60.0	71.8	48.0	57.5	217.6
00+200	100.0	99.0	88.0	48.0	57.5	44.0	52.7	652.7
00+250	100.0	97.0	84.0	64.0	76.6	52.0	62.2	217.6
00+300	100.0	96.0	85.0	60.0	71.8	44.0	52.7	163.2

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 61.6$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 61.6 + 1.645 \cdot 12.2$$

$$D_c = 81.6$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 75: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE MARISCAL URETA

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Re (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	43.1	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	52.7	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	57.5	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	71.8	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	57.5	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	76.6	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	71.8	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+300, del tramo Calle Mariscal Ureta, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE ROSARIO CASTRO

Tabla 76: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE ROSARIO CASTRO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	D _o corregida	D25	D25corregida	Rc
	L-Inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	97.0	86.0	56.0	67.0	44.0	52.7	217.6
00+050	100.0	96.0	83.0	68.0	81.4	52.0	62.2	163.2
00+100	100.0	97.0	82.0	72.0	86.2	60.0	71.8	217.6
00+150	100.0	93.0	79.0	84.0	100.5	56.0	67.0	93.2

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 83.8$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 83.8 + 1.645 \cdot 13.8$$

$$D_c = 106.5$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N18)^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 77: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE ROSARIO CASTRO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	67.0	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	81.4	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	86.2	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	100.5	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+125, del tramo Calle Rosario Castro, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del

pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+125 hasta 00+150, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien, superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales.

- CALLE URCIA GUZMÁN

Tabla 78: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE URCIA GUZMÁN

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	97.0	85.0	60.0	71.8	48.0	57.5	217.6
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	92.0	80.0	80.0	95.8	48.0	57.5	81.6
00+150	100.0	93.0	79.0	84.0	100.5	56.0	67.0	93.2
00+200	100.0	93.0	78.0	88.0	105.3	60.0	71.8	93.2

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 92.9$$

Deflexión Característica:

$$Dc = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$Dc = 92.9 + 1.645 \cdot 12.9$$

$$Dc = 114.2$$

Deflexión Admisible:

$$Da = (1.15/N18)^{1/4}$$

$$Da = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$Da = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$Dcr = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$Dcr = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$Dcr = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 79: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE URCIA GUZMÁN

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	71.8	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	95.8	81.6	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+150	100.5	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+200	105.3	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+075, del tramo Calle Urcia Guzmán, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+075 hasta 00+200, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien, superficialmente tiene estado Excelente, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales.

- AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO

Tabla 80: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	97.0	89.0	44.0	52.7	32.0	38.3	217.6
00+050	100.0	95.0	88.0	48.0	57.5	28.0	33.5	130.5
00+100	100.0	97.0	91.0	36.0	43.1	24.0	28.7	217.6
00+150	100.0	96.0	88.0	48.0	57.5	32.0	38.3	163.2
00+200	100.0	97.0	90.0	40.0	47.9	28.0	33.5	217.6
00+250	100.0	95.0	89.0	44.0	52.7	24.0	28.7	130.5
00+300	100.0	99.0	91.0	36.0	43.1	32.0	38.3	652.7
00+350	100.0	95.0	88.0	48.0	57.5	28.0	33.5	130.5
00+400	100.0	97.0	91.0	36.0	43.1	24.0	28.7	217.6
00+450	100.0	98.0	90.0	40.0	47.9	32.0	38.3	326.3
00+500	100.0	97.0	90.0	40.0	47.9	28.0	33.5	217.6
00+550	100.0	97.0	91.0	36.0	43.1	24.0	28.7	217.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 49.5$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 49.5 + 1.645 \cdot 5.9$$

$$D_c = 59.2$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 81: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – AVENIDA LUIS HUAMANCHUMO

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	52.7	217.6	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	57.5	130.5	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	43.1	217.6	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	57.5	163.2	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	47.9	217.6	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	52.7	130.5	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	43.1	652.7	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	57.5	130.5	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+400	43.1	217.6	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+450	47.9	326.3	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+500	47.9	217.6	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+550	43.1	217.6	61.0	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+5500, del tramo Avenida Luis Huamanchumo, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE CRISTOBAL COLÓN

**Tabla 82: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA -
PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE CRISTOBAL COLÓN**

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	98.0	83.0	68.0	81.4	60.0	71.8	326.3
00+050	100.0	96.0	81.0	76.0	91.0	60.0	71.8	163.2
00+100	100.0	97.0	82.0	72.0	86.2	60.0	71.8	217.6
00+150	100.0	99.0	84.0	64.0	76.6	60.0	71.8	652.7
00+200	100.0	96.0	81.0	76.0	91.0	60.0	71.8	163.2
00+250	100.0	97.0	82.0	72.0	86.2	60.0	71.8	217.6
00+300	100.0	98.0	86.0	56.0	67.0	48.0	57.5	326.3
00+350	100.0	99.0	86.0	56.0	67.0	52.0	62.2	652.7
00+400	100.0	99.0	84.0	64.0	76.6	60.0	71.8	652.7

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 80.3$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 80.3 + 1.645 \cdot 9.2$$

$$D_c = 95.5$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 83: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE CRISTOBAL COLÓN

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+00	81.4	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	86.2	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	76.6	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	91.0	163.2	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	86.2	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	67.0	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	67.0	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+400	76.6	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+400, del tramo Calle Cristóbal Colón, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE DIEGO FERRE

Tabla 84: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE DIEGO FERRE

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			D ₀ (0.01 mm)	D ₀ corregida (0.01 mm)	D ₂₅ (0.01 mm)	D ₂₅ corregida (0.01 mm)	R _c (m)
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm					
00+000	100.0	93.0	78.0	88.0	105.3	60.0	71.8	93.2
00+050	100.0	92.0	79.0	84.0	100.5	52.0	62.2	81.6
00+100	100.0	92.0	80.0	80.0	95.8	48.0	57.5	81.6
00+150	100.0	89.0	75.0	100.0	119.7	56.0	67.0	59.3
00+200	100.0	87.0	72.0	112.0	134.1	60.0	71.8	50.2
00+250	100.0	89.0	76.0	96.0	114.9	52.0	62.2	59.3
00+300	100.0	84.0	72.0	112.0	134.1	48.0	57.5	40.8

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 114.9$$

Deflexión Característica: $D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$

$$D_c = 114.9 + 1.645 \cdot 15.4$$

$$D_c = 140.2$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15/N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15/0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}}\right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 85: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO FLEXIBLE – CALLE DIEGO FERRE

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	105.3	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+050	100.5	81.6	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+100	95.8	81.6	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+150	119.7	59.3	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+200	134.1	50.2	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+250	114.9	59.3	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+300	134.1	40.8	108.2	Malo	Malo	TIPO IV	Mal comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+125, del tramo Calle Diego Ferre, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien, superficialmente tiene estado Regular, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento y no solo tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+125 hasta 00+300, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un mal comportamiento estructural de la subrasante, y un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien, superficialmente tiene estado Regular, es necesaria una intervención a nivel de subrasante y estructura del pavimento.

4.2.2. PAVIMENTO RÍGIDO

- JR. ROSARIO LLONTOP

Tabla 86: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. ROSARIO LLONTOP

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	D _o corregida	D ₂₅	D ₂₅ corregida	R _c
	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	98.0	83.0	68.0	81.4	60.0	71.8	326.3
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	98.0	85.0	60.0	71.8	52.0	62.2	326.3
00+150	100.0	98.0	84.0	64.0	76.6	56.0	67.0	326.3

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 80.2$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 80.2 + 1.645 \cdot 8.2$$

$$D_c = 93.6$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 87: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. ROSARIO LLONTOP

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	81.4	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	71.8	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	76.6	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+150, del tramo Jr. Rosario Llontop, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- JR. LAMBAYEQUE

Tabla 88: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. LAMBAYEQUE

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do (0.01 mm)	Docorregida (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	D25corregida (0.01 mm)	Rc (m)
	L-inicial (0.01 mm)	L25 (0.01 mm)	L-final (0.01 mm)					
00+000	100.0	99.0	84.0	64.0	76.6	60.0	71.8	652.7
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	99.0	82.0	72.0	86.2	68.0	81.4	652.7
00+150	100.0	98.0	88.0	48.0	57.5	40.0	47.9	326.3
00+200	100.0	97.0	86.0	56.0	67.0	44.0	52.7	217.6
00+250	100.0	97.0	84.0	64.0	76.6	52.0	62.2	217.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 75.8$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 75.8 + 1.645 \cdot 12.3$$

$$D_c = 96.0$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 89: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – JR. LAMBAYEQUE

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	76.6	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	86.2	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	57.5	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	67.0	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	76.6	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+250, del tramo Jr. Lambayeque, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAL, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE EDILBERTO CASAS

Tabla 90: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE EDILBERTO CASAS

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			D ₀ (0.01 mm)	D ₀ corregida (0.01 mm)	D ₂₅ (0.01 mm)	D ₂₅ corregida (0.01 mm)	Rc (m)
	L-inicial (0.01 mm)	L25 (0.01 mm)	L-final (0.01 mm)					
00+000	100.0	99.0	84.0	64.0	76.6	60.0	71.8	652.7
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	99.0	82.0	72.0	86.2	68.0	81.4	652.7
00+150	100.0	98.0	88.0	48.0	57.5	40.0	47.9	326.3
00+200	100.0	97.0	86.0	56.0	67.0	44.0	52.7	217.6
00+250	100.0	98.0	88.0	48.0	57.5	40.0	47.9	326.3
00+300	100.0	97.0	86.0	56.0	67.0	44.0	52.7	217.6
00+350	100.0	97.0	86.0	56.0	67.0	44.0	52.7	217.6

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\underline{D} = 71.2$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 71.2 + 1.645 \cdot 12.4$$

$$D_c = 91.6$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N_{18}} \right)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = (1.9 / 0.84)^{1/5.3}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 91: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE EDILBERTO CASAS

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Re (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	76.6	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	86.2	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+150	57.5	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+200	67.0	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+250	57.5	326.3	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+300	67.0	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+350	67.0	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO 1	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+250, del tramo Calle Edilberto Casas, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Excelente, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

- CALLE REAL

Tabla 92: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE REAL

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	Do (0.01 mm)	Docorregida (0.01 mm)	D25 (0.01 mm)	D25corregida (0.01 mm)	Rc (m)
00+000	100.0	99.0	84.0	64.0	76.6	60.0	71.8	652.7
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	91.0	79.0	84.0	100.5	48.0	57.5	72.5
00+150	100.0	93.0	78.0	88.0	105.3	60.0	71.8	93.2

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 93.4$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 93.4 + 1.645 \cdot 12.7$$

$$D_c = 114.2$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N18} \right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 93: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE REAL

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+00	76.6	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	100.5	72.5	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento
00+150	105.3	93.2	108.2	Bueno	Malo	TIPO III	Buen comportamiento estructural de subrasante y mal comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+50, del tramo Calle Real, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Muy bueno, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

Desde las progresivas 00+0.05 hasta 00+150, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, pero un mal comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que si bien, superficialmente tiene estado Regular, es necesaria una intervención a nivel de estructura del pavimento.

- CALLE 7 DE JUNIO

**Tabla 94: RESUMEN DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA -
PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE 7 DE JUNIO**

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial 0.01 mm	L25 0.01 mm	L-final 0.01 mm	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
00+000	100.0	99.0	84.0	64.0	76.6	60.0	71.8	652.7
00+050	100.0	95.0	81.0	76.0	91.0	56.0	67.0	130.5
00+100	100.0	97.0	85.0	60.0	71.8	48.0	57.5	217.6
00+130	100.0	99.0	89.0	44.0	52.7	40.0	47.9	652.7

Fuente: Propia

Referencia: Anexo N°15

Deflexión Promedio:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$\bar{D} = 73.0$$

Deflexión Característica:

$$D_c = \bar{D} + t \cdot \sigma$$

$$D_c = 73.0 + 1.645 \cdot 15.8$$

$$D_c = 99.0$$

Deflexión Admisible:

$$D_a = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

$$D_a = (1.15 / 0.84)^{1/4}$$

$$D_a = 1.08 \text{ mm}$$

Deflexión Crítica:

$$D_{cr} = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = (1.9/0.84)^{\frac{1}{5.3}}$$

$$D_{cr} = 1.17 \text{ mm}$$

Tabla 95: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA - PAVIMENTO RÍGIDO – CALLE REAL

Progresiva (Km)	Deflexión (0.01 mm)	Rc (m)	Deflexión Admisible	Comportamiento de subrasante	Comportamiento de pavimento	Tipo de Deflexión	Descripción
00+000	76.6	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+050	91.0	130.5	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+100	71.8	217.6	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento
00+130	52.7	652.7	108.2	Bueno	Bueno	TIPO I	Buen comportamiento estructural de subrasante y buen comportamiento estructural del pavimento

Fuente: Propia

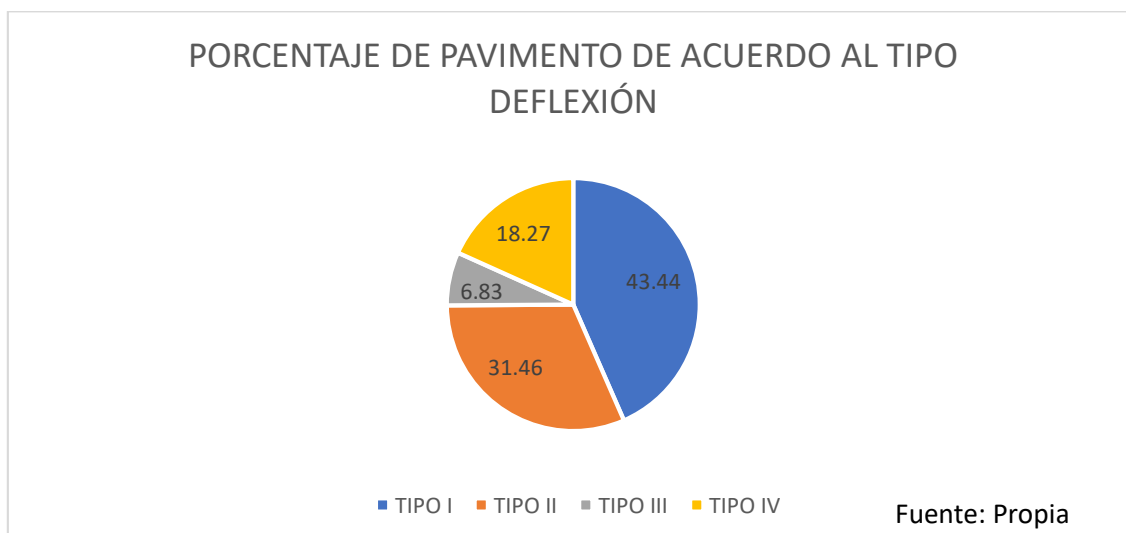
Referencia: Anexo N°16

Desde las progresivas 00+000 hasta 00+130, del tramo Calle 7 de junio, carril único, según el método de la deflectometría y la comparación con método CONREVIAl, se puede observar un buen comportamiento estructural de la subrasante, y un buen comportamiento estructural del pavimento, información que al contrastarla con el Índice PCI del tramo, es indicativo de que superficialmente tiene estado Muy Bueno, y solo serán necesarios tratamientos superficiales.

RESUMEN

Del área de vías evaluadas, se observa que presentan:

- UN BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL TANTO DE LA SUBRASANTE COMO DEL PAVIMENTO
TIPO DE DEFLECCIÓN: TIPO I
ÁREA = 36889.14 m²,
Representando el 43.44% del área total de pavimento flexible.
- MAL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE SUBRASANTE, PERO UN BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
TIPO DE DEFLECCIÓN: TIPO II
ÁREA = 26 713.34 m²,
Representando el 31.46% del área total de pavimento flexible.
- BUEN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE SUBRASANTE, PERO UN MAL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
TIPO DE DEFLECCIÓN: TIPO III
ÁREA = 5 796.55 m²,
Representando el 6.83% del área total de pavimento flexible.
- MAL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL TANTO DE LA SUBRASANTE COMO DEL PAVIMENTO
TIPO DE DEFLECCIÓN: TIPO IV
ÁREA = 15 521.91 m²
Representando el 18.27% del área total de pavimento flexible.



4.3. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Se plantean como alternativas de solución, las propuestas planteadas por el Manual de Carreteras - Mantenimiento y Conservación Vial (2018); dichas propuestas son aplicables a las vías que no necesitarán un mejoramiento desde la subrasante.

Para las vías que necesiten un mejoramiento a nivel de estructura del pavimento, se deberán realizar ensayos destructivos, lo cual implican la extracción de muestras o probetas para ensayarlas en laboratorio y para determinar las propiedades de las capas, pudiendo así conocer desde cuál de ellas será necesaria su reconstitución. Se podrán realizar ensayos como calicatas o pozos a cielo abierto para inspeccionar directamente la capa que se desea analizar, o extracción de núcleos: con máquinas que cortan circularmente el pavimento para su posterior ensayo en un laboratorio.

Si fuera el caso de solo encontrarse problemas a nivel de carpeta, podría plantearse como propuesta de solución el fresado de la carpeta asfáltica, la cual consiste en “cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento” [1] y que permite recuperar las condiciones tanto estructurales como superficiales del pavimento para cumplir con su objetivo, es decir, brindar seguridad y comodidad a la circulación vehicular.

En el caso de que la falla se de en la base o subbase, deberán removerse las capas superiores a la misma y llevar a cabo una correcta compactación de las mismas.

Para las vías que presentan un buen comportamiento estructural, tanto de la subrasante como del pavimento, se recomienda, realizar actividades de mantenimiento periódico de acuerdo a su clasificación por funcionalidad de Vías Urbana, cada 2 años para las vías arteriales y cada 5 años para las vías locales, utilizando técnicas de sellado asfáltico como Sellos con Emulsión Asfáltica o lechadas asfálticas, los cuales permiten recuperar las condiciones superficiales de las vías desgastadas, además de minimizar y retardar la formación de daños más severos.

En el Anexo N° 21, se puede observar el mapa de las vías en estudio, identificando por colores, las propuestas indicadas anteriormente, de acuerdo a los ensayos realizados.

V. CONCLUSIONES

- El área total de vías evaluadas es de 84 920.94 m², de los cuales 72 575.92 m² son pavimento flexible, es decir un 85.46%, y 12 345.02 m² son pavimento rígido, representando un 14.54%.
- El pavimento flexible de las calles y avenidas del distrito de Santa Rosa, se encuentra en un 77.01% en Excelente estado superficial, sin embargo, solo el 43.44% de su totalidad presenta un buen comportamiento estructural de la subrasante como del pavimento.
- Del total de pavimento flexible, el 77.01% de encuentra en estado Excelente, el 8.69% en estado Muy bueno, el 6.72% en estado Bueno, el 6.89% en estado Regular y solo el 0.69% en estado Malo.
- Del total de pavimento rígido, el 89.57% de encuentra en estado Excelente, el 4.38% en estado Muy bueno y el 6.05% en estado Regular.
- Los principales daños superficiales observados en el pavimento flexible son la meteorización/desprendimiento de agregados con severidad media en un porcentaje del 18.11%, y baja en un porcentaje del 34.27%; piel de cocodrilo con nivel de severidad bajo en un porcentaje del 30.70%, grietas longitudinales y transversales con nivel de severidad bajo en un porcentaje del 13.14% y huecos en un nivel de severidad alta en un porcentaje del 1.24%, y bajo en un porcentaje del 2.54%.
- Los principales daños superficiales observados en el pavimento rígido son el daño de sello de junta con severidad baja en un 83.22%, mapa de grieta con severidad baja en un 5.36%, y descascaramiento de esquina y de junta con severidad baja en un 11.42%.
- El Índice Medio Diario Anual de las vías principales, Prolongación Av. Mariscal Castilla y Av. Venezuela, consideradas según la funcionalidad de las Vías Urbanas, como vías arteriales, es de 709 vehículos.
- El Índice Medio Diario Anual de las vías secundarias, consideradas según la funcionalidad de las Vías Urbanas, como vías locales, es de 284 vehículos.
- El Número de Ejes Equivalentes, ESAL, de las vías principales, Prolongación Av. Mariscal Castilla y Av. Venezuela, con proyección para el año 2039, es de 1.1328 millones de EE.
- El Número de Ejes Equivalentes, ESAL, de las vías secundarias, con proyección para el año 2039, es de 0.1542 millones de EE.

- Se concluye que, de los 84 920.94 m² de área de vías evaluadas, 36889.14 m², es decir el 43.44% presenta un buen comportamiento estructural tanto de la subrasante como del pavimento; 26 713.34 m², es decir el 31.46%, presenta un mal comportamiento estructural de subrasante pero un buen comportamiento estructural del pavimento, 5 796.55 m², es decir, 6.83%, presenta un buen comportamiento estructural de subrasante pero un mal comportamiento estructural del pavimento, y 15 521.91 m², es decir el 18.27%, presenta un mal comportamiento estructural tanto de la subrasante como del pavimento.
- Para las vías que necesiten un mejoramiento a nivel de estructura del pavimento, se deberán realizar ensayos destructivos, como calicatas, pozos a cielo abierto o extracción de núcleos. Si solo se encontrarse problemas a nivel de carpeta, podría plantearse como propuesta de solución el fresado de la carpeta asfáltica. En el caso de que la falla se de en la base o subbase, deberán removerse las capas superiores a la misma y realizar el cambio de las mismas, es decir realizar una rehabilitación del pavimento. Como última propuesta, para las vías que presentan un buen comportamiento estructural, se deberán realizar actividades de mantenimiento periódico de acuerdo a su clasificación por funcionalidad de Vías Urbana, cada 2 años para las vías arteriales y cada 5 años para las vías locales, utilizando técnicas de sellado asfáltico como sellos con emulsión asfáltica o lechadas asfálticas.

VI. RECOMENDACIONES

- A fin de mejorar la investigación, en las vías en las que se necesite cambiar el paquete estructural del pavimento, se deberán hacer ensayos destructivos y ensayos de laboratorio, para conocer con mayor precisión desde que capa estructural se deberá intervenir.
- Implementar un plan de mantenimiento periódico y rutinario, de acuerdo a las propuestas de intervención antes planteadas.
- Realizar la evaluación de los pavimentos periódicamente, recomendablemente cada 4 o 5 años, para intervenirlos antes de que lleguen al fin de su vida útil.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. M. Hurtado Arias, “Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ing. Civil, Univ. Internacional de Ecuador, Quito, Ecuador, 2016.
- [2] O. M. Coy Pineda, “Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52^a a 53c comparando los métodos VIZIR Y PCI”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería, Univ. Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2017.
- [3] V. Marecos, S. Fontul, M. L. Antunes y M. Solla, “Evaluation of a highway pavement using non-destructive tests: Falling Weight Deflectometer and Ground Penetrating Radar”, *Construction and Building Materials*, vol. 154, pp. 1164-1172, nov., 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181731365X>
- [4] C. C. Chao, D. F. Lin, H. L. Luo, Y. K. Wang y W. Lo, “Non-destructive evaluation of a city roadway for pavement rehabilitation: A case study”, *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 10, n° 6, pp. 465-562, dic., 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.ijprt.org.tw/>
- [5] J. I. Balarezo Zapata, “Evaluación estructural usando Viga Benkelman aplicada a un pavimento”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería, Univ. de Piura, Piura, Perú, 2017.
- [6] P. B. Leguía Loarte y H. F. Pacheco Risco, “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 Licenciatura, Fac. de Ingeniería y Arquitectura, Univ. San Martín de Porres, Lima, Perú, 2016.
- [7] S. M. Díaz Espinoza, “La revaloración de la performance funcional y estructural de los pavimentos articulados en la ciudad de Jaén”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería, Univ. Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú, 2018.
- [8] J. F. Pérez León y J. K. Ramírez Leyva, “Evaluación y determinación de las patologías del pavimento asfáltico en la Av. Los Tréboles - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo

- Departamento de Lambayeque”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Univ. Señor de Sipán, Pimentel, Perú, 2018.
- [9] D. J. L. Dávila Vidarte, N. E. Huangal Castañeda y W. A. Salazar Bravo, “Aplicación del Método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía canal de la Avenida Chiclayo Distrito José Leonardo Ortiz Provincia de Chiclayo Período 2016”, Tesis de Maestría, Esc. de Postgrado, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2016.
- [10] L. E. Balcazar Castro, “Evaluación superficial del pavimento rígido de la Av. Salaverry comprendido entre las calles Pascual Saco y Cajamarca, de la ciudad de Chiclayo”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2018.
- [11] A. Sotil Chávez, “Sistematización de Información sobre Diseño Gestión, Construcción y Reparación de Pavimentos Urbanos”. Lima: SENCICO, 2010.
- [12] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “Manual de Inventarios Viales”, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, 2016.
- [13] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial”. Lima, 2018.
- [14] A. Montejo Fonseca, “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras”. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006.
- [15] M. Corros B., E. Urbáez P. y G. Corredor M., “Manual de Evaluación de Pavimentos”. Venezuela, 2009.
- [16] R. E. Carahuatay Chávez, “Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera San Miguel-Pablo, Tramo San Miguel-SUNUDEN: mediante el análisis deflectométrico”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería, Univ. Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú, 2015.
- [17] J. C. Mendoza Ramos, “Evaluación estructural del pavimento basada en deflexiones monitoreo de conservación carretera cañete-Huancayo Km. 110+000 al 112+000”, Tesis de Licenciatura, Fac de Ingeniería Civil, Univ. Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2010.

- [18] R. González, C. Soengas y G. Botasso, “Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos en Áreas Urbanizadas”, Informe, Fac. Regional La Plata, Univ. Tecnológica Regional, Buenos Aires, Argentina, 2014.
- [19] W. Gutiérrez, “Índice de Condición del Pavimento. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos”, Conferencia, 1994.
- [20] L. R. Vásquez Valera, “PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y concreto en carreteras”. Manizales: Ingepav, 2002.
- [21] E. Ávila, F. Albarracín y J. Bojorque, «Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso» *Maskana*, vol. 6, n° 1, p. 19, 2015.
- [22] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2013.
- [23] L. Castaño, L y J. Galeano, “Comparación de las metodologías VIZIR, PCR y PCI en la evaluación de tramos de pavimento de la vía Manizales - La Siria - Chinchina”, Tesis de maestría, Univ. Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, 2004.
- [24] J. Pinilla Valencia, “AUSCULTACIÓN, CALIFICACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA CARRETERA SECTOR PUENTE DE LA LIBERTAD – MALTERIA DESDE EL K0+000 HASTA EL K6+000”, Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería Civil, Univ. Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, 2007.

VIII. ANEXOS

ANEXO N°01

PARTE I : INVENTARIO DE DAÑOS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO					
Nombre de la investigación	“EVALUACIÓN VISUAL Y ESTRUCTURAL UTILIZANDO EN MÉTODO DEL PCI Y VIGA VECKELMAN DE LA CALLES Y AVENIDAS DEL CASCO URBANO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2019”				
Investigador:	Leydi Lalelshka Chaname Cerna				
TIPO DE DETERIORO	SÍMBOLO	UNIDAD	NIVEL DE SEVERIDAD		
			BAJA (B)	MEDIA (M)	ALTA (A)
FISURAS					
Fisuras longitudinales	FL	m	Abertura < 1 mm o selladas.	Abertura 1-3 mm, sin sello, algunas fisuras leves la cruzan	Abertura >3 mm, posee alto desgaste, algunas fisuras medias las cruzan, causa vibración al vehículo.
Fisuras transversales	FT	m			
Fisuras en juntas de construcción	FCL- FCT	m			
Reflexión de juntas de pavimentos	FJL-FJT	m			
Fisuras en media luna	FML	m 2			
Fisuras de borde	FBD	m			
Fisuras en bloque	FB	m ²	Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras < 1mm o selladas, sin desgaste en ellas.	Bloques definidos por fisuras 1-3 mm, o sin sellante, con desgaste leve.	Bloques bien definidos por fisuras > 3mm que presentan alto desgaste.
Fisuras piel de cocodrilo	PC	m ²	Serie de fisuras longitudinales paralelas con abertura de hasta 3 mm, principalmente en la huella.	Las fisuras han formado bloques que tienen un ligero desgaste en los bordes.	Área con bloques sueltos de bordes desgastados, puede existir bombeo.

Fisuras por deslizamiento de capas	FDC	m2	Fisuras < 1mm o selladas.	Fisuras 1-3mm, pueden existir agrietamientos alrededor con aberturas menores a 1 mm.	Fisuras > 3mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras con aberturas mayores a 1 mm.
Fisuración incipiente	FIN	m2	Sin grados de severidad asociados		
DEFORMACIONES					
Ondulaciones	OND	m2	Altura < 10 mm	Altura 10-20 mm	Altura > 20mm
Abultamiento	AB	m2			
Hundimientos	HUN	m2	Altura < 20 mm	Altura 20-40 mm	Altura > 40mm
Ahuellamiento	AHU	m2	Altura < 10 mm	Altura 10-25 mm	Altura > 25mm
DETERIORO DE CAPAS SUPERFICIALES					
Descascaramiento	DC	m2	Altura < 10mm	Altura 10-25 mm	Profundidad mayor que 2.5 cm.
Baches	BCH	m2	Profundidad < 25mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas	Profundidad entre 25-50 mm, afecta incluso la base asfáltica.	Profundidad > 50mm, llega a afectar la base granular.
Parches	PCH	m2	Está en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y deficiencias en los bordes.	Presenta daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.
DAÑOS SUPERFICIALES					
Desgaste superficial	DSU	m2	Pérdida de la textura uniforme de la superficie, con irregularidades hasta de 3mm	Profundidad de las irregularidades entre 3 mm y 10 mm, se observa el agregado grueso, el vehículo experimenta vibración y ruido.	Ha comenzado desintegrarse la superficie, presenta desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.

Pérdida del agregado	PA	m2	Se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15 m.	Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05 m y 0.15 m.	Desprendimiento extensivo de agregados con separaciones menores a 0.05 m, superficie muy rugosa, se observan sueltos.
Pulimento del agregado	PU	m2	Sin grados de severidad asociados		
Cabezas duras	CD	m2	Sin grados de severidad asociados		
Exudación	EX	m2	Se hace visible en la superficie en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre los agregados gruesos	Exceso de asfalto libre que forma una película cubriendo parcialmente los agregados	Cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, aspecto húmedo de intensa coloración negra.
Surcos	SU	m2	Sin grados de severidad asociados		
OTROS DAÑOS					
Corrimiento vertical de la berma	CV	m	Altura < 6mm	Altura 6-25 mm	Altura > 25 mm
Separación de la berma	SB	m	Ancho < 3mm	Altura 3-10 mm	Altura > 10mm
Afloramiento de agua	AFA	m	Sin grados de severidad asociados		
Afloramiento de finos	AFI	-	Sin grados de severidad asociados		

ANEXO N°02

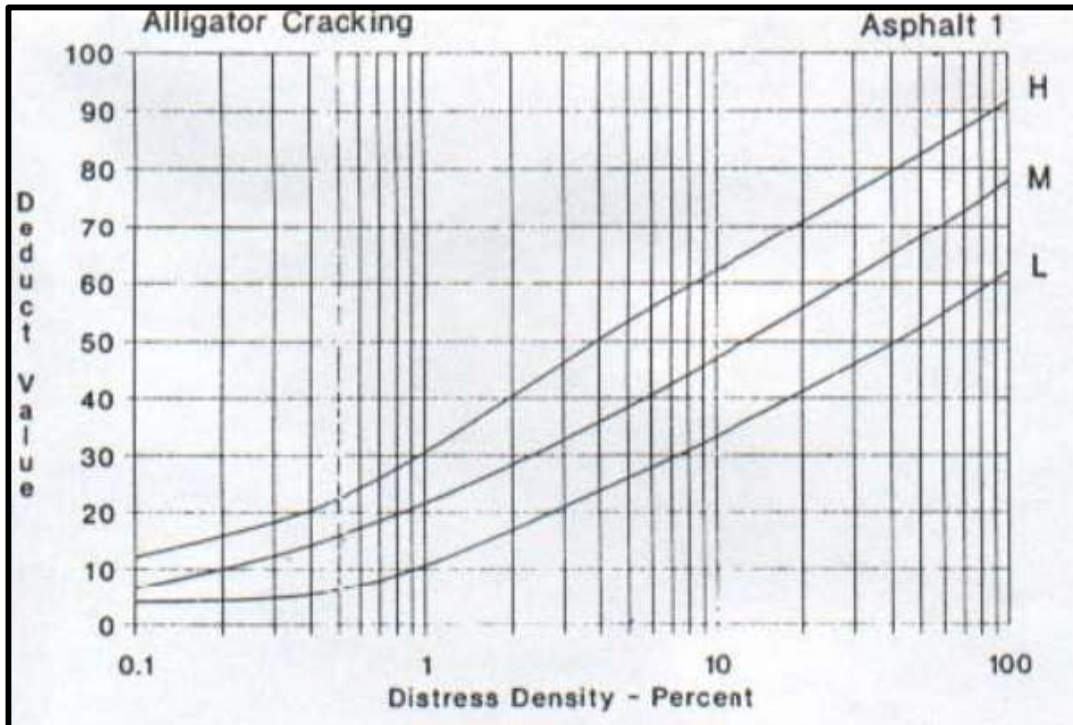
 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
 PCI-01 VÍA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				FOTOGRAFÍA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO DE VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA DE MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR	FECHA					
<input type="text"/>	<input type="text"/>					
<input type="text"/>	<input type="text"/>					
N°	DAÑO	N°	DAÑO			
1	Piel de cocodrilo	11	Parqueo y acometidas de servicio público			
2	Exudación	12	Pulimento de agregados			
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos			
4	Abultamientos y hundimientos	14	Ahuellamiento			
5	Corrugación	15	Desplazamiento			
6	Depresión	16	Grieta parabólica			
7	Grieta de borde	17	Hinchamiento			
8	Grieta de reflexión de junta	18	Meteorización/Desprendimiento de agregados			
9	Desnivel carril / berma					
10	Grietas longitudinales y transversales					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

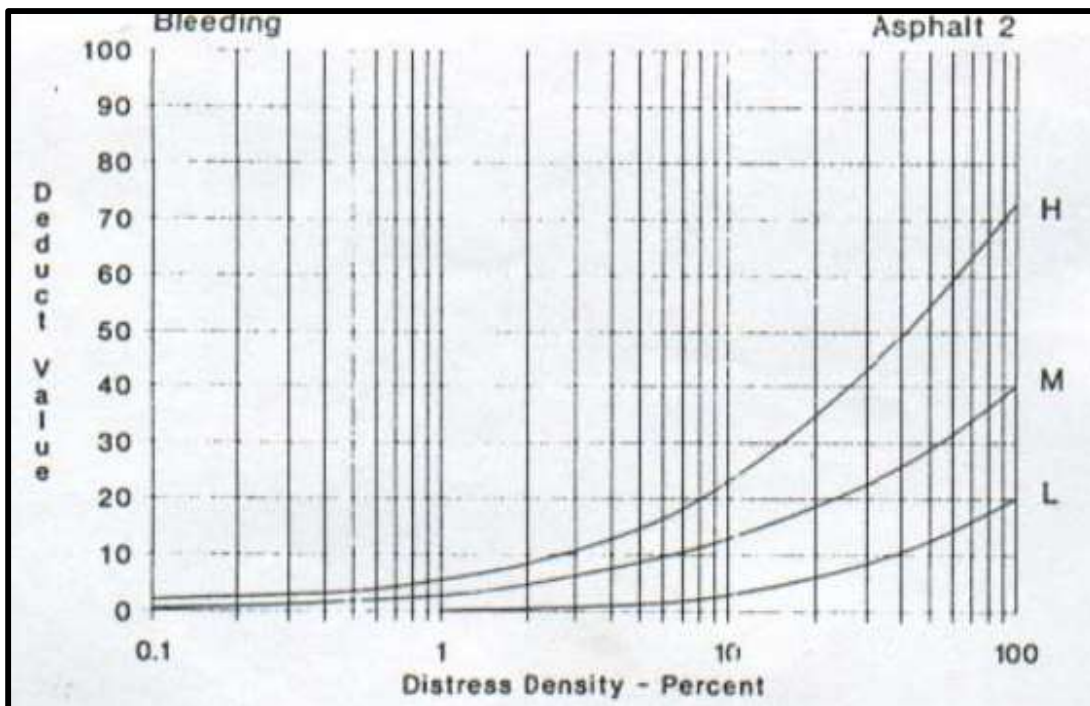
ANEXO N°04

GRÁFICO DE VALOR DE DEDUCCIÓN

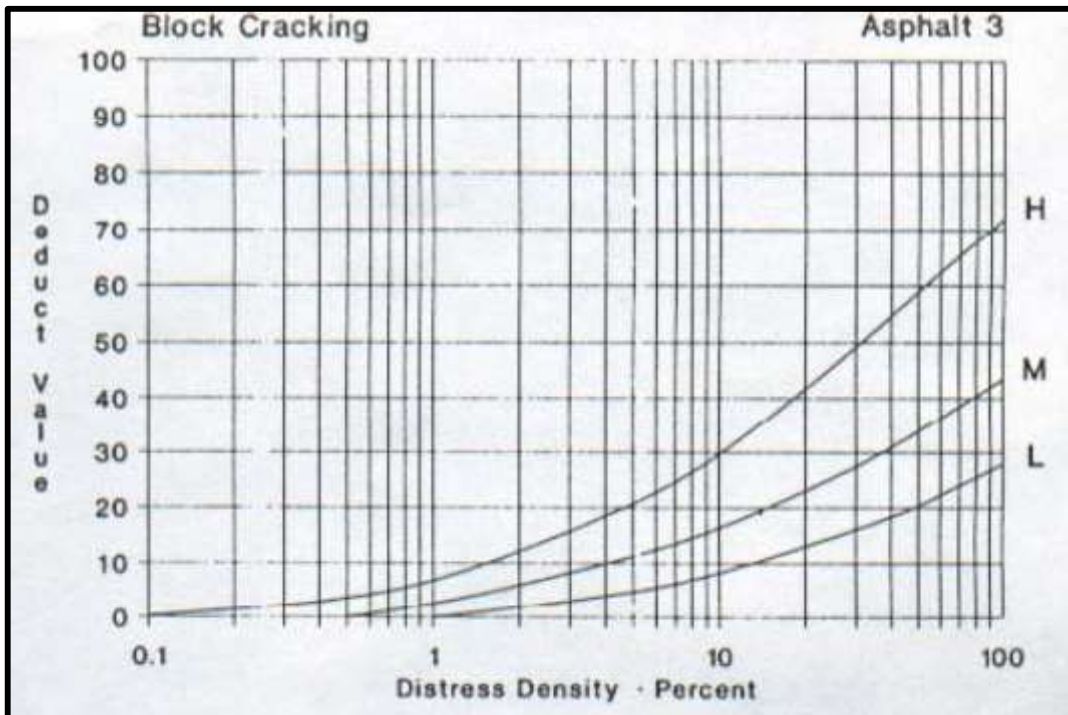
Falla N°01: Grietas piel de cocodrilo



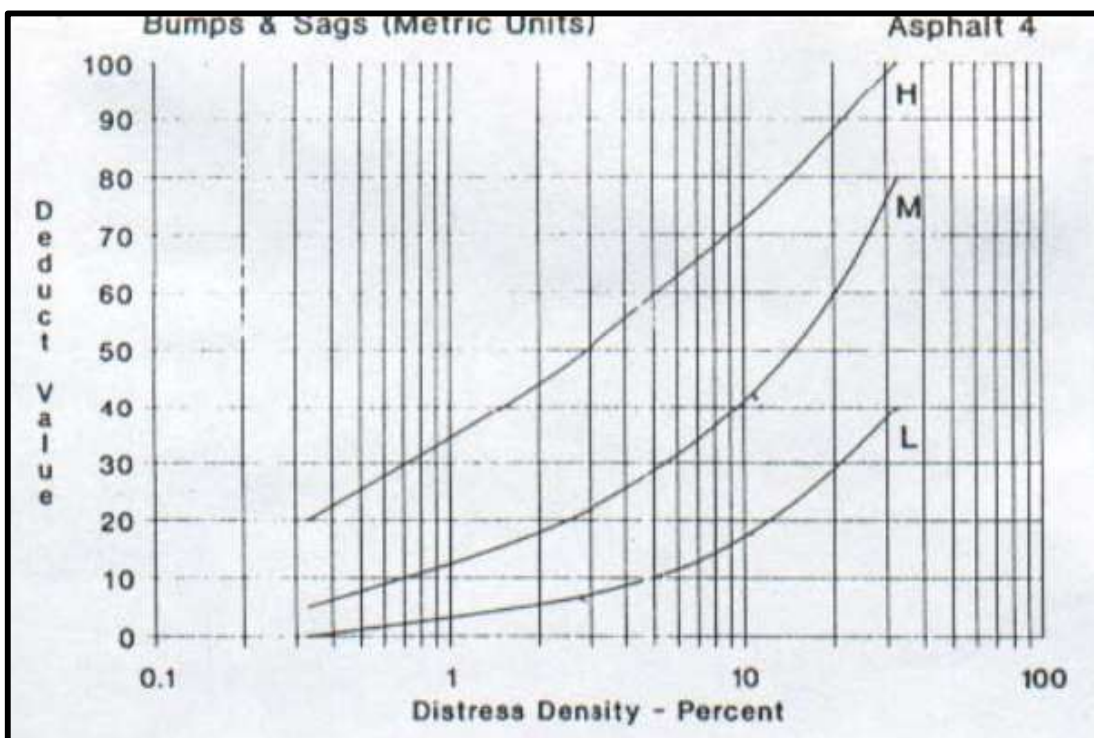
Falla N°02: Exudación (Manchas en el pavimento)



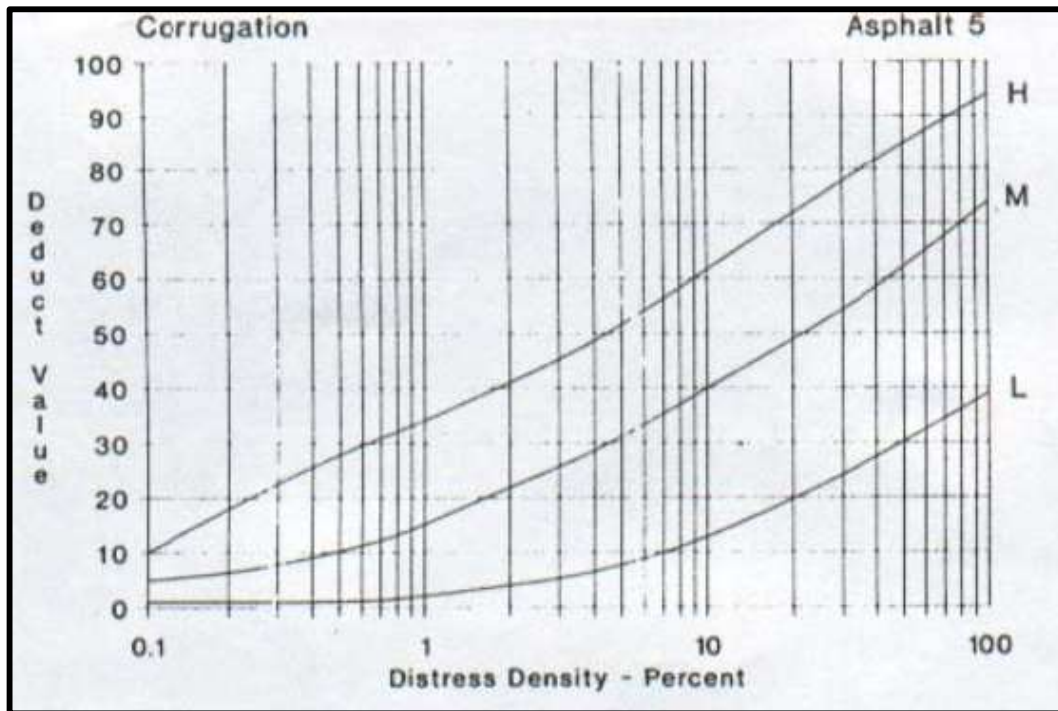
Falla N°03: Grietas de contracción



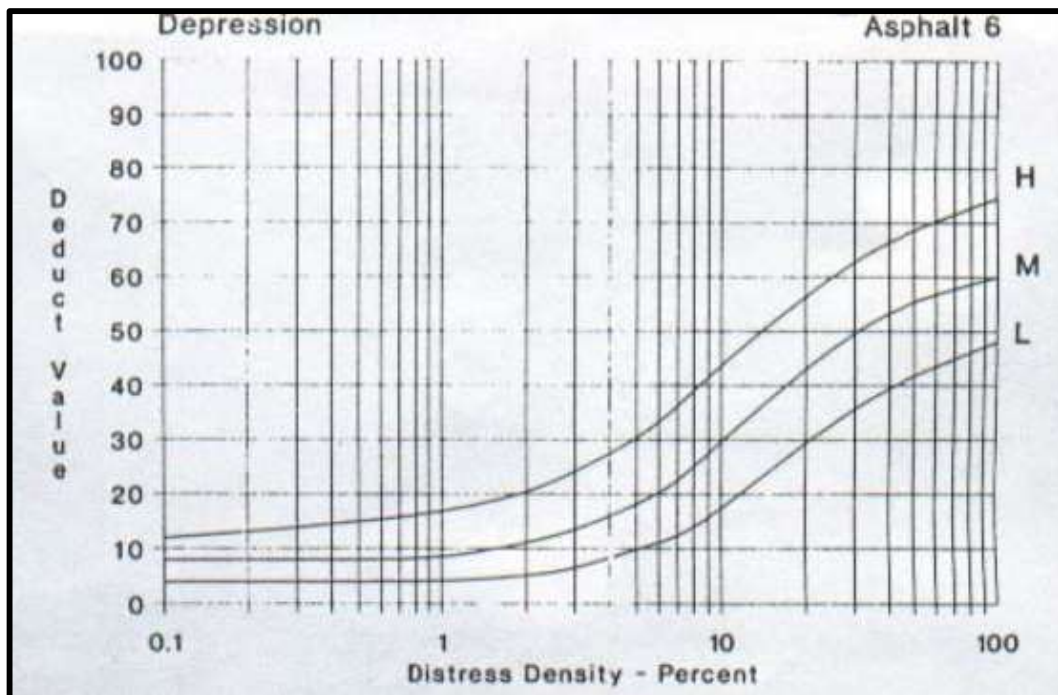
Falla N°04: Elevaciones/Hundimientos



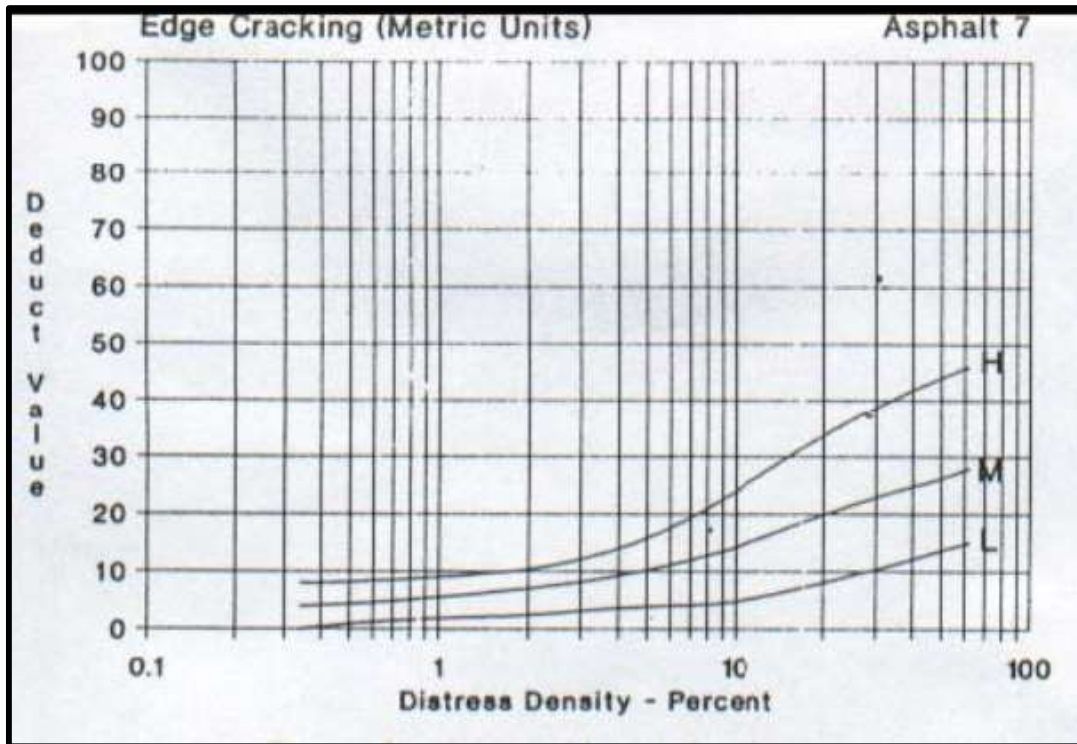
Falla N°05: Corrugación



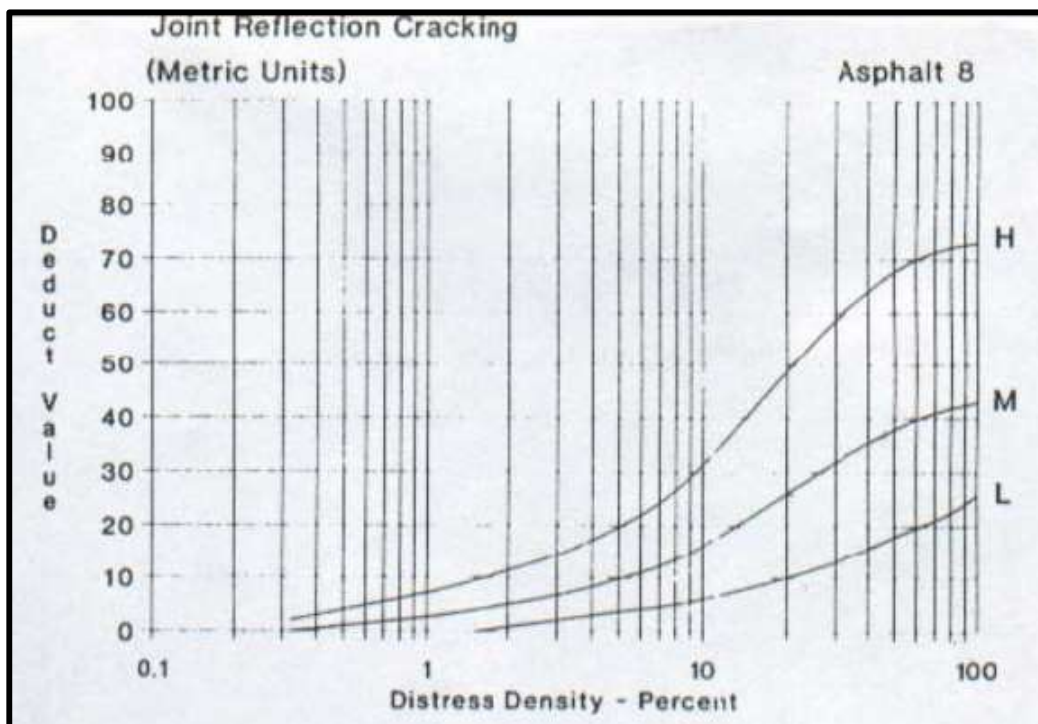
Falla N°06: Depresiones



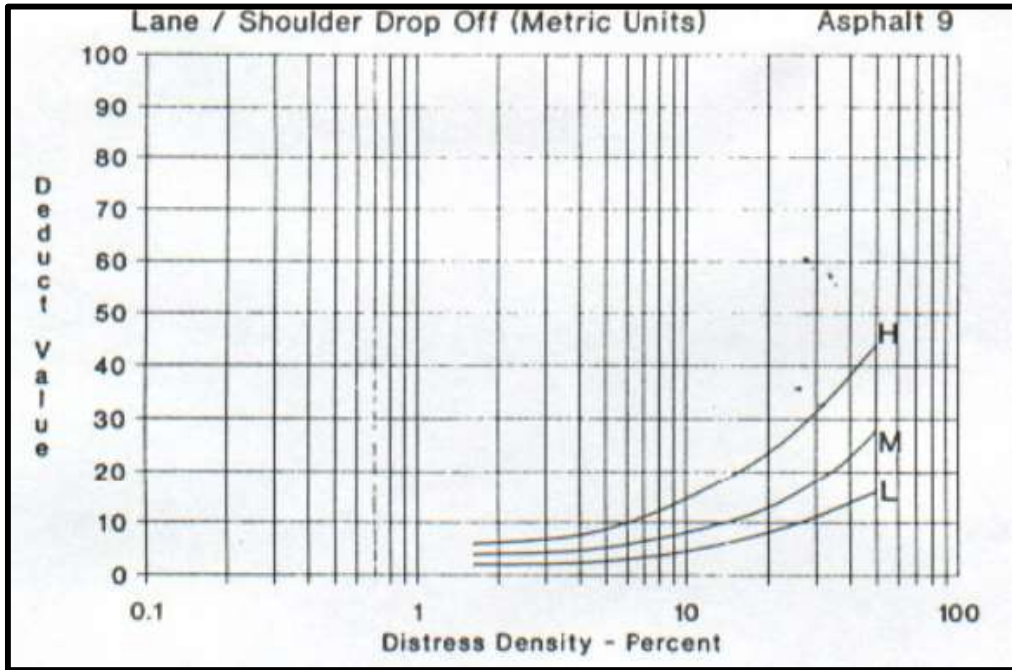
Falla N°07: Grietas de borde



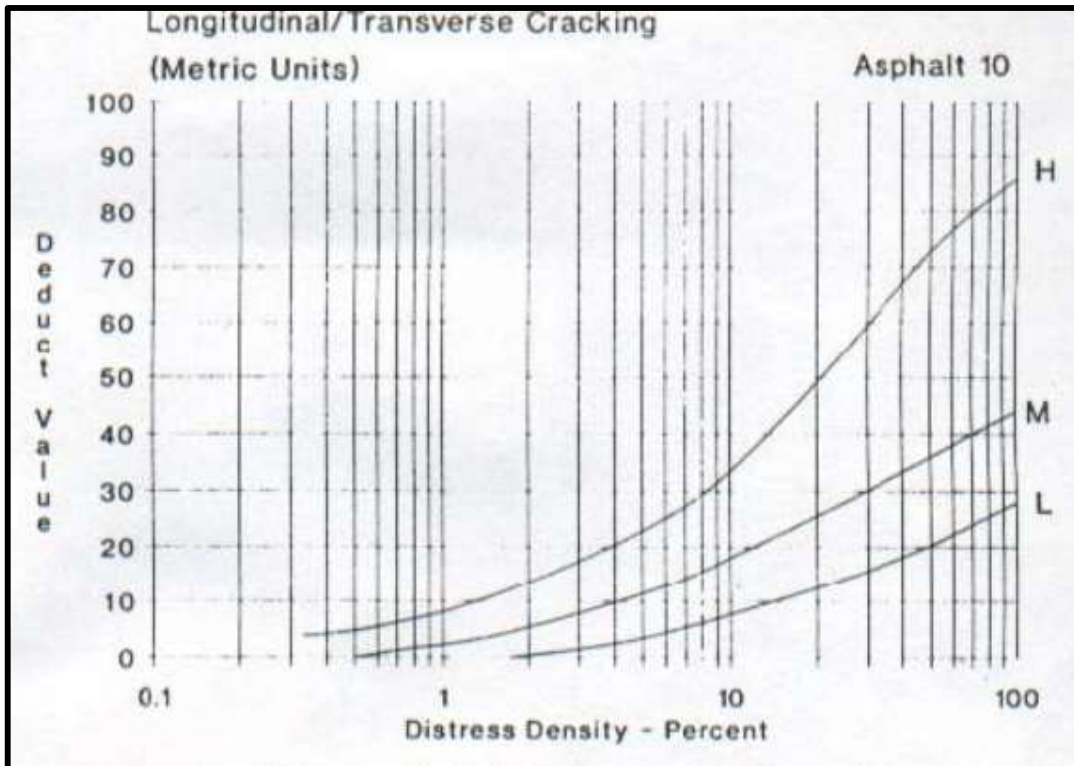
Falla N°08: Grietas de reflexión de juntas



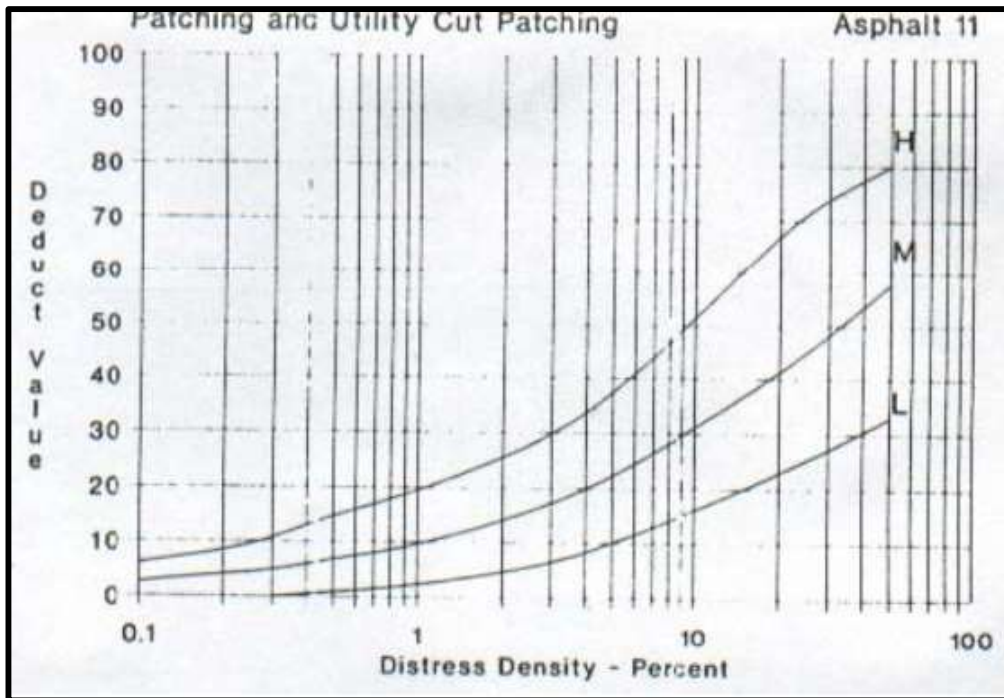
Falla N°09: Desnivel entre calzada y hombrillo



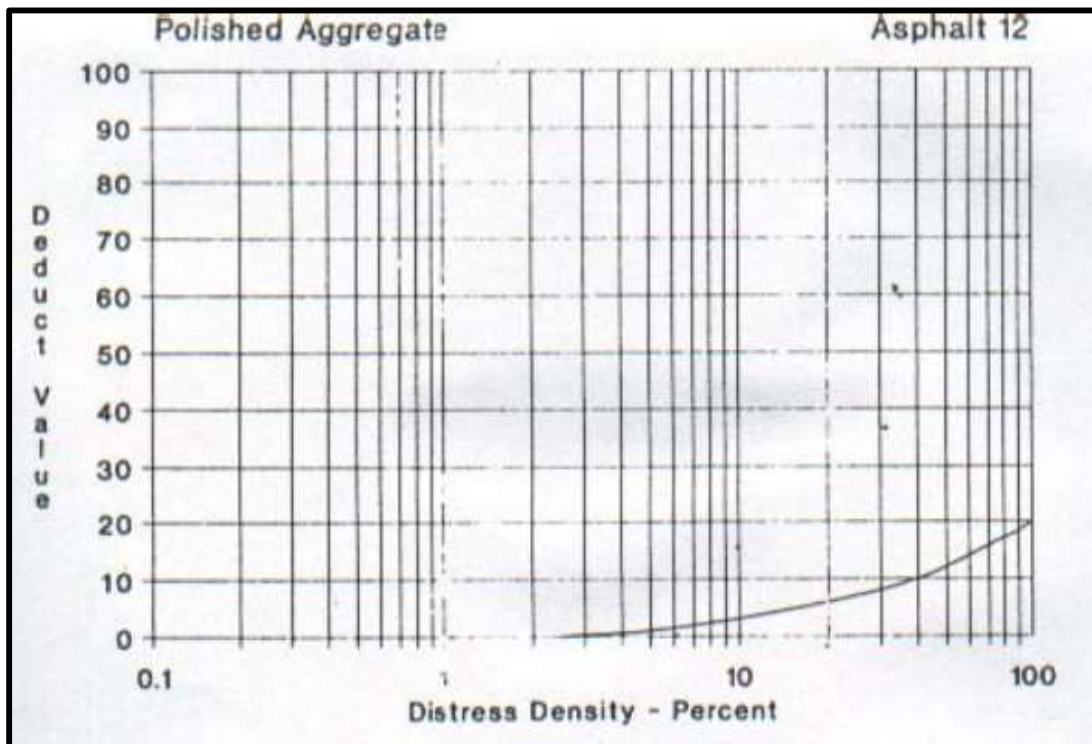
Falla N°10: Grietas longitudinales y transversales



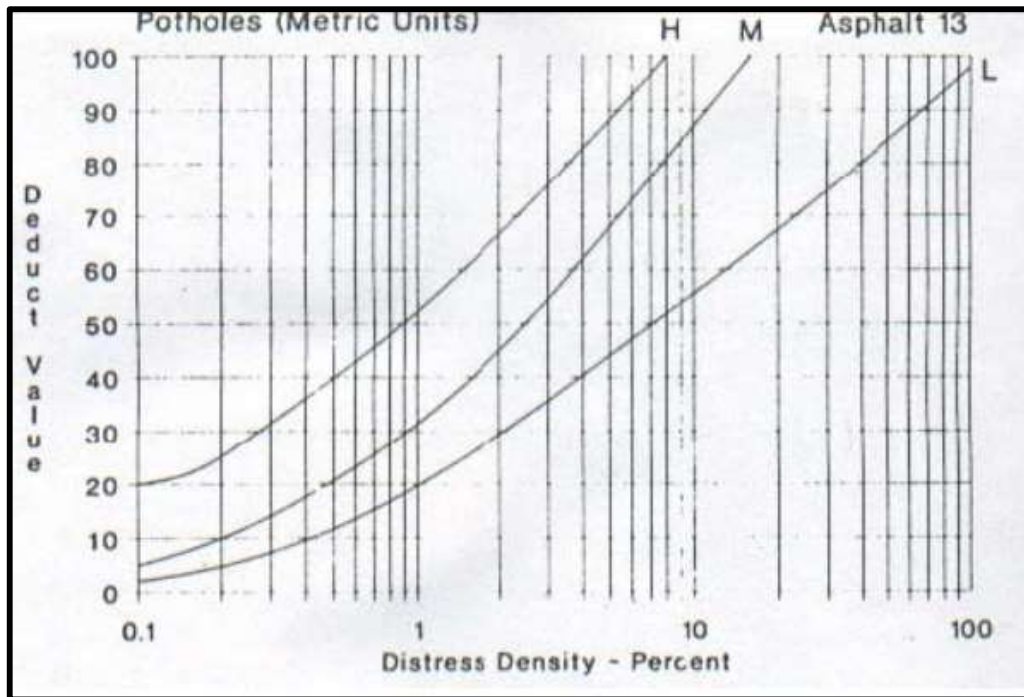
Falla N11: Beches y zanjas reparadas



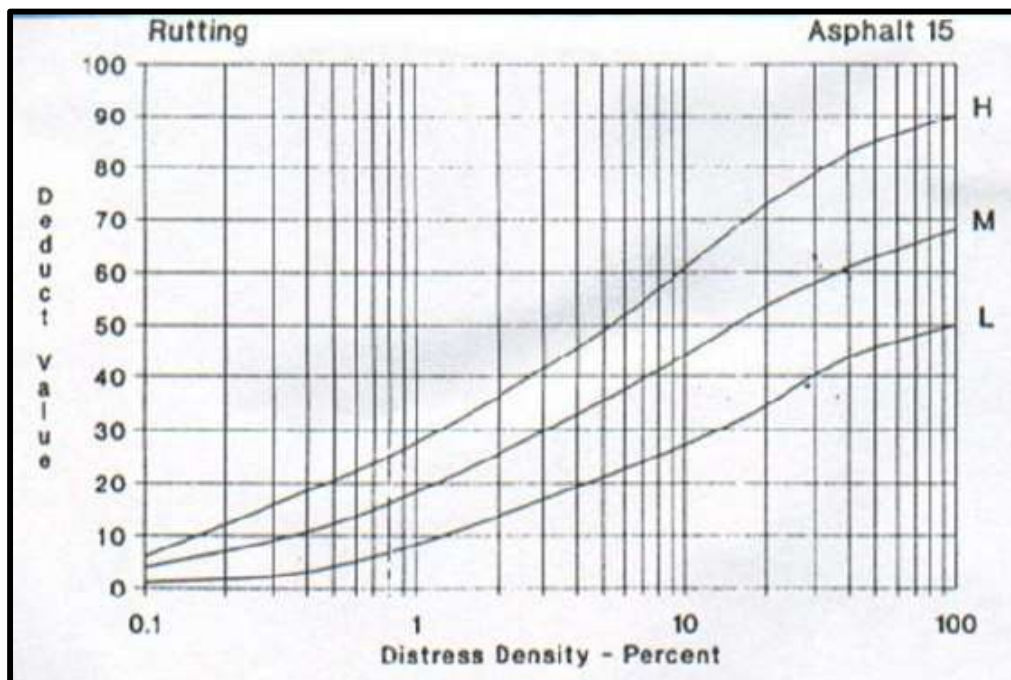
Falla N°12: Agregados pulidos



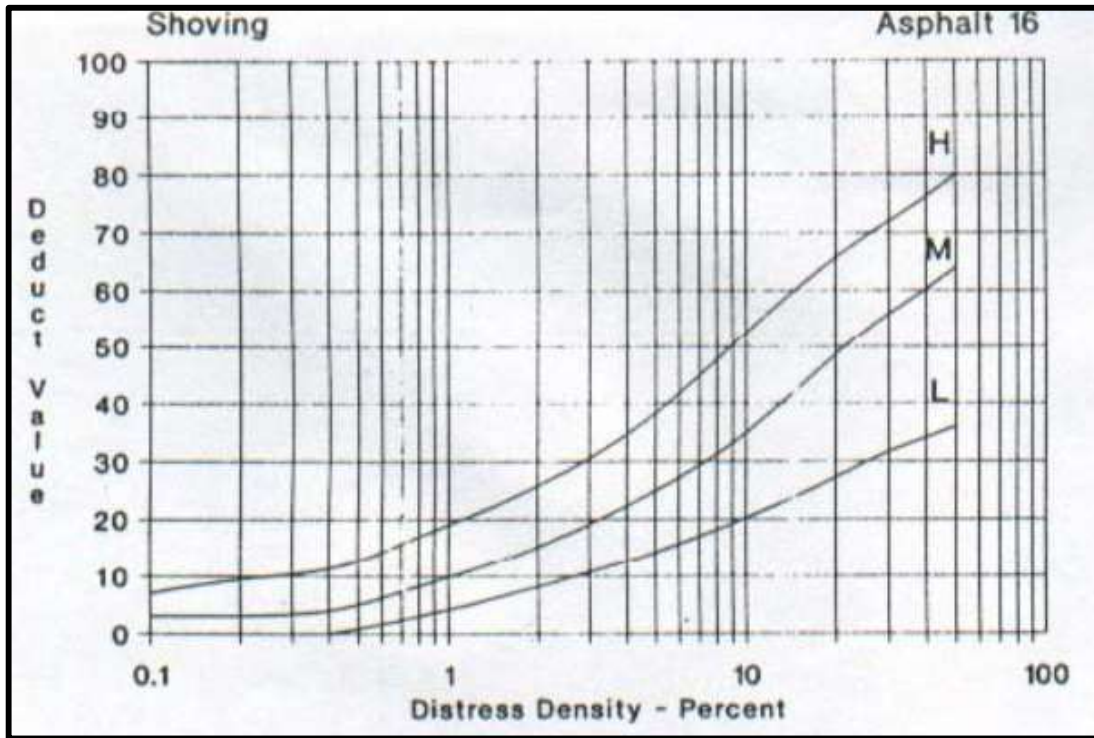
Falla N°13: Huecos



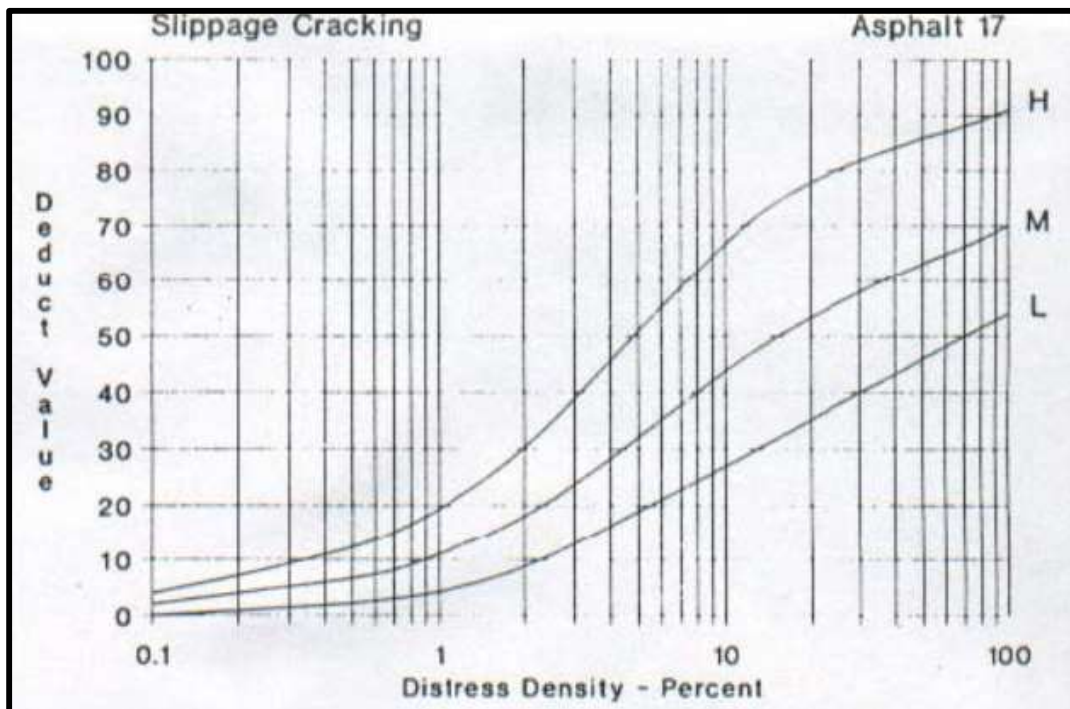
Falla N°14: Ahuellamiento



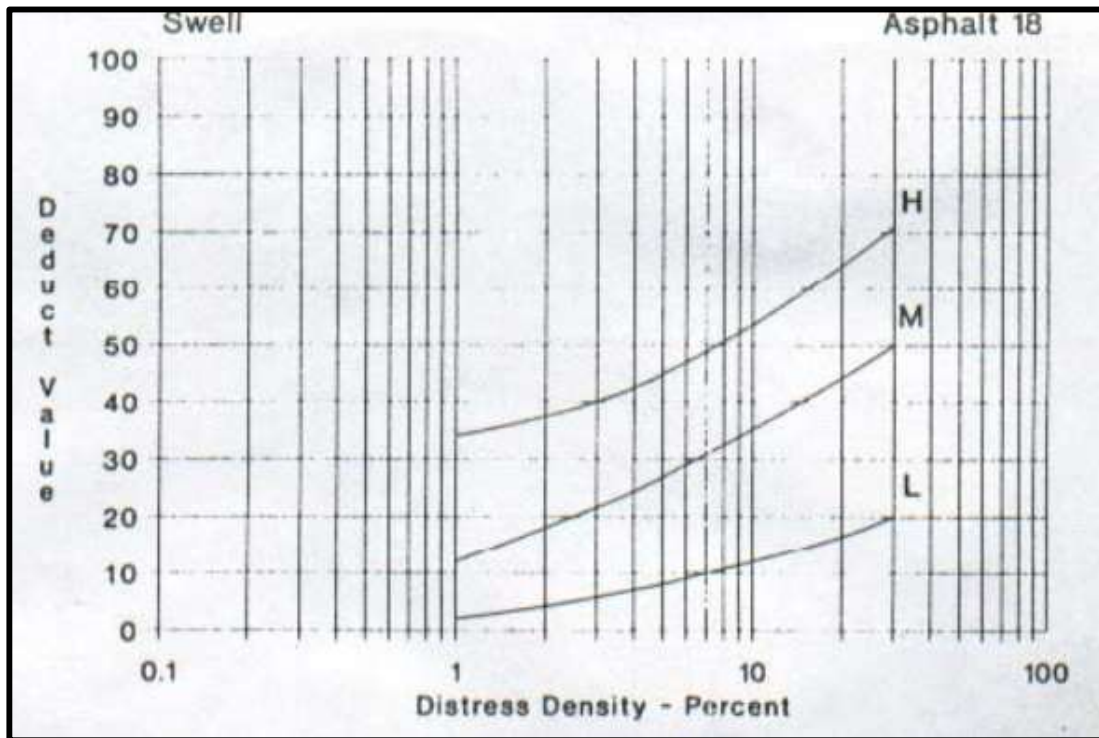
Falla N°15: Deformación por empuje



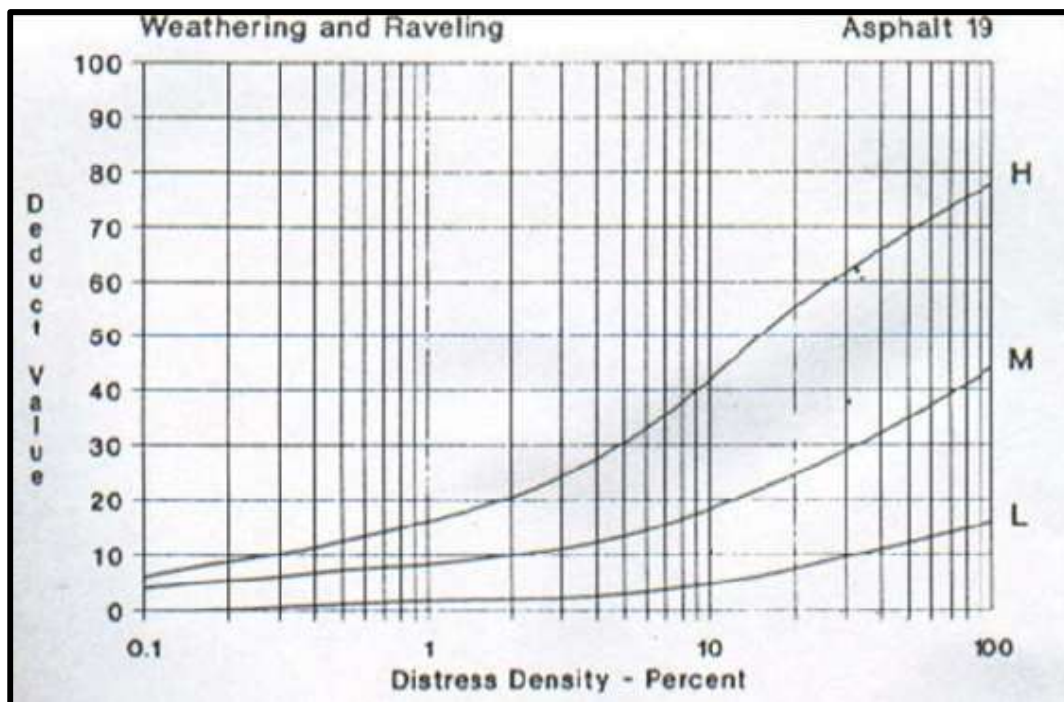
Falla N°16: Grietas de desplazamiento



Falla N°17: Hinchamiento

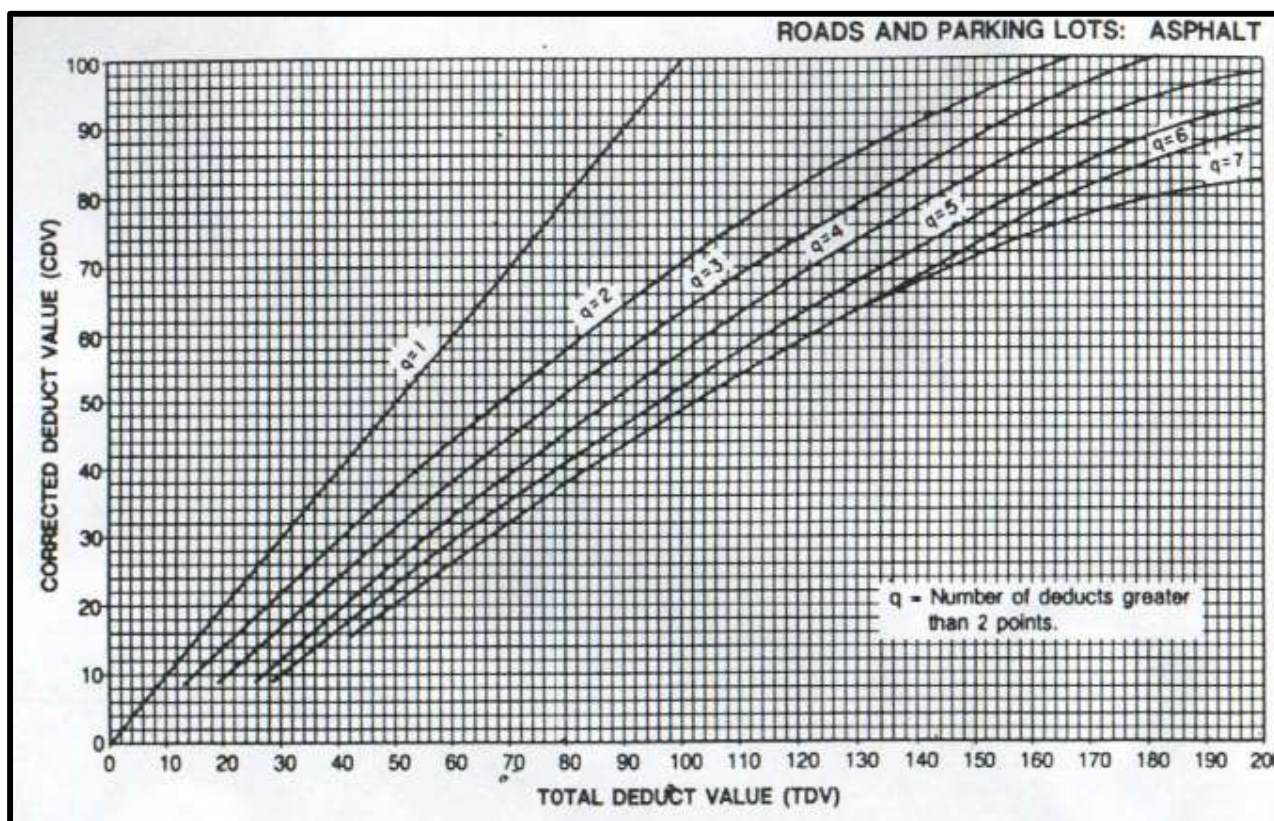


Falla N°18: Disgregación



ANEXO N°05

GRÁFICO DE VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDA (VDC)



ANEXO N°06

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

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

ANEXO N°08

FORMATO DE HOJA DE CAMPO PARA DETERMINACIÓN DE DEFLEXIONES

EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO REGISTRO DE CAMPO								
ESTUDIO		EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES Y CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO UTILIZANDO EL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y LA DEFLECTOMETRIA, DE LAS CALLES Y AVENIDAS DEL CASCO URBANO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE - 2019						
TRAMO								Presión:
CARRIL								Factor Conversión:
FECHA								Factor de Corrección por Temperatura:
TIPO DE SUELO:								Factor de Corrección por Estacionalidad:
Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL			PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (Deflexiones)				
	LECTURAS			Do	Docorregida	D25	D25corregida	Rc
	L-inicial	L25	L-final	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(m)
	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm					

ANEXO N°09

MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES - MTC E 1002 2000

(PDF, presentado a manera de resumen en procedimiento de campo)

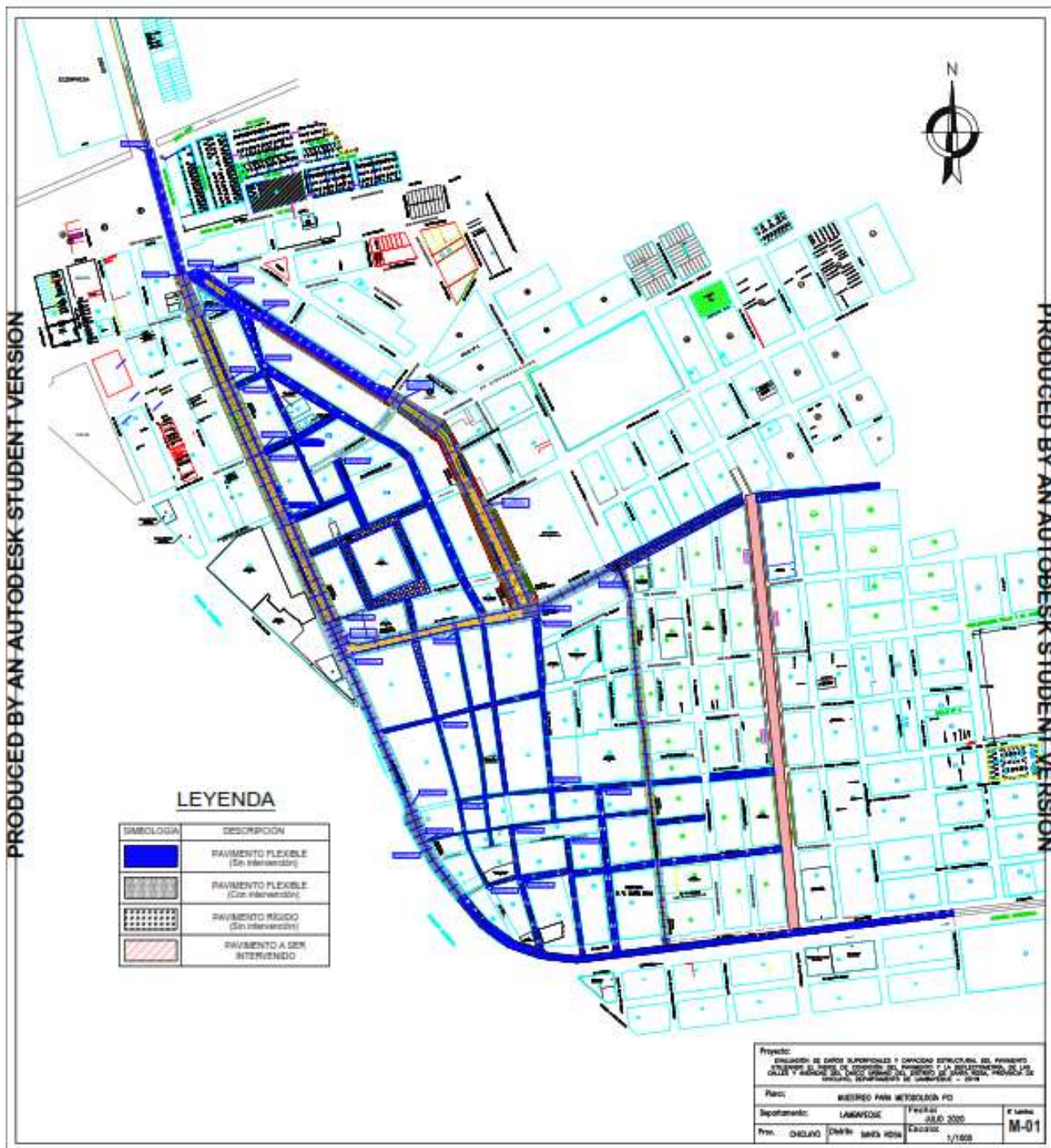
ANEXO N°10

MÉTODO CONREVIAL: Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura

TIPO DE DEFLEXIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO
TIPO I	Bueno $D < D_a$	Bueno $R_o > 100$
TIPO II	Malo $D > D_a$	Bueno $R_o > 100$
TIPO III	Bueno $D < D_a$	Malo $R_o < 100$
TIPO IV	Malo $D > D_a$	Malo $R_o < 100$

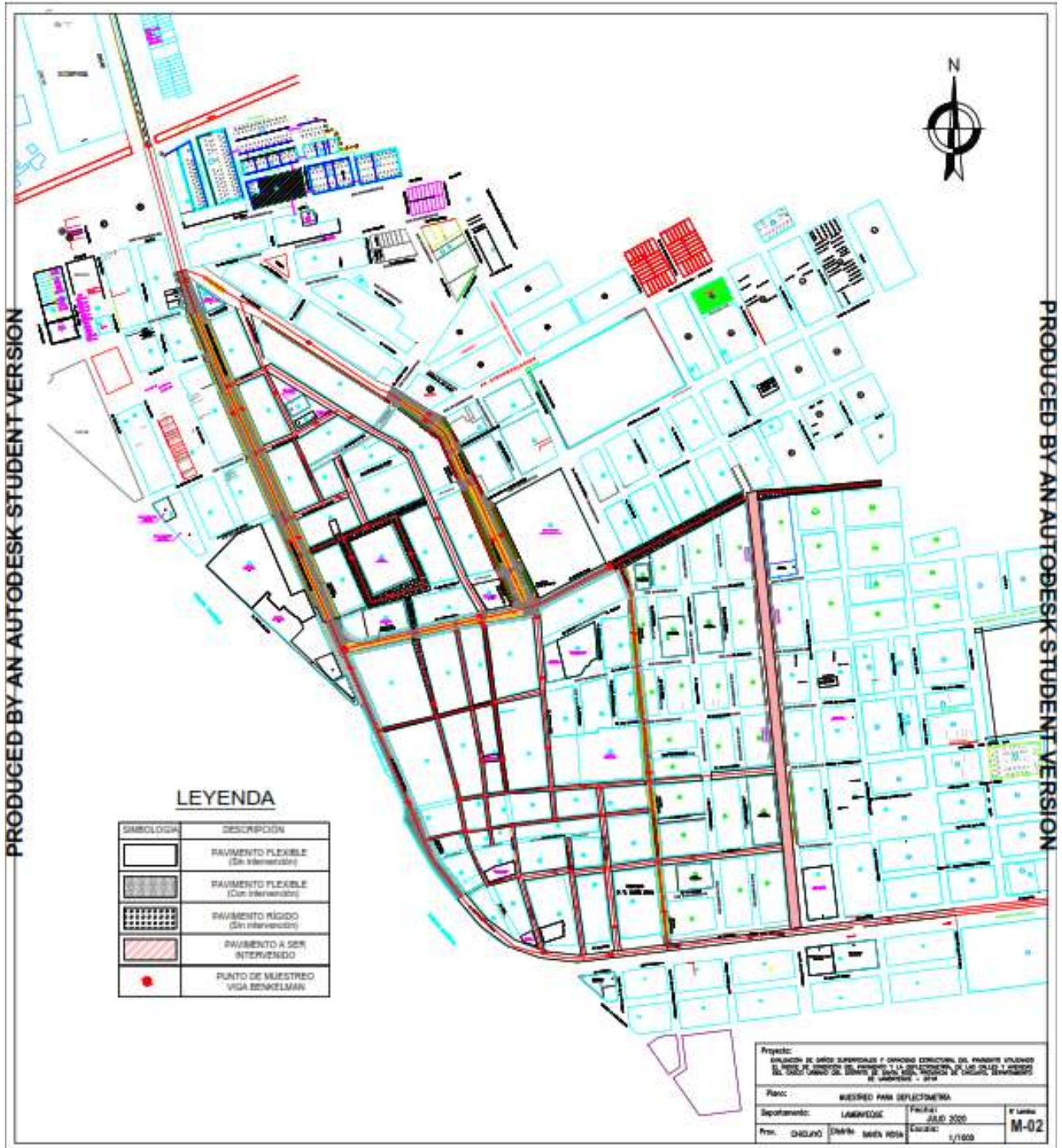
ANEXO N° 11

PLANO CON SECCIONAMIENTO DE VÍAS



ANEXO N° 12

PLANO CON PUNTOS A EVALUAR POR DEFLECTOMETRÍA



ANEXO N° 13

TABLAS EXCEL CON RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL
UTILIZANDO METODOLOGÍA PCI EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

ANEXO N° 14

TABLAS EXCEL CON RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL
UTILIZANDO METODOLOGÍA PCI EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

ANEXO N° 15

TABLAS EXCEL CON LECTURAS DE DIALES Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN
DE DEFLEXIONES DE LAS VÍAS EN ESTUDIO – MÉTODO DE DEFLECTOMETRÍA

ANEXO N° 16

TABLAS EXCEL CON TIPOS DE DEFLEXIONES, DE ACUERDO AL MÉTODO DE
DEFLECTOMETRÍA, DE LAS VÍAS EN ESTUDIO

ANEXO N° 17

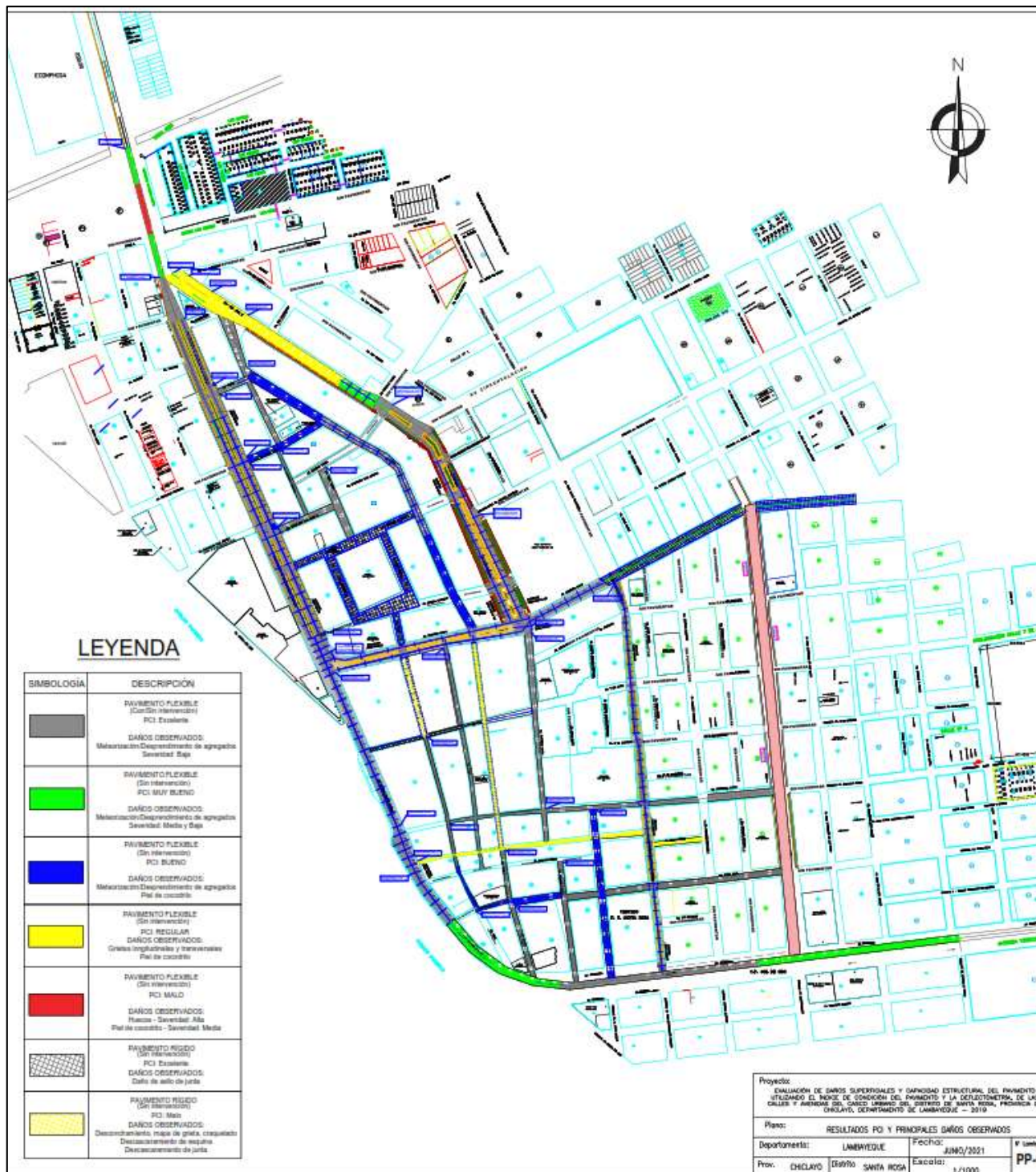
INFORME DE ESTUDIO DE TRÁFICO DE LAS VÍAS ARTERIALES

ANEXO N° 18

INFORME DE ESTUDIO DE TRÁFICO DE LAS VÍAS LOCALES

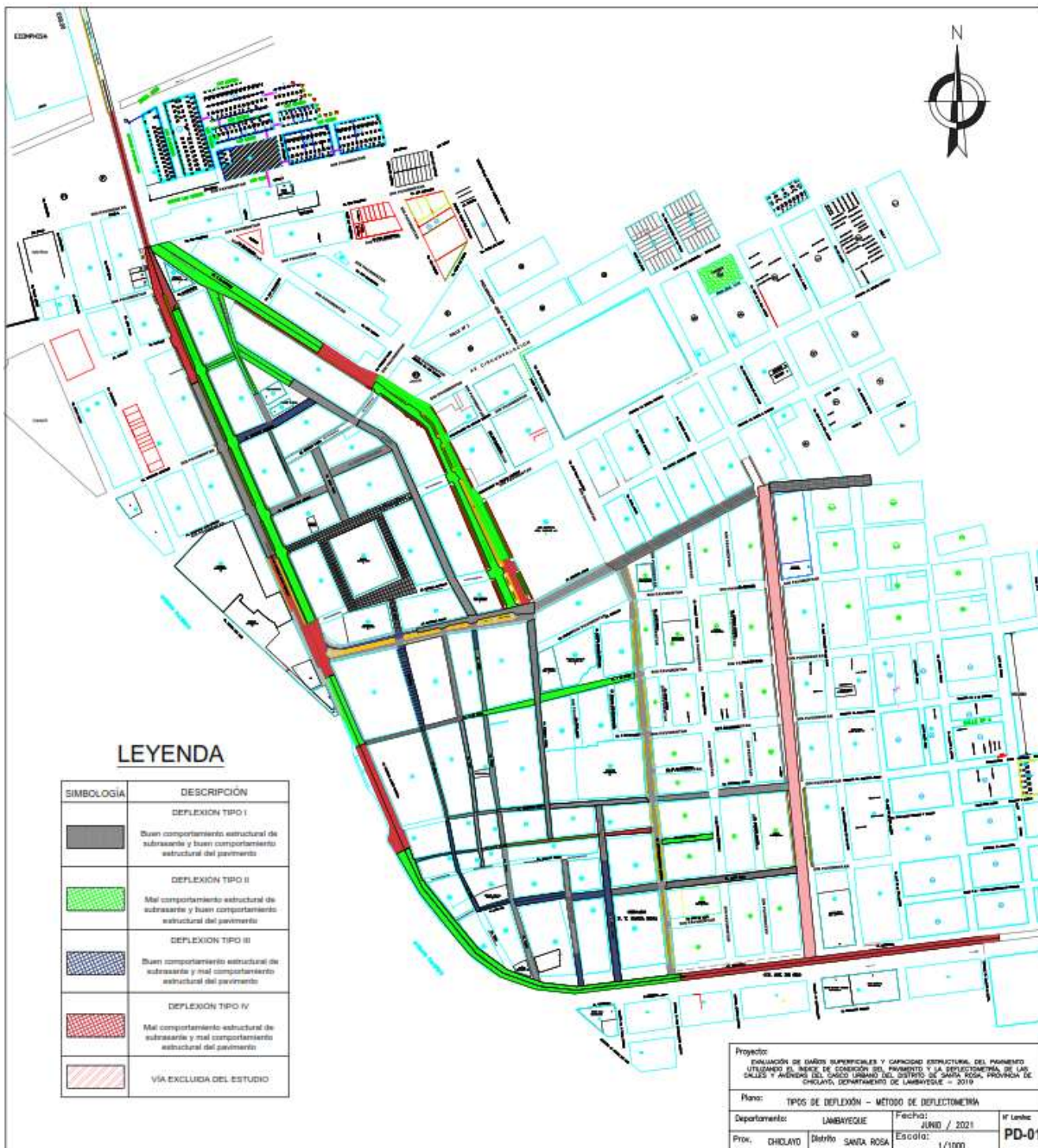
ANEXO N°19

MAPA CON RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN UTILIZANDO METODOLOGÍA PCI



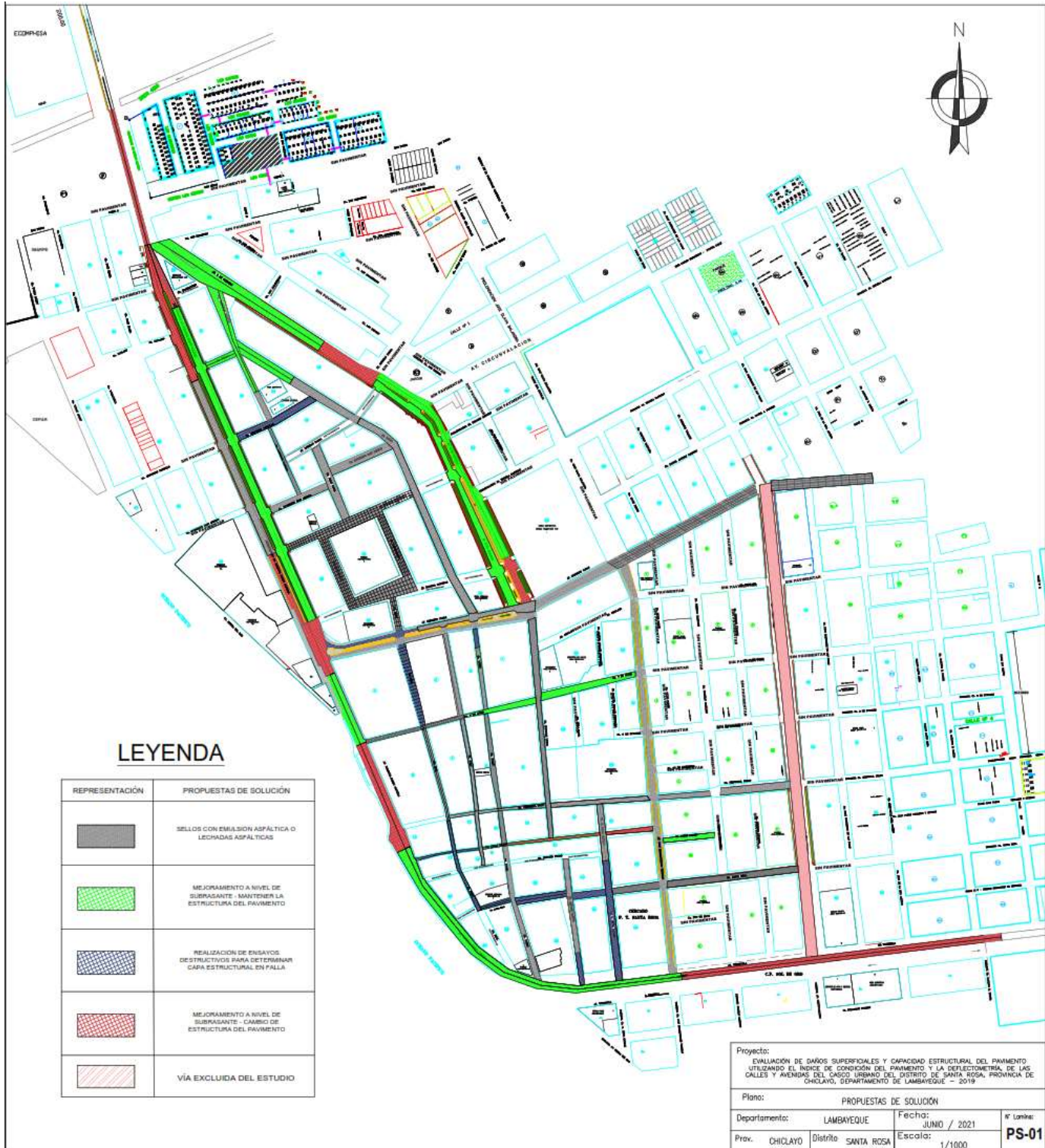
ANEXO N°20

MAPA CON RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN UTILIZANDO DEFLECTOMETRÍA



ANEXO N°21

PLANO CON PROPUESTAS DE SOLUCIÓN



ANEXO N°22

CONSTANCIA DE LA MUNICIPALIDAD DE NO EXISTENCIA DE UN PROYECTO SIMILAR

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
Santa Rosa
CREADO POR LEY N° 174 - 02 / 08 / 1920

[Santa Rosa Siempre Unidos]

CONSTANCIA

EL JEFE DE LA SUB GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO Y RURAL, QUE SUSCRIBE;

HACE CONSTAR:

Que, en el Banco de Proyectos de la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, no existe el proyecto denominado: "EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES Y CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO UTILIZANDO EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y LA DEFLECTOMETRÍA DE LAS CALLES Y AVENIDAS DEL CASCO URBANO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE - 2019", y por ende no cuenta con Código Único de Inversiones.

Se expide la presente constancia a solicitud de la estudiante LEYDI LALESHKA CHANAME CERNA, código 151ME55818 - carrera de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santa Toribio de Mogrovejo, para los fines que estime conveniente (Registro N° 2164-2019/MDSR).

Santa Rosa, 06 de Junio del 2019.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ROSA
Sub Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano y Rural

[Firma]

Sub Gerente de Infraestructura y Desarrollo Urbano y Rural

Calle Unión N° 438
mdsr@municipaletasantarosa.gob.pe
Municipalidad Santa Rosa
074 479171
municipaletasantarosa@gmail.com

[Santa Rosa Siempre Unidos]

ANEXO N° 23

AUTORIZACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD PARA EVALUACIÓN DE ESTUDIOS NECESARIOS

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
Santa Rosa
CREADO POR LEY N° 174 - 02 / 08 / 1920

/ Santa Rosa. Siempre Unidos /

EL JEFE DE LA SUB GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO Y RURAL, QUE SUSCRIBE;

AUTORIZA:

A la estudiante **LEYDI CHANAME CERNA** de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – USAT de la Escuela de Ingeniería Civil Ambiental, identificada con DNI N° 70440446, con Código Universitario N° 151ME55818, para que **REALICE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES Y CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO UTILIZANDO EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y LA DEFLECTOMETRÍA DE LAS CALLES Y AVENIDAS DEL CASCO URBANO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – 2019.**

Asimismo las facilidades y apoyo en la información necesaria para que pueda realizar su Proyecto de Tesis.

Se expide la presente **AUTORIZACIÓN** a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente (Registro N° 2163-2019/MDSR).

Santa Rosa, 06 de Junio del 2019.

REGISTRADO OFICINA DE SANTA ROSA
Sub Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano y Rural

ING. RICARDO RAMÓN LEONOR HUACUA
Jefe de Sub Gerencia - CIP N° 182483

Calle Unión N° 433
mdsr@municipalesantarosa.gob.pe
Municipalidad Santa Rosa
074 479171
municipalesantarosa@gmail.com

/ Santa Rosa. Siempre Unidos /

ANEXO N° 24

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE VIGA BENCKELMAN



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL - 014 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	20026
2. Solicitante	GEOTECNIA T&G LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.
Dirección	Cal. Salvador Allende Nro. 935 Urb. Santa María, Chiclayo - Chiclayo - LAMBAYEQUE
3. Equipo	VIGA BENCKELMAN (2 BRAZOS)
Marca	METROTEST
Modelo	MA-79
N° Serie	417
Identificación	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
4. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)
Marca	INSIZE / INSIZE (*)
Modelo	2310-30A / 2310-30A (*)
Número de Serie	8819294 / 8819016 (*)
Alcance de Indicación	0 a 30 mm / 0 a 30 mm (*)
División de Escala	0,01 mm / 0,01 mm (*)
5. Fecha de Calibración	2020-06-25
Fecha de Emisión	2020-06-25

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando como referencia la norma internacional ASTM D - 4695 "Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements" y el manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú MTC E 1002-2000 "Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento flexible empleando la Viga Benckelman".

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.
Mz. I Lt. 19 Asc. De Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - LIMA

8. Condiciones ambientales

Temperatura	Inicial	20,3 °C	Final	20,4 °C
Humedad Relativa		68 %		68 %


Juan C. Quinte Morales
Licenciado en Física
CFP N° 0664



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL - 014 - 2020

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

9. Trazabilidad

La calibración brinda la trazabilidad hacia la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Longitud del Departamento de Metrología DM - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado 0)	LLA-122-2020
Regla de acero de 1000 mm	L-215-2020

10. Resultados

PRIMER BRAZO

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACION DEL DIAL DEL EQUIPO (mm)	RELACIÓN (BRAZO / DIAL)
1,000	0,251	3,99
2,000	0,500	4,00
3,000	0,753	3,99
4,000	1,003	3,99

Relación Promedio Brazo : 1 : 4

Incertidumbre de indicación : 0,25 μ m (para k = 2)

SEGUNDO BRAZO

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACION DEL DIAL DEL EQUIPO (mm)	RELACIÓN (BRAZO / DIAL)
1,000	0,247	4,04
2,000	0,503	3,98
3,000	0,753	3,99
4,000	1,001	3,99

Relación Promedio Brazo : 1 : 4

Incertidumbre de indicación : 0,25 μ m (para k = 2)

Posiciones	A - B	B - C
Longitud del primer brazo de ensayo prueba	0,610 m	2,445 m
Longitud del segundo brazo de ensayo prueba	0,550 m	2,195 m

Posición A : Punto de apoyo del vástago del Dial registrador.

Posición C : Punto de prueba.

Posición B : Ubicación del Pivote en el equipo.

11. Observaciones

- (*) Características del dial del Segundo Brazo del equipo a calibrar.
- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva de CALIBRADO.

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de Incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.





Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL - 013 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	20026
2. Solicitante	GEOTECNIA T&G LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.
Dirección	Cal. Salvador Allende Nro. 935 Urb. Santa María, Chiclayo - Chiclayo - LAMBAYEQUE
3. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)
Marca	INSIZE
Modelo	2310-30A
Número de Serie	8819016
Alcance de Indicación	0 mm a 30 mm
División de Escala / Resolución	0,01 mm
Procedencia	NO INDICA
Identificación	NO INDICA
Tipo de Indicación	ANALÓGICO
Fecha de Calibración	2020-06-25
Fecha de Emisión	2020-06-25

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

4. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

5. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.
Mz. I Lt. 19 Asc. De Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - LIMA

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

6. Condiciones Ambientales

Temperatura	Inicial	20,4 °C	Final	20,3 °C
Humedad Relativa		69 %		69 %

7. Patrones de Referencia

Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-122-2020


 Juan C. Quisao Marales
 Licenciado en Física
 CFP N° 0664



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL - 013 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Resultados de Medición

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
3,000	3,002	2
6,000	6,002	2
9,000	9,001	1
12,000	12,001	1
15,000	15,002	2
18,000	18,002	2
21,000	21,002	2
24,000	24,002	2
27,000	27,002	2
30,000	30,003	3

Alcance del error de indicación (f_e) : 2 μm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
30,000	30,003	3
	30,003	3
	30,003	3
	30,003	3
	30,003	3

Error de Repetibilidad (f_w) : 0 μm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)



9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

10. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL - 012 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente 20026
2. Solicitante **GEOTECNIA T&G LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.**
Dirección Cal. Salvador Allende Nro. 935 Urb. Santa María, Chiclayo - Chiclayo - LAMBAYEQUE
3. Instrumento de Medición **COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)**
Marca INSIZE
Modelo 2310-30A
Número de Serie 8819294
Alcance de Indicación 0 mm a 30 mm
División de Escala / Resolución 0,01 mm
Procedencia NO INDICA
Identificación NO INDICA
Tipo de indicación ANALÓGICO
Fecha de Calibración 2020-06-25
Fecha de Emisión 2020-06-25
4. Método de Calibración
La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014; "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.
5. Lugar de calibración
Laboratorio de Longitud de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.
Mz. I Lt. 19 Asc. De Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - LIMA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

6. Condiciones Ambientales

Temperatura	Inicial	20,4 °C	Final	20,2 °C
Humedad Relativa		68 %		69 %

7. Patrones de Referencia

Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-122-2020



Juan C. Quispe Morales
Licenciado en Física
CFP N° 0664



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL - 012 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Resultados de Medición

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
3,000	3,002	2
6,000	6,002	2
9,000	9,000	0
12,000	12,001	1
15,000	15,001	1
18,000	18,002	2
21,000	21,001	1
24,000	24,002	2
27,000	27,003	3
30,000	30,002	2

Alcance del error de indicación (f_e) : 3 μm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
27,000	27,003	3
	27,003	3
	27,003	3
	27,003	3
	27,003	3

Error de Repetibilidad (f_w) : 0 μm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)



9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

10. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

ANEXO N°24
PANEL FOTOGRAFÍCO



Reconocimiento de campo: Identificación del tipo de pavimento existente en las vías de las calles y avenidas del casco urbano del distrito de Santa Rosa



Reconocimiento de campo: Identificación de las vías asfaltadas y no asfaltadas



Demarcación de vías no intervenidas haciendo uso del plano catastral



Demarcación de vías no intervenidas haciendo uso del plano catastral



Demarcación de vías intervenidas haciendo uso del plano catastral



Vista panorámica de los daños encontrados en el pavimento rígido



Daños encontrados en el pavimento flexible



Daños encontrados en el pavimento flexible



Camión utilizado para la deflectometría y Viga Benkelman de dos brazos.



Viga Benckelman de dos brazos.



Camión estándar para ensayo de deflectometría