

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



## **PROYECTO PROFESIONAL**

**“ PROGRAMA DE CONSERVACION VIAL DEL SERVICIO POR  
CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA  
Dv. Las Vegas - Tarma - La Merced - Satipo”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
ELMER ALEJANDRO DÍAZ SAAVEDRA**

**ASESOR:  
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA**

**CAJAMARCA PERÚ  
2013**



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. OBJETIVOS .....	11
1.2. ANTECEDENTES .....	11
1.3. ALCANCE .....	12
1.4. CARACTERÍSTICAS LOCALES .....	13
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	20
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
2.1. LOS SISTEMAS DE INFRAESTRUCTURA Y LA DINÁMICA DEL DESARROLLO SOCIAL.....	21
2.2. EL PAVIMENTO COMO ELEMENTO DE ANÁLISIS PARA LA GESTIÓN .....	23
2.3. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO .....	24
2.4. PAVIMENTO FLEXIBLE .....	25
2.5. MANTENIMIENTO DE CARRETERAS .....	28
2.6. TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS .....	34
2.7. PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL.....	36
2.8. INVENTARIO VIAL CALIFICADO.....	36
2.9. INFORME TÉCNICO DE SITUACIÓN INICIAL .....	47
2.10. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO .....	50
2.11. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO .....	61
2.12. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.....	66
2.13. EVALUACION AHUELLAMIENTO EN EL PAVIMENTO .....	67
2.14. SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS.....	68
2.15. PLAN DE MANEJO SOCIO AMBIENTAL.....	76
2.16. PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA .....	77
2.17. METRADOS ACUMULADOS.....	78
2.18. COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO .....	78
2.19. INDICADORES DEL PROYECTO.....	79
<b>III.METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>80</b>
3.1. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA .....	80
3.2. EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS .....	81
3.3. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y SU APLICACIÓN PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS .....	83
3.4. PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL.....	84
3.5. INVENTARIO VIAL CALIFICADO.....	85
3.6. INFORME TÉCNICO DE LA SITUACIÓN INICIAL.....	89
3.7. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO .....	90
3.8. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO .....	92
3.9. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.....	92
3.10. EVALUACIÓN DE AHUELLAMIENTO EN EL PAVIMENTO .....	92
3.11. PLAN DE MANEJO SOCIO AMBIENTAL.....	93
3.12. PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA.....	93
3.13. METRADOS ACUMULADOS.....	96
3.14. COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO .....	96
3.15. INDICADORES DEL PROYECTO.....	96



---

<b>IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>97</b>
4.1. MANTENIMIENTO DE CARRETERAS .....	97
4.2. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN VIAL.....	102
4.3. PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL.....	103
4.4. INVENTARIO VIAL CALIFICADO.....	113
4.5. INFORME TÉCNICO DE LA SITUACIÓN INICIAL.....	122
4.6. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.....	132
4.7. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO.....	141
4.8. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.....	148
4.9. EVALUACIÓN DE AHUELLAMIENTO DEL PAVIMENTO .....	151
4.10. SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	154
4.11. PLAN DE MANEJO SOCIO AMBIENTAL.....	155
4.12. PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA .....	159
4.13. METRADOS ACUMULADOS.....	169
4.14. COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO .....	170
4.15. INDICADORES DE PROYECTO .....	172
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>174</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>176</b>
6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	176
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>177</b>



---

## ANEXOS

**ANEXO A: EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VIALES**

- SIC – 01: Carreteras
- SIC – 02: Calzadas
- SIC – 03: Puntos de Referencias
- SIC – 04: GPS Trayectoria
- SIC – 08: Fajas
- SIC – 09: Anchos de las Fajas
- SIC – 13: Puntos Críticos
- SIC – 17: Puentes y Pontones
- SIC – 18: Alcantarillas
- SIC – 19: Cunetas, canales, bajadas de agua, zanjas de drenajes
- SIC – 20: Badenes, túneles y muros
- SIC – 21: Seguridad y Señalización horizontal
- SIC – 22: Señalización Vertical
- SIC – 23: Derecho de vía
- SIC – 24: Estructura de pavimento – carreteras pavimentadas
- SIC – 34: Accidentes

**ANEXO B: ESTUDIO DE TRÁNSITO**

- SIC – 33: Transito (IMDA y Factores de Carga)

**ANEXO C: EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO**

- SIC – 29: IRI Huellas Detalladas
- SIC – 30: IRI Huellas 200
- SIC – 31: Textura detallada
- SIC – 32: Textura 200

**ANEXO D: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

- SIC – 14: Daños – pavimento flexible

**ANEXO E: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**

- SIC – 27: Deflexiones Detalladas
- SIC – 28: Deflexiones por tramo homogéneo

**ANEXO F: CROQUIS DEL PROYECTO**

**ANEXO G: CROQUIS DE SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS**

**ANEXO H: CROQUIS DE ANCHOS DE CARRETERAS**



**LISTA DE TABLAS**

Tabla I.1: Tramos en Estudio .....	14
Tabla II.1: Actividades de conservación de derecho de vial .....	30
Tabla II.2: Actividades de Conservación de obras de arte menores1 .....	30
Tabla II.3: Actividades de conservación de pavimentos flexibles1 .....	31
Tabla II.4: Actividades de conservación de pavimentos rígidos1 .....	31
Tabla II.5: Actividades de Conservación de vías no pavimentadas y afirmadas1 .....	31
Tabla II.6: Actividades de Conservación de obras de arte mayores1 .....	32
Tabla II.7: Actividades de seguridad vial1 .....	33
Tabla II.8: Actividades de Conservación del Medio Ambiente1 .....	33
Tabla II.9: Actividades de Operación Vial1 .....	33
Tabla II.10: Tipos y usos de tratamientos superficiales1 .....	34
Tabla II.11: Principales materiales para tratamientos superficiales1 .....	35
Tabla II.12: Equipo mecánico especializado .....	35
Tabla II.13: Definición de Calzadas por Sentido de Tráfico3 .....	37
Tabla II.14: Parámetros Evaluados para Geometría4 .....	38
Tabla II.15: Clase y Tipo de Puentes y Pontones <sup>5</sup> .....	39
Tabla II.16: Condición Estadística de Puentes y Pontones <sup>6</sup> .....	39
Tabla II.17: Condición Estructural no levantada por SCAP de Puentes y Pontones <sup>7</sup> .....	40
Tabla II.18: Condición Funcional no descrita por SCAP de Puentes y Pontones <sup>8</sup> .....	40
Tabla II.19: Clase, Tipo y Sección Transversal de Alcantarillas <sup>9</sup> .....	40
Tabla II.20: Condición Estructural de Alcantarillas <sup>10</sup> .....	40
Tabla II.21: Condición Funcional de Alcantarillas <sup>11</sup> .....	41
Tabla II.22: Clase, Tipo y Sección Transversal de Cunetas, Canales, Bajadas de Agua y Zanjas de Drenaje <sup>12</sup> .....	41
Tabla II.23: Condición Estructural de Cunetas, Canales, Bajadas de Agua y Zanjas de Drenaje <sup>13</sup> .....	41
Tabla II.24: Condición Funcional de Cunetas, Canales, Bajadas de Agua y Zanjas de Drenaje <sup>14</sup> .....	42
Tabla II.25: Clase y Tipo de Badenes, Túneles y Muros <sup>15</sup> .....	42
Tabla II.26: Condición Estructural de Badenes, Túneles y Muros <sup>16</sup> .....	42
Tabla II.27: Condición Funcional de Badenes, Túneles y Muros <sup>17</sup> .....	42
Tabla II.28: Clase y Tipo de Señalización Horizontal y Seguridad <sup>18</sup> .....	43
Tabla II.29: Condición de Señalización Horizontal y Seguridad <sup>19</sup> .....	43
Tabla II.30: Clase y Tipo de Señalización Vertical <sup>20</sup> .....	43
Tabla II.31: Condición, Señalización Vertical <sup>21</sup> .....	44
Tabla II.32: Clase, Tipo, Ancho y Descripción de Derecho de Vía <sup>22</sup> .....	44
Tabla II.33: Clase de Puntos Críticos <sup>23</sup> .....	44
Tabla II.34: Clasificación de los Niveles de Peligrosidad <sup>24</sup> .....	45
Tabla II.35: Tipos de Materiales de las Capas Superiores <sup>25</sup> .....	45
Tabla II.36: Tipos de Materiales de Base y Subbase <sup>26</sup> .....	46
Tabla II.37: Tipos de Materiales de Subrasante <sup>27</sup> .....	46
Tabla II.38: Valores de los parámetros estructurales .....	60
Tabla II.39: Valores típicos del Área .....	61
Tabla II.40: Valores del Factor de Corrección C .....	61
Tabla II.41: Clasificación de la condición de la Serviciabilidad según AASHO29 .....	62
Tabla II.42: Ejemplo de Equipos de Medición de Rugosidad .....	65
Tabla II.43: Estado Vial según la Regularidad <sup>30</sup> .....	65
Tabla III.1: Medición de indicadores del nivel de servicio deseado en la carretera .....	82
Tabla III.2: Estaciones de Conteo .....	89
Tabla III.3: Tramificación a partir de Puntos de Conteo .....	89



Tabla IV.1: Ubicación y metrados de Slurry Seal .....	109
Tabla IV.2: Ubicación y metrados de Sello con Arena .....	109
Tabla IV.3: Resumen de Resultados de la Evaluación por SCAP .....	109
Tabla IV.4: Cantidad de elementos inventariados para Obras de Drenaje y de Arte.....	113
Tabla IV.5: Cantidad de elementos inventariados para Otros Elementos de la Carretera .....	113
Tabla IV.6: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Puentes .....	114
Tabla IV.7: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Pontones .....	114
Tabla IV.8: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Alcantarillas .....	115
Tabla IV.9: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Cunetas.....	115
Tabla IV.10: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Canales.....	116
Tabla IV.11: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Bajadas de Agua.....	116
Tabla IV.12: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Zanjas de Drenaje.....	116
Tabla IV.13: Condición Estructural y Funcional de Obras de Drenaje y de Arte – Badenes .....	117
Tabla IV.14: Condición Estructural de Obras de Drenaje y de Arte – Túneles y Muros .....	117
Tabla IV.15: Condición Global de Otros Elementos de la Carretera – Seguridad .....	117
Tabla IV.16: Condición Global de Otros Elementos de la Carretera – Señalización Horizontal .....	118
Tabla IV.17: Condición Global de Otros Elementos de la Carretera – Señales Verticales .....	118
Tabla IV.18: Condición Global de Otros Elementos de la Carretera – Postes Kilométricos.....	119
Tabla IV.19: Resumen de Puntos Críticos.....	119
Tabla IV.20: Resumen de Zonas Peligrosas .....	119
Tabla IV.21: Estructura del Pavimento de la Carretera PE-22B: Dv. Las Vegas – Tarma – Puente Raither .	120
Tabla IV.22: Estructura del Pavimento de la Carretera PE-5S: Puente Raither – Satipo .....	121
Tabla IV.23: Resumen en Punto de Conteo Tarma Km. 31+900 .....	122
Tabla IV.24: Resumen en Punto de Conteo Puente Palcabado Km. 53+538 .....	123
Tabla IV.25: Resumen en Punto de Conteo La Merced Km. 107+800 .....	124
Tabla IV.26: Resumen en Punto de Conteo Puente Raither Km. 10+500 .....	125
Tabla IV.27: IMDA en Puntos de Conteo para cada Tipo de Vehículo .....	127
Tabla IV.28: Resumen de IMDA según Clasificación Vehicular en Puntos de Conteo .....	127
Tabla IV.29: Factores de Corrección Horaria en Puntos de Conteo .....	129
Tabla IV.30: Factores de Corrección Diaria en Puntos de Conteo .....	130
Tabla IV.31: Resumen Estadístico. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma.....	140
Tabla IV.32: Resumen Estadístico. Tramo II Tarma – Pte. Raither.....	140
Tabla IV.33: Resumen Estadístico. Tramo III Pte. Raither – Satipo.....	140
Tabla IV.34: Impactos negativos en el ambiente - Aire .....	155
Tabla IV.35: Impactos negativos en el ambiente - Ruido.....	155
Tabla IV.36: Impactos negativos en el ambiente – Recurso Hídrico.....	156
Tabla IV.37: Impactos negativos en el ambiente – Recurso Suelo.....	156
Tabla IV.38: Impactos negativos en el ambiente – Flora y Fauna.....	157
Tabla IV.39: Matriz de Impactos Ambientales.....	158



### LISTA DE FIGURAS

Figura I.1: Croquis de ubicación del Proyecto .....	13
Figura II.1: Relaciones entre el Sistema de Transporte, el Sistema de Actividades y la Estructura de Flujo... ..	23
Figura II.2: Numeración de Fajas en Calzadas Simples y Dobles3 .....	38
Figura II.3: Tipos de Vehículos <sup>28</sup> .....	48
Figura II.4: Ensayos destructivos (calicata).....	54
Figura II.5: Ensayos no destructivos (FWD).....	55
Figura II.6: Representación de un ensayo no destructivo, en donde se aprecia la distribución de las deformaciones en las diferentes capas de un pavimento .....	56
Figura II.7: Esquema isométrico FWD, Curva de deflexiones, Placa en posicionamiento para ensayo, Desplazamiento del FWD hasta el punto de ensayo .....	59
Figura II.8: Componentes del Deflectómetro de Impacto Dynatest .....	59
Figura II.9: Perfilómetro Láser ARRB, modelo Hawkeye 1000 .....	64
Figura II.10: Ahuellamiento .....	67
Figura II.11: Transverse Profile Logger, TPL .....	68
Figura II.12: Esquema de Deterioro de un pavimento en el tiempo .....	71
Figura II.13: Estructura General de un Sistema de Gestión de Pavimentos, Hass 1993.....	72
Figura II.14: Deterioro del Pavimento en el Tiempo.....	72
Figura II.15: HDM-4 Arquitectura del Sistema.....	74
Figura II.16: Integración del HDM-4 en los SGP.....	76
Figura III.1: Sistema de Relevamiento mediante GPS Tipo Palm.....	86
Figura III.2: Numeración de Fajas, Tramo I: Dv. Las Vegas – Tarma .....	87
Figura III.3: Numeración de Fajas, Tramo II, Tarma – Puente Raither.....	87
Figura III.4: Numeración de Fajas, Tramo III, Puente Raither – Satipo.....	88
Figura III.5: Ubicación de los Puntos de Conteo.....	90
Figura III.6: Ubicación de los sensores .....	91
Figura IV.1: Herramientas de Planificación y Programación.....	101
Figura IV.2: Flujo del Programa de Conservación Vial .....	102
Figura IV.3: Distribución de Recursos para Conservación Rutinaria – Etapa 1 .....	103
Figura IV.4: Distribución de Recursos para Conservación Rutinaria – Etapa 2.....	104
Figura IV.5: Distribución de Recursos para Conservación Rutinaria – Etapa 3.....	105
Figura IV.6: Mapeo de Intervenciones en Tramo I (Dv. Las Vegas – Tarma).....	107
Figura IV.7: Mapeo de Intervenciones en Tramo III (Pte. Raither – Satipo) .....	108
Figura IV.8: Distribución de recursos para conservación Puesta a punto .....	112
Figura IV.8: Gráfica de IMDA según Clasificación Vehicular en Puntos de Conteo .....	128
Figura IV.9: Gráfica de FCH en Puntos de Conteo .....	130
Figura IV.10: Gráfica de FCD en Puntos de Conteo .....	131
Figura IV.11: Deflexión máxima normalizada. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma. ....	132
Figura IV.12: Deflexión máxima normalizada. Tramo II Tarma – Pte. Raither.....	133
Figura IV.13: Deflexión máxima normalizada. Tramo III Pte. Raither – Satipo.....	134
Figura IV.14: Deflexión máxima normalizada. Tramo III Pte. Raither – Satipo.....	134
Figura IV.15: Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma.....	135
Figura IV.16: Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación. Tramo II Tarma – Pte. Raither. ....	136
Figura IV.17: Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación. Tramo III Pte. Raither – Satipo.....	137
Figura IV.18: Número Estructural Efectivo. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma.....	138
Figura IV.19: Número Estructural Efectivo. Tramo II Tarma – Pte. Raither .....	139
Figura IV.20: Número Estructural Efectivo. Tramo III Pte. Raither – Satipo.....	139
Figura IV.21: IRI MM (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 2 .....	141
Figura IV.22: IRI MM (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 3 .....	141
Figura IV.23: IRI @200m (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 2 .....	142
Figura IV.24: IRI @200m (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 3 .....	142



Figura IV.25: IRI MM (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 2 .....	143
Figura IV.26: IRI MM (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 3 .....	144
Figura IV.27: IRI @200m (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 2 .....	144
Figura IV.28: IRI @200m (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 3 .....	145
Figura IV.29: IRI MM (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 2 .....	146
Figura IV.30: IRI MM (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 3 .....	146
Figura IV.32: IRI @200m (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 2 .....	147
Figura IV.33: IRI @200m (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 3 .....	147
Figura IV.34: Macrotextura@200, Tramo I, Dv. Las Vegas - Tarma .....	148
Figura IV.35: Macrotextura@200, Tramo II, Tarma - Puente Raither .....	149
Figura IV.35: Macrotextura@200, Tramo III, Puente Raither - Satipo .....	150
Figura IV.36: Macrotextura@200, Tramo III, Puente Raither - Satipo .....	150
Figura IV.37: Ahuellamiento@200, Tramo I, Dv. Las Vegas - Tarma .....	151
Figura IV.38: Ahuellamiento@200, Tramo II, Tarma - Puente Raither .....	152
Figura IV.39: Ahuellamiento@200, Tramo III, Puente Raither - Satipo (11+000 - 69+400) .....	153
Figura IV.40: Ahuellamiento@200, Tramo III, Puente Raither - Satipo .....	154
Figura IV.42: Registro de partidas ejecutadas en campo, Tramo II, III y Puentes .....	160
Figura IV.43: IP meta para Puentes .....	161
Figura IV.44: IP meta para Carreteras .....	161
Figura IV.45: Residente Encargados y Centros de Costo asignados .....	162
Figura IV.46: Incidencia de Horas - Hombre por Tramo .....	162
Figura IV.47: Avance en partidas de control .....	163
Figura IV.48: Horas Hombre Productivas por partidas de control por tramo .....	164
Figura IV.49: Ratios en partidas de control por tramo .....	165
Figura IV.50: Resumen IP por Tramo .....	166
Figura IV.51: Cálculo de la Eficiencia del Proyecto .....	167
Figura IV.52: Histórico de HH Ganadas o Perdidas Anual .....	167
Figura IV.53: Análisis de los Resultados por Cuadrilla .....	168
Figura IV.54: Metrados acumulados de las 20 partidas representativas del Proyecto .....	169
Figura IV.55: Panel de Proyecto .....	170
Figura IV.56: Presupuesto por Rubros del Proyecto .....	171
Figura IV.57: Evolución del Resultado .....	171
Figura IV.58: Indicadores del Proyecto .....	173



## RESUMEN

Al planificar el mantenimiento y rehabilitación en un programa plurianual los ingenieros de pavimentos se enfrentan con la decisión de determinar qué tramos de la carretera deben ser reparados, cuándo deben realizarse las reparaciones y qué tipos de reparaciones o tratamientos deben usarse. Se trata de un problema importante debido al amplio escenario de combinaciones entre las posibles elecciones entre el gran número de secciones homogéneas existentes en la carretera y los diferentes tratamientos de reparación posibles.

Con motivo de mantener un nivel de servicio deseado y garantizarse los límites admisibles en los parámetros indicadores de la condición del pavimento, existe la necesidad de implementar el Programa de Conservación de Carreteras para la administración de la concesión: Dv. Las Vegas – Tarma – La Merced – Satipo, que abarca una longitud aproximada de 230.40 km/calzada de pavimento flexible; para el manejo y la optimización de las actividades, las cuales serán determinadas desde el punto de vista técnico-económico. Al realizar dicho Programa de Conservación Vial en base a una adecuada Gestión de Carreteras se realizó el plan de conservación vial, un inventario de todos los elementos físicos que son parte de la vía, el estudio de las solicitudes en la vía, la evaluación estructural, funcional y superficial del pavimento, se tomó en consideración un plan de manejo socio ambiental; con toda la información obtenida y con el procesamiento adecuado tenemos el control y la toma de decisiones para la elaboración de listas de actividades y así obtener resultados óptimos, asegurar que los pavimentos proporcionen el nivel de servicio esperado aprovechando al máximo el periodo de vida útil; para lo cual debe enfatizarse la importancia de la adecuada planificación y programación determinando una estrategia de seguimiento y administración de los recursos disponibles para las actividades relacionadas con los pavimentos incluyendo el mantenimiento de rutina, el periódico y la rehabilitación.

Cabe resaltar la relación entre el sistema de transporte y el desarrollo social; señala que la dinámica social de una ciudad, una región, un país o una comunidad en general puede ser entendida a partir de las relaciones que se verifican entre tres variables esenciales: sistema de transporte, sistema de actividades, y estructuras de flujo.



---

**ABSTRACT**

When planning maintenance and rehabilitation in a multi-year program of pavement engineers are faced with the decision to determine which sections of the road must be repaired when the repairs and what types of repairs or treatment to be used should be made. This is a major problem due to the wide scenario combinations of possible choices among the large number of existing homogeneous road sections and different treatments of possible repair.

Occasion to maintain a desired level of service and ensured the allowable limits in the parameters indicative of the condition of the pavement, there is a need to implement the road maintenance program for the administration of the grant: Dv. Las Vegas – Tarma – La Merced – Satipo, covering a length of 230.40 km / road flexible pavement, for the management and optimization of activities, which will be determined from the technical-economic terms. When this Road Maintenance Program based on adequate Road Management Plan road maintenance was performed , an inventory of all the physical elements that are part of the pathway , the study of the stresses in the track, the structural evaluation functional and pavement surface was taken into account an environmental management plan member , with all the information obtained and the proper processing have control and decision making for the development of lists of activities and for optimal results , ensure that pavements provide the level of service expected maximizing the useful life for which it must be emphasized the importance of proper planning and programming determining a strategy for monitoring and management of available resources for activities including pavements routine maintenance , periodic and rehabilitation.

It is worth noting the relationship between the transport system and social development; notes that the social dynamics of a city, a region, a country or community in general can be understood from the relations that take place between three key variables: system transport, system activities and flow structures.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN



## I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de una carretera consiste en prever y solucionar los problemas que se presentan principalmente a causa de su uso y el clima brindando al usuario el nivel de servicio para el cual fue diseñada. La vida de un camino está en función de una adecuada respuesta al mantenimiento con el fin de prolongar su vida útil.

El presente proyecto tiene por finalidad realizar el estudio del “PROGRAMA DE CONSERVACIÓN VIAL DEL SERVICIO POR CONSERVACIÓN POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA: Dv. Las Vegas – Tarma – La Merced – Satipo. En principio está basado en el desarrollo del *Plan de Conservación Vial* y así definir los recursos: mano de obra, materiales, equipos, con el fin de ejecutar las actividades de mantenimiento rutinario y/o periódico brindando los niveles de servicio deseados, en este sentido es necesario contar con un *inventario vial calificado* para identificar las condiciones de los elementos físicos que conforman la vía (superficie de rodadura, bermas, puentes, pontones, túneles, obras de arte y drenaje, señalización), además de conocer el estado de la *situación inicial de la carretera* realizando un estudio del tránsito, de esta forma observamos el comportamiento de un pavimento (evolución del deterioro) ya que se encuentra relacionado directamente con el volumen y los niveles de carga asociados al tránsito. Se efectuaron las siguientes evaluaciones y diagnósticos del pavimento: *a nivel estructural* se utilizó el deflectómetro de impacto FWD, el cual trata de un ensayo no destructivo que simula el comportamiento del pavimento ante el paso de vehículos pesados de dicho ensayo se determinó el cuenco de deflexiones del cual se obtiene información de la rigidez de la estructura del pavimento y su suelo de fundación, siendo muy importante para definir la condición de la estructura a lo largo de la carretera; *a nivel funcional* medida a través de la escala estándar conocida como Índice de rugosidad internacional (IRI), se utilizó el perfilómetro láser con el cual se define las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan la calidad del rodado, seguridad, costos de mantención y operación del vehículo ya que dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente reflejándose en un mayor desgaste en las llantas y por consiguiente mayor consumo de combustible, además está relacionado con la serviciabilidad de la vía; *a nivel superficial* se utilizó el perfilómetro láser, el cual va captando la profundidad de textura; los cambios en la macrotextura debidos al desgaste y a la compactación de la acción del tráfico tienen unas importantes consecuencias económicas y de seguridad ya que la resistencia al deslizamiento es una función de la textura; *a nivel de ahuellamiento* se utilizó el perfilómetro de ultrasonido para determinar la deformación vertical permanente del pavimento que se refleja en el perfil transversal y se presenta como un surco longitudinal a lo largo del camino bajo las huellas de rodado. Además en el presente estudio se realizó un plan de manejo socio ambiental analizando medidas de mitigación de los impactos en el medio ambiente.



Con todo lo realizado determinamos las actividades más incidentes para cada tramo, obtenemos la productividad o eficiencia del Proyecto, evaluamos los costos de operación para la conservación de carreteras y medimos los indicadores del Proyecto con lo cual tenemos el control de las actividades a realizar maximizando el valor y minimizando desperdicios, además se proponen acciones de mejora continua con el fin de mantener la vía en el nivel de servicio deseado.

Para tener un control óptimo de las actividades de mantenimiento rutinario y/o periódico de la carretera se encuentra dividida en tres tramos, **Tramo I:** Dv. Las Vegas – Tarma, **Tramo II:** Tarma – Puente Raither, **Tramo III:** Puente Raither – Satipo; el Tramo I y II pertenecen a la Ruta PE – 22B, la cual pertenece al eje transversal tiene la siguiente trayectoria: Emp. 3N (Dv. Las Vegas) - Tarma - Acobamba - Palca – San Ramón - La Merced - Emp. 5N (Pte. Raither), el Tramo III pertenece a la Ruta PE-5S o longitudinal de la selva sur tiene un ramal y su trayectoria es la siguiente: Puente Raither - Perene - Bajo Pichanaquí - Boca de Ipoki - Satipo - Mazamari - Puerto Ocopa - Poyeni - Camisea - Boca Manu - río Heath (frontera con Bolivia). Según **Decreto Supremo Nº 017-2007-MTC**, que contiene los criterios de clasificación de vías.

### 1.1. OBJETIVOS

#### a. General:

- ✓ Realizar el estudio y análisis del Programa de Conservación Vial del Servicio por Conservación de niveles de servicio de la Carretera Dv. Las Vegas – Tarma – La Merced – Satipo.

#### b. Específicos:

- ✓ Realizar el análisis del Programa de Conservación Vial.
- ✓ Analizar las actividades de Mantenimiento Rutinario y las programaciones de cada Residente.
- ✓ Analizar los ratios y rendimientos para cada Tramo de la Carretera.
- ✓ Analizar los costos de Operación del Proyecto.
- ✓ Analizar los Indicadores de Productividad del Proyecto.

### 1.2. ANTECEDENTES

Durante el 2007, se inició el “Proyecto Perú” liderado por el MTC con el propósito de lograr una integración de los diferentes poblados en el país, mejorando y consolidando 35 ejes viales y 4 hidrovías en beneficio de millones de peruanos. Para lo cual enfocan la solución a la mala situación de la red vial desde dos enfoques distintos. La estrategia “A” consta de 3 fases en las cuales se mejorarán



algunos caminos y se harán proyectos de factibilidad para asfaltar ciertos tramos si es que aumenta el tráfico. Por otro lado, la estrategia "B" prevé la concesión de tramos viales, que incluirán distintos tipos de intervención. Para el Proyecto se ha aplicado la estrategia B debido a que es una carretera asfaltada y se está realizando el mantenimiento para tener el nivel de servicio deseado.

El Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma, presentan niveles de agrietamiento moderado en toda la longitud del tramo, la cual estuvo a cargo de una empresa contratista quienes realizaron tratamientos superficiales en dicho tramo.

El Tramo II Tarma – Pte. Raither, no se ha programado realizar actividades de mantenimiento periódico debido a que la Entidad ha intervenido recientemente este tramo con dichas actividades (reparación de cunetas, alcantarillas, bermas, reemplazo o instalación de delineadores, señales verticales y demarcación del pavimento).

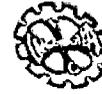
El Tramo III Pte. Raither – Satipo presenta desgaste moderado en algunos sectores de la longitud del tramo.

En el Tramo III no se han realizado actividades de demarcación del pavimento, por lo cual se debe programar realizar dicha actividad así como la limpieza de cunetas en toda la longitud del tramo.

### **1.3. ALCANCE**

Mediante el Programa de Conservación Vial se proporcionará información acerca del Plan de Conservación vial, la situación inicial, el Inventario vial calificado, evaluación estructural, funcional y superficial del Pavimento para que de acuerdo a lo obtenido en campo se realicen los trabajos necesarios y así tener la vía en el nivel de servicio deseado, dicha información es de suma importancia para el Estado ya que es el principal ente para terciarizar la conservación de la red vial nacional por niveles de servicio de acuerdo a la Política Nacional del Sector de Transportes (Resolución Ministerial N° 817-2006 –MTC/09).

Con este Proyecto la Facultad de Ingeniería Civil tanto para los estudiantes como docentes específicamente para el área de Infraestructura Vial, pueden tener un mayor conocimiento acerca de la conservación de carreteras en el Perú.



### 1.4.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Proyecto de Conservación Vial y la realización del Programa de Conservación Vial se ha ejecutado a lo largo de los tres tramos de la carretera: Dv. Las Vegas – Tarma – Pte. Raither – Satipo. En la tabla a continuación, se detalla la información para cada tramo:

**Tabla I.1: Tramos en Estudio**

Tramo	Ruta	Localidad		Progresiva (Km)		Coordenadas (WGS84)		Coordenadas UTM		Huso	Altitud (m.s.n.m)	Long. (Km)
		Desde	Hasta	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin			
Tramo I	PE-22B	Dv. Las Vegas	Tarma	0+000	34+000	11°14'29.28"S 75°31'33.27"W	11°14'44.34"S 75°24'40.73"W	442594 E 8757270 N	455104 E 8756827 N	18	3047	34
Tramo II	PE-22B	Tarma	Puente Raither	34+000	117+000	11°14'44.34"S 75°24'40.73"W	10°34'49.50"S 75°10'29.55"W	455104 E 8756827 N	480869 E 8830408 N	18	694	83
Tramo III	PE-5S	Puente Raither	Satipo	10+000	123+400	10°34'49.50"S 75°10'29.55"W	11°08'43.07"S 74°22'53.46"W	480869 E 8830408 N	567533 E 8767884 N	18	611	113.4

Ciudades que abarca el Proyecto: Proyecto → *Programa*

#### Tarma

- *Ubicación:* Aproximadamente 230 km al este de la ciudad de Lima.
- *Altitud:* 3050.00 m.s.n.m.
- *Clima:* La ciudad de Tarma se encuentra en la Región Quechua, con clima templado. La temperatura media fluctúa entre los 12 °C y 23 °C. En los meses de diciembre a febrero aumenta levemente el nivel de nubosidad, hay más precipitación y la temperatura diaria fluctúa menos. El resto del año es caracterizado por noches frescas y días muy soleados



### **La Merced**

- *Ubicación:* Se encuentra a unos 751 msnm, a 75 km al este de Huancayo y a 220 km al noreste de Lima, la capital del país. La ciudad está en la orilla occidental del río Chanchamayo que, luego, se convierte en el río Perené, un afluente del río Amazonas.
- *Altitud:* 751.00 m.s.n.m.
- *Clima:* semitropical tiene territorios en sierra y selva alta.

### **Satipo**

- *Ubicación:* En el Departamento de Junín, en la parte Centro-Oriental del Perú
- *Altitud:* A 632 m.s.n.m.
- *Clima:* Semi cálido húmedo de 21 °C; Cálido Húmedo, es de 29 a 25° mínimo 16°C.

## **1.4.3. ASPECTOS FÍSICOS**

### **1.4.3.1. Geología**

La interesante configuración geográfica del departamento de Junín ha sido agrupada teniendo en cuenta el orden de la pendiente, la orientación general de su territorio y el drenaje de sus aguas. Esto hace que predominantemente se observen dos grandes sectores: el primero, orientado de norte a sur, es el sector andino; el segundo, orientado de sur a norte, es el sector de la Selva Alta. Ambos sectores tienen como eje la cordillera de Huaytapallana.

**Sector Andino:** Partiendo del noroeste (meseta de Junín o de Bombón), observamos que este conjunto se asemeja a una inmensa U invertida sobre un amplio espacio que tiene como brazos las cordilleras de La Viuda-Chonta (por el oeste) y la cordillera de Huaytapallana (por el este); entre los nevados más importantes de esta cordillera se encuentran, de norte a sur, el Marairazo, el Yanaja, el Pacaco, el Chuspi, el Huaytapallana y el Cochazo. Estos tres últimos conforman una unidad conocida como Huaytapallana. Las dos cordilleras sirven de marco al valle longitudinal del Mantaro, el cual en este sector llega hasta una altura mínima de 3,000 msnm. La geología de este sector se encuentra representada por los siguientes materiales: hacia la margen derecha del río Mantaro (Cordillera-Chonta) tenemos materiales sedimentarios fuertemente plegados y erosionados. Los más antiguos, correspondientes a la Era del Paleozoico superior, se encuentran rodeados de materiales sedimentarios acumulados durante la era Mesozoica en los siguientes periodos: Triásico



Superior hasta el Jurásico inferior a medio; Cretáceo inferior y Cretáceo medio-superior.

Estos materiales, acumulados puntualmente, sufrieron un intenso plegamiento compresivo y fallamiento inverso a lo largo del Cenozoico (periodo del Terciario inferior), que hizo que puntualmente aflorase material ígneo durante el Terciario inferior y el Terciario superior. Paralelamente a los sucesos anteriores, el lado norte de esta cordillera (Viuda Chonta) fue afectado por la acumulación de material volcánico a lo largo del terciario y el Cuaternario como consecuencia de la activación del eje volcánico del sur peruano. Las punas y vertientes pronunciadas en esta margen no son acogedoras a primera vista, pues a la escasa vegetación, viento helado y rocas enhiestas hay que sumarles el panorama de tierra estéril y quemada como consecuencia de los humos provenientes del Complejo Minero-Metalúrgico de La Oroya.

Hacia la margen izquierda del río Mantaro (cordillera de Huaytapallana), iguales materiales sedimentarios se hallan plegados y erosionados. Los más extendidos, en dirección noroeste sureste, son los depósitos sedimentarios del Triásico superior-Jurásico inferior a medio, los cuales se intercalan con depósitos del Paleozoico inferior y superior. Ubicados en las partes altas, estos últimos, al plegarse, permitieron una intrusión ígnea que a lo largo del Cretáceo superior al Terciario inferior terminó por conformar lo que hoy es la base de los nevados de la zona. Por otra parte, el perímetro del lago Junín, así como el fondo del valle del Mantaro, está conformado por depósitos del Cuaternario.

**Sector Selva:** Ubicado entre altitudes que van desde los 2000 a los 600 msnm, el sector de Selva se evidencia desde las estribaciones más orientales del lado norte de la Cordillera de Huaytapallana, así como desde la ramificación paralela en forma de "martillo" que se desprende del entorno del nevado Uncohuarco (localizado al noreste del nevado Huaytapallana). De esta manera la selva llega hasta las faldas de algunos cerros del lado nororiental de la Cordillera de Huaytapallana: San Alberto, Tigretambo, Quiullacocha, Cashapaunta y Huaranga Alto, así como también hacia los cerros Puy Puy, Inhua Asha y Rancho Loma, que conforman la ramificación paralela que se desprende del nevado Uncohuarco. En el límite con Cuzco, el extremo sur de la Cordillera de la Sal también servirá de marco al sector de Selva.

La geología del sector de Selva presenta tres zonas: la primera conformada por los flancos orientales del lado norte y sur de la Cordillera de Huaytapallana, presentas un cordón fallado de material sedimentario formado durante el periodo Precámbrico. Hacia el sur y el este, y abarcando un área de la bisagra



formada por el nevado Uncohuarco y las nacientes de los ríos Lampa y Comas, encontramos material sedimentario del Paleozoico superior. Más hacia el este, se manifiesta la intrusión ígnea de San Ramón, que data del Permo-Triásico y que estructura el eje Puy Puy, Inhua Asha y Rancho Loma, así como la red de drenaje de los ríos que alimentan al Perené por su margen derecha y al Ene por su margen izquierda. Hacia el noroeste de la intrusión San Ramón, y ya en el valle de Chanchamayo, encontramos formaciones de material sedimentario correspondientes al Paleozoico-superior y al Triásico superior-Jurásico inferior a medio.

La segunda parte de la geología del sector de la Selva está constituida por materiales que se ubican al este de la intrusión de San Ramón, y sobre los cursos de los ríos Perené y Ene. Como parte del cauce del río Perené, encontramos formaciones sedimentarias del Jurásico superior, Cretáceo inferior, Cretáceo medio-superior y Terciario Inferior. En el caso del río Ene las formaciones sedimentarias predominantes son las del triásico Superior- Jurásico Inferior-Medio, Jurásico Superior y Terciario inferior. Tras la confluencia de ambos y la conformación del río Tambo que atraviesa a la cordillera de la Sal (Pongo de Tambo), se observa que dicha cordillera está conformada en sus flancos medios por materiales sedimentarios del Paleozoico Superior, y en sus partes altas (sur del pongo del Tambo), por materiales sedimentarios del Paleozoico inferior. La tercera zona geológica se encuentra al este de la cordillera de la Sal. Así tenemos que en dirección de su flanco oriental más bajo vuelven a manifestarse los depósitos sedimentarios del Terciario inferior y, ya en plena selva baja, aparecen tanto los depósitos del Terciario superior como los del Cuaternario, estos últimos ya como parte de las riberas del río Tambo, en su curso más bajo.

La descripción del marco geológico regional desde el perspectiva litoestratigráfica, nos informan que las rocas más antiguas están representadas por rocas ígneas intrusivas de edad Paleozoicas; posteriormente se emplazaron rocas sedimentarias de las formaciones geológicas, Copacabana, Mitu, Pucará, La Merced, y finalmente se tiene una cobertura conformada por depósitos inconsolidados de edad Cuaternaria.

#### **1.4.3.2. Hidrografía Regional**

La hidrografía del Sector Andino gira en torno de la red hídrica del río Mantaro. Bajo ese nombre se conoce al río que sirve para drenar las aguas del lago Junín, pero si hacemos un rastreo pormenorizado de sus nacientes veremos que ellas se encuentran en el departamento de Pasco. Allí la laguna más septentrional es



Alcacochoa, ubicada al noroeste de la ciudad de Pasco. A partir de este primer hilo de agua se van congregando otros provenientes de lagunas ubicadas al oeste de la meseta, para finalmente terminar depositándose en la parte más deprimida de la meseta y formar así el lago Junín.

El Mantaro, tras dejar el lago de Junín presenta un recorrido noroeste-sureste, conforme a la orientación de los materiales geológicos lo cual nos hace presumir que gran parte de la dirección de su curso obedece al seguimiento de líneas de fallas geológicas. Su recorrido puede dividirse en dos partes. En la primera, recorre la puna helada, la cordillera y es almacenado en la represa de Malpaso utilizándose sus aguas en la Oroya. En esta primera parte el Mantaro recibe varios aportes. Por su margen derecha, el río Chiuric es el primero que le da el encuentro, sirviendo al mismo tiempo como límite natural entre Junín y Pasco.

A continuación, se suman los ríos Palcán (que nace en la laguna Yanacocha), Huascacacha (que nace en la laguna del mismo nombre sumándose a él los ríos Tambo, Posta y Casacancha), Chachuacancha y Corpacancha (que nace de la laguna de Marcapomacocha). Por su margen izquierda, el Mantaro recibe aportes del río Verdecocha. Hacia el represamiento confluyen el Pucayacu (el cual nace de los deshielos de los nevados Raujante y Anticona) y la quebrada Atochaico, que nace de la laguna Huacra. Luego del represamiento de Malpaso y hasta antes de la Oroya, el Mantaro prosigue hacia el sureste recibiendo por la margen derecha los aportes del río Cuchayoc y la quebrada Quinuacocha, y por su margen izquierda, los aportes de la quebrada Atochuarco. Luego de la Oroya, el Mantaro adquiere un color gris-ocre por los minerales que lleva en disolución y, al frío de sus aguas, se suma la tristeza de ser un río muerto. Antes de terminar la primera parte de su recorrido, el Mantaro se encuentra con los ríos Yauli, Huayhuay y Cochas.

En la segunda parte de su recorrido, las quebradas y riachuelos que confluyen hacia el Mantaro irrigan el valle. Así tenemos que las terrazas de la margen derecha son irrigadas con aguas de los ríos Cunas y Aimaraes (La Virgen o Seco), mientras que las vertientes y las terrazas de la margen izquierda (incluyendo alrededores de Jauja y Huancayo) son alimentados por los cursos de agua que nacen de las lagunas y nevados ubicados en la cordillera de Huaytapallana, entre los cuales se encuentran la quebrada Huaylimalca, la quebrada Huariochacán (formada por la laguna tragadera), cuya dirección de drenaje obedece a una falla que atraviesa la cordillera de Huaytapallana. La laguna de Paca estaría relacionada con las infiltraciones de la laguna Tragadera. Y, los ríos



Huambo, Chicche, Chía, Shullcas y Chanchas. El río Shullcas nace del nevado Huaytapallana y pasa por la ciudad de Huancayo.

La hidrografía del Sector Selva gira en torno a la red hídrica del río Tambo, río que nace de la confluencia del Perené y el Ene a la altura de Puerto Pardo. El Perené se forma de la unión de los ríos Ulcumayo, Tarma y Tulumayo (Comas), que forman el Chanchamayo muy cerca del poblado de San Ramón. Luego el Chanchamayo, a la altura de la localidad de Puerto Pardo (comunidad nativa Pampa Michi), confluye con el Paucartambo, proveniente de Pasco, lo que finalmente forma el río Perené. Camino hacia su encuentro con el río Ene, el Perené recibe, por su margen derecha, el aporte de los siguientes ríos:

Huatziroqui, Pichanaqui, Ipoqui y Satipo. El Ene nace de la confluencia de los ríos Mantaro y Apurímac. Luego de ser formado, el Ene recorre gran parte de la provincia de Satipo, siendo sus afluentes más importantes aquellos que provienen tanto del flanco oriental del macizo San Ramón ríos Yaviró, Somabeni, Tincabeni-Anapati, Sanibeni, Pichuteni y Suareni, como del flanco occidental de la cordillera de la Sal: Quempini, Cutivireni, Mamiri, Catshingari, Quiteni, Chiquireni, Pichiquía y Nenquichani.

#### **1.4.3.3. Clima**

El clima del sector andino es variado. En las cumbres nevadas, el tipo climático es el glacial (clima de Alta Montaña, según la clasificación de Köppen); en las punas el clima es helado (Tundra Seca de Alta Montaña, según la misma clasificación); en la parte de vertientes pronunciadas, tras dejar atrás las punas, el clima (manifestado también en gran parte del valle) se relaciona con el de tipo frío (Boreal), el cual se caracteriza por tener inviernos secos y temperaturas medias superiores a los 10° C, por lo menos durante cuatro meses. Esto último debido a la altitud y a la influencia de las masas glaciares cercanas.

Al sector de Selva le corresponde un solo tipo climático Sabana Tropical periódicamente húmeda (sin lluvias o seca en invierno).

Clima frígido en Sierra ( -0.1° C a 17.8° C)

Clima cálido en Selva (13.2° C a 36° C).

La precipitación pluvial en la Sierra es de 752.4 mm/año

La precipitación pluvial en Selva entre 1800 mm/año y 2500 mm/año.



### 1.5. JUSTIFICACIÓN

La Elaboración de este Proyecto de Conservación Vial surge de la necesidad de ordenar el proceso de inversiones en caminos de acceso ya que estas inversiones representan un gran potencial para las tierras con vocación agrícola, se incorporan áreas productivas, se benefician otros centros, se fortalecen las relaciones internas de una micro-región, al realizar dicho programa nos permitirá conocer la situación inicial de la carretera, las obras de arte mayor y menor, la señalización horizontal y vertical con el fin de realizar un mantenimiento Rutinario y/o Periódico adecuado así cumplir con los niveles de servicio deseados, poder tener un mapeo de los puntos críticos de la carretera, un control de los elementos viales que conforman la vía de esta forma poder asignar los frentes de trabajo, los recursos (humanos y equipos) con lo cual podemos tener un control adecuado de la ejecución de las partidas a desarrollar en la carretera.

A través del presente proyecto se revalorará el comercio, la agricultura, minería y turismo paisajístico existentes en la zona lo cual contribuirá a enriquecer el circuito comercial y turístico de las ciudades de Tarma, San Ramón, La Merced y Satipo. Los beneficiarios de esta vía la usarán para comunicarse principalmente con la capital del Perú dicha carretera con el nivel de servicio deseado elevará el nivel de vida de las comunidades adyacentes a ésta.

Con la elaboración y ejecución del Programa de Conservación Vial se ratifica el cumplimiento del rol de Extensión Social a las comunidades por parte de la Universidad Nacional de Cajamarca y la Facultad de Ingeniería por ser un proyecto a favor de la Integración y Desarrollo socio - económico de las comunidades del Departamento de Junín.

*Aporte del programa  
- Contratación*

*Programa*

# CAPÍTULO II

## REVISIÓN DE LITERATURA



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. LOS SISTEMAS DE INFRAESTRUCTURA Y LA DINÁMICA DEL DESARROLLO SOCIAL

No cabe duda de que el desarrollo económico y social de las comunidades ha estado siempre vinculado al mejoramiento de los sistemas de transporte. Las comunidades crecen en lo cultural, en lo social y en lo económico a medida que exista posibilidad de comunicarse y trasladarse. Lo anterior nos puede llevar a la conclusión de que el crecimiento de una región puede verse limitada por insuficiencia de medios de comunicación, ya sea interna o externamente a otras comunidades vecinas.

El modelo de Manheim es un claro ejemplo de la relación entre el sistema de transporte y el desarrollo social; señala que la dinámica social de una ciudad, una región, un país o una comunidad en general puede ser entendida a partir de las relaciones que se verifican entre tres variables esenciales:

Sistema de Transporte, Sistema de Actividades, y Estructuras de Flujo.

**2.1.1. Sistema de Transporte:** el sistema de transporte puede ser analizado a partir de tres elementos: infraestructura, vehículos o equipos y operación. La infraestructura corresponde a los elementos físicos que sirven de soporte físico a los vehículos; como las calles, carreteras, las vías férreas, los puertos y aeropuertos. Los equipos o vehículos son los dispositivos que realizan el desplazamiento propiamente tal de las personas y las mercaderías; como los automóviles, los buses, trenes, barcos y aviones. La operación o gestión corresponde a la manera en que se ordenan y operan los vehículos sobre la infraestructura; ejemplo los semáforos y la señalización, los sistemas de control de tráfico aéreo y ferroviario.

Al identificar estos elementos se puede afirmar que intervenciones o transformaciones en cualquiera de ellos implican intervenciones y modificaciones dentro del Sistema de Transporte.

**2.1.2. Sistema de Actividades:** el Sistema de Actividades (movimiento de personas, bienes, etc.) está relacionado con la realidad económico social de la o las comunidades analizadas. Entre los aspectos que lo definen destacan la cantidad y características de la población, el nivel de ingreso, la actividad económica y el uso del suelo, entre otros.



**2.1.3. Estructura de Flujos:** la estructura de flujos corresponde a las características que definen los viajes que efectivamente se producen en la o las comunidades analizadas: orígenes, destinos, modos, rutas, cantidades de pasajeros y carga transportados. Sin embargo, esta definición es incompleta si no se asocia al concepto de Nivel de Servicio; sin duda no es lo mismo transportar una cierta cantidad de pasajeros entre un par origen-destino específico en 10 minutos que en una hora. El nivel de servicio está asociado a los atributos que los usuarios perciben por realizar el viaje, entre los que se puede mencionar: el tiempo de viaje, costos de operación, tarifa, peajes, comodidad, seguridad, etc.

Las definiciones recién presentadas indican el carácter dinámico de estas. Es decir, en una comunidad se está permanentemente en presencia de modificaciones ya sea sobre el sistema de transporte, el sistema de actividades o la estructura de flujo. Estas modificaciones están muchas veces relacionadas entre sí, distinguiéndose tres relaciones fundamentales de causa-efecto:

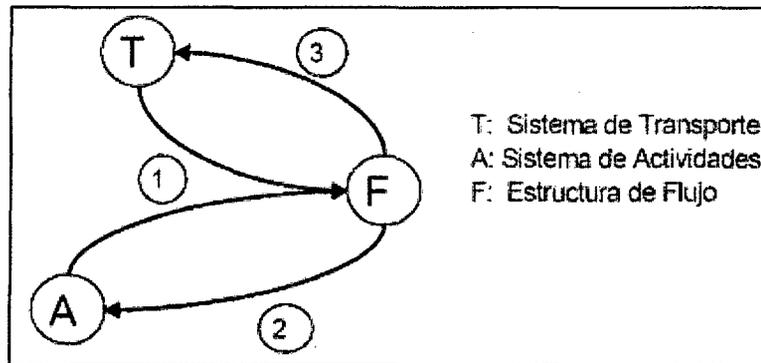
**Relación de Tipo 1:** la interacción entre el sistema de transporte y el sistema de actividades define una cierta estructura de flujo operando a un determinado nivel de servicio. Por ejemplo, la construcción de una línea de Metro en determinada ciudad. Tal situación es capaz de producir mejoras en el nivel de servicio y por lo tanto variar la estructura de flujo producto del cambio de modo de algunos usuarios. Por otra parte, una modificación en el uso del suelo de un lugar puede generar proyectos inmobiliarios que hagan variar la localización dentro de la ciudad y con ello los orígenes y destinos dentro de la ciudad.

**Relación de Tipo 2:** variaciones en la estructura de flujo pueden generar variaciones en el sistema de actividades, producto de variaciones en el nivel de servicio o en los recursos consumidos en la provisión de dichos servicios. Por ejemplo, una disminución de los tiempos de viaje a un determinado lugar puede motivar el desarrollo inmobiliario habitacional de dicho lugar.

**Relación de Tipo 3:** cambios en la estructura de flujo pueden motivar transformaciones del sistema de transporte a lo largo del tiempo. Es el caso de la planificación que realizan los agentes de gobierno y privados, en términos de responder a las necesidades de transporte que se prevé ser necesario cubrir en el futuro. Estas tres relaciones se muestran en la siguiente figura:



Figura II.1: Relaciones entre el Sistema de Transporte, el Sistema de Actividades y la Estructura de Flujo



## 2.2. EL PAVIMENTO COMO ELEMENTO DE ANÁLISIS PARA LA GESTIÓN

Con el pasar del tiempo, los países desarrollados se han dado cuenta de que una buena gestión de infraestructura es indispensable para el desarrollo tanto económico como social de las regiones, debido a esto su preocupación por dicha operación ha tomado gran importancia, se han desarrollado un sinnúmero de sistemas que tienen como objetivo optimizar los recursos para lograr que los caminos cumplan su función al 100%. Los sistemas mencionados anteriormente requieren del desarrollo continuo de tecnología para estudiar, analizar y comprender el comportamiento de todos los elementos de la infraestructura. Sin perjuicio de lo anterior, el elemento básico dentro de la infraestructura vial son los pavimentos, en torno a ellos se generan todos los elementos mencionados anteriormente. Esta importancia se debe a la funcionalidad que cumple el pavimento dentro de la operación de un camino, es este el que entrega la superficie requerida para el desplazamiento de los diferentes medios de transporte; del pavimento dependen la mayoría de los costos de usuario, asimismo es el pavimento el que requiere la mayor cantidad de recursos económicos y financieros tanto para su construcción como para su mantenimiento y por esto el desarrollo de tecnologías en la infraestructura vial tiene como un objetivo primordial el comportamiento del pavimento.

Por esto es que, gran parte de los estudios enfocan la explicación del comportamiento del pavimento, así como en los diferentes elementos que influyen en este.

El actual sistema de transporte incluye los medios marino, aéreo y terrestre; de ellos, el marino y las vías de ferrocarril no hacen uso de pavimentos. Es decir, los demás medios de una u otra forma incluyen el uso del pavimento dentro de su



funcionamiento, por lo cual necesitan sistemas de gestión de pavimentos que permitan un funcionamiento adecuado, controlando la inversión que tal manutención requiere y los costos en que los usuarios incurren de acuerdo al estado en que estos se encuentran.

Para cada medio de transporte se requieren diferentes tipos de estructuras que van desde losas de aeropuerto hasta puentes. Todos ellos requieren de una conservación apropiada que asegure a los usuarios serviciabilidad y seguridad.

### **2.3. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO**

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Esta descansa sobre el terreno de fundación.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, adecuada adherencia entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas, presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, además de tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en los rellenos además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.



### 2.3.1. Clasificación

Dividiremos a los pavimentos en dos clases:

- ✓ Pavimentos Flexibles
- ✓ Pavimentos Rígidos, y
- ✓ Pavimentos Mixtos

Esta división, si bien es un tanto arbitraria, la hemos adoptado por ser la más conocida y generalizada.

## 2.4. PAVIMENTO FLEXIBLE

Son aquellos pavimentos que tienen una base flexible o semi rígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

### 2.4.1. Terminología, Función y Características de las Capas de un Pavimento flexible

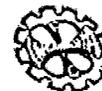
Se define de la manera siguiente:

#### **Terreno de Fundación:**

Aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que, una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

De su capacidad depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Si el terreno de fundación es pésimo; por ejemplo, si el material que lo compone tiene un alto contenido de materia orgánica, debe desecharse este material y sustituirse por otro de mejor calidad. Si el terreno de fundación es malo y se halla formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, habrá de colocarse una sub-base granular de material seleccionado antes de poner la base y la capa de rodamiento.

Si el terreno de fundación es regular o bueno y está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación, o por un material de granulometría gruesa, posiblemente no se requerirá la capa de sub-base.



Finalmente, si el terreno de fundación es excelente; es decir, que tiene un valor soporte elevado y no existe, además, la posibilidad de que se sature de agua, bastaría colocar encima la capa de rodamiento.

Resumiendo lo expuesto anteriormente, tendremos que:

- a) Si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea posible, y sustituirse este por un suelo de mejor calidad.
- b) Si el terreno de fundación es malo, habrá que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base.
- c) Si el terreno de fundación es regular o bueno, podría prescindirse de la sub-base.
- d) Si es excelente, podría prescindirse de la base y sub-base.

#### **Sub-base:**

Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante. Tiene por objeto:

- a) Servir de capa de drenaje al pavimento.
- b) Controlar, o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- c) Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada. Este hinchamiento es causado por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascensión capilar del agua es grande.

El material de la sub-base, debe ser seleccionado y tener mayor capacidad que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava, escoria de los altos hornos, o residuos de material de cantera. En algunos casos, es posible emplear para sub-base el material de la subrasante mezclado con cemento, etc.

#### **Base:**

Esta capa se coloca por encima de la sub-base, tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación.



Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante. Por lo general, para la capa de base se emplea piedra triturada, grava o mezclas estabilizadas de suelo cemento, suelo bituminoso, etc.

#### **Capa de Rodamiento:**

Su función primordial será la de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

Asimismo, la capa de rodamiento contribuye, en cierto modo, a aumentar la capacidad de carga del pavimento, especialmente si su espesor es apreciable (mayor de 3").

#### **Tipos de Mezclas Bituminosas:**

Los tipos de mezclas bituminosas generalmente empleados para las capas de rodamiento de pavimentos flexibles, son los siguientes:

1. **Tratamientos superficiales en una o varias capas, con o sin carpeta de sello:** Los asfaltos y alquitranes que se emplean, son los llamados líquidos o diluidos (Cut-backs) del tipo de rápido curado (RC) y emulsiones CRS. El espesor de estas capas es de 2.5 cm. (1"), aproximadamente. Este tipo se emplea, comúnmente, para tránsito ligero.
2. **Macadam de penetración:** Son sucesivas capas de material pétreo y asfalto regado a presión. Los asfaltos que se emplean son aquellos cuya penetración está comprendida entre 85 y 150. El espesor de estas capas varía entre 6 y 15 cm.(2.5" y 6" ).
3. **Mezclas "in situ" de tipo abierto o denso:** Generalmente, se emplean asfaltos líquidos de rápido y medio curado (RC y MC). El espesor varía, aproximadamente, entre 4 y 7.5 cm. (1.5" y 3").
4. **Mezclas "en planta" de tipo denso o abierto, aplicadas "en frío" o "en caliente":** Para láminas asfálticas (sheet asphalt), concretos bituminosos, etc. Pueden usarse algunos asfaltos líquidos, pero preferentemente se emplean cementos asfálticos cuya penetración está comprendida entre 85 y 200. El espesor es, generalmente, mayor de 5cm (2" ).



### **Carpeta de desgaste o sello:**

Está formada por una aplicación bituminosa de asfalto o alquitrán, y tiene por objeto sellar la superficie, impermeabilizándola, a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia. Además, protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

Los materiales bituminosos que se emplean pueden ser asfaltos líquidos, emulsiones, y de penetración.

Estos materiales son aplicados por medio de un distribuidor a presión, en cantidades que varían de 0.5 a 1.5 litros por metro cuadrado, según las características de la capa sello.

Los sellos pueden o no llevar una cubierta secante (blotter) de arena o agregado fino. En caso de colocarse una cubierta de material pétreo, la cantidad a emplearse varía, generalmente, entre 5 y 10 kg/m<sup>2</sup>.

## **2.5. MANTENIMIENTO DE CARRETERAS**

Se define la conservación de carreteras en base a las *Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras Aprobado por Resolución Directoral N°051-2007- MTC/14 del 27 de agosto del año 2007.*

La conservación vial es el conjunto de actividades que se realizan para mantener en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen la vía y, de esta manera, garantizar que el tránsito sea cómodo, seguro, fluido y económico. En la práctica, lo que se busca es preservar el capital ya invertido en la construcción de la infraestructura vial, evitar su deterioro físico prematuro y, sobre todo, mantener la vía en condiciones operativas adecuadas a las necesidades y demandas de los usuarios. Actualmente, se incluyen también actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales y de cuidado y vigilancia de la vía.

Las actividades de conservación se clasifican, usualmente, por la frecuencia con la cual se repiten: rutinarias y periódicas. En la realidad todas son periódicas, pues se repiten cada cierto tiempo en un mismo elemento. Sin embargo, en la práctica las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente en diferentes tramos de la vía y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados, de varios meses o de más de un año. Bajo



estas consideraciones, se definen la conservación rutinaria y la conservación periódica, de la siguiente manera:

### **2.5.1. Conservación rutinaria**

Es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente y se constituyen en acciones que se realizan diariamente en los diferentes tramos de la vía. Tiene como finalidad principal la preservación de todos los elementos viales con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenían después de la construcción o de la rehabilitación. Debe tener el carácter de preventiva y se incluyen en ella las actividades de limpieza de la calzada y de las obras de drenaje, el corte de la vegetación de la zona del derecho de vía y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras. En los sistemas tercerizados de conservación vial, también se incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales y de cuidado y vigilancia de la vía.<sup>1</sup>

### **2.5.2. Conservación periódica**

Es el conjunto de actividades que se ejecutan en períodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplos de esta conservación son la colocación de capas de refuerzo o recapados en pavimentos asfálticos, la reposición de afirmados y la reconformación de la plataforma existente en vías afirmadas, el recubrimiento de vías no pavimentadas con tratamiento bituminoso, y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino. En los sistemas tercerizados de conservación vial, también se incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales y de cuidado y vigilancia de la vía.<sup>1</sup>

### **2.5.3. Conservación Vial Integral por Niveles de Servicio**

Mecanismo de tercerización a aplicar preferentemente en vías pavimentadas con altos volúmenes de tránsito, con un Índice Medio Diario Anual -IMDA- mayor de 1000 vehículos, para que una empresa privada asuma toda la responsabilidad de la conservación de la carretera con unas condiciones de servicio establecidas mediante índices o niveles de servicio, durante un plazo establecido de varios años. Además, se encarga de labores operativas de la vía como son el control de pesos y dimensiones vehiculares, la seguridad vial, la atención a los usuarios y las emergencias viales.<sup>1</sup>



#### 2.5.4. Niveles de Servicio

Son indicadores que califican y cuantifican el estado de la vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales puede evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

Estos indicadores son particulares para cada vía, y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.<sup>1</sup>

#### 2.5.5. Lista y clasificación de las actividades de conservación vial

**Tabla II.1: Actividades de conservación de derecho de vía<sup>1</sup>**

Capítulo 1	Actividades de Conservación del Derecho de Vía	Tipo de Conservación
101	Limpieza de la zona del derecho de vía.	Rutinaria
102	Roce de la vegetación menor en la zona del derecho de vía.	Rutinaria
103	Manejo de la vegetación mayor.	Rutinaria
104	Desquinche manual de taludes.	Rutinaria
105	Perfilado de taludes.	Periódica
106	Estabilización de taludes.	Periódica
107	Protección de taludes contra la erosión.	Periódica
108	Remoción de derrumbes.	Rutinaria
109	Corrección de plataforma en puntos críticos.	Periódica

**Tabla II.2: Actividades de Conservación de obras de arte menores<sup>1</sup>**

Capítulo 2	Actividades de Conservación de Obras de Arte Menores	Tipo de Conservación
201	Limpieza de cunetas.	Rutinaria
202	Reconformación de cunetas no revestidas.	Rutinaria
203	Reparación menor de cunetas revestidas.	Rutinaria
204	Limpieza de zanjas de coronación.	Rutinaria
205	Reparación menor de zanjas de coronación.	Rutinaria
206	Limpieza de alcantarillas.	Rutinaria
207	Reparación menor de alcantarillas de concreto.	Rutinaria
208	Reparación menor de alcantarillas de metálicas.	Rutinaria
209	Limpieza de canales y aliviaderos.	Rutinaria
210	Reparación menor de canales y aliviaderos.	Rutinaria
211	Limpieza de disipadores de energía.	Rutinaria
212	Reparación menor de disipadores de energía.	Rutinaria
213	Revestimiento y/o reparación mayor de cunetas.	Periódica
214	Revestimiento y/o reparación mayor de zanjas de coronación.	Periódica
215	Reparación mayor de alcantarillas de concreto.	Periódica
216	Reparación mayor o instalación de alcantarillas metálicas.	Periódica
217	Reparación de sardineles, disipadores de energía y otros elementos de drenaje.	Periódica
218	Recuperación o instalación de subdrenes.	Periódica



**Tabla II.3: Actividades de conservación de pavimentos flexibles<sup>1</sup>**

Capítulo 3	Actividades de Conservación de Pavimentos Flexibles	Tipo de Conservación
301	Sellado de fisuras y grietas.	Rutinaria
302	Bacheo superficial.	Rutinaria
303	Bacheo profundo.	Rutinaria
304	Sellos asfálticos.	Periódica
305	Reparación de bermas en material granular.	Periódica
306	Reparación de bermas asfaltadas.	Periódica
307	Imprimación reforzada.	Periódica
308	Colocación de recapados asfálticos.	Periódica

**Tabla II.4: Actividades de conservación de pavimentos rígidos<sup>1</sup>**

Capítulo 4	Actividades de Conservación de Pavimentos de Rígidos	Tipo de Conservación
401	Sellado de juntas y grietas.	Rutinaria
402	Reparación de losas en espesores parciales.	Rutinaria
403	Reparación de losas en todo el espesor.	Periódica
404	Reparación de bermas en material granular.	Periódica
405	Reparación de bermas revestidas con mezclas asfálticas.	Periódica
406	Reemplazo de losas.	Periódica
407	Reemplazo de losas por pavimento flexible.	Periódica

**Tabla II.5: Actividades de Conservación de vías no pavimentadas y afirmadas<sup>1</sup>**

Capítulo 5	Actividades de Conservación de Vías No Pavimentadas o Afirmadas	Tipo de Conservación
501	Bacheo en afirmados.	Rutinaria
502	Perfilado de la superficie.	Periódica
503	Reposición de afirmado.	Periódica
504	Reconformación de la plataforma.	Periódica
505	Reparación de sitios inestables.	Periódica
506	Estabilización de materiales con emulsión asfáltica.	Periódica
507	Recubrimiento con tratamiento bituminoso.	Periódica



**Tabla II.6: Actividades de Conservación de obras de arte mayores<sup>1</sup>**

Capítulo 6	Actividades de Conservación de Obras de Arte Mayores	Tipo de Conservación
601	Limpieza de puentes y pontones.	Rutinaria
602	Limpieza de cauces.	Rutinaria
603	Reparación parcial o total de barandas de concreto de puentes y de pontones.	Rutinaria
604	Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje del tablero del puente.	Rutinaria
605	Limpieza de superficie de puentes y pontones de concreto con agua a presión.	Periódica
606	Limpieza y sellado de grietas en el concreto.	Periódica
607	Reparación superficial del concreto.	Rutinaria
608	Reparación de concreto con corrosión en el acero de refuerzo.	Periódica
609	Reemplazo de juntas de dilatación por juntas tipo elástico expandible.	Periódica
610	Reemplazo de juntas de dilatación metálicas o compresible expandible.	Periódica
611	Reemplazo de dispositivos de apoyo.	Periódica
612	Reparación de pavimentos en concreto en puentes y viaductos.	Periódica
613	Reparación de pavimentos flexibles sobre puentes y viaductos.	Periódica
614	Preparación y pintado de protección superficial de puentes de concreto.	Periódica
615	Limpieza de superficies de puentes metálicos con agua a presión.	Periódica
616	Preparación superficial de menor grado y pintado de la estructura metálica.	Periódica
617	Preparación superficial de mayor grado (arenado) y pintado de la estructura metálica.	Periódica
618	Retiro y reposición de pernos de alta resistencia.	Periódica
619	Reparación de estructuras metálicas mediante adiciones de planchas u otros elementos de acero.	Periódica
620	Reparación de accesos al puente.	Periódica
621	Calzaduras en la cimentación.	Periódica
622	Protección de riberas mediante gaviones.	Periódica
623	Protección de riberas mediante enrocados.	Periódica
624	Reparación de superestructuras de madera.	Periódica
625	Reparación de infraestructuras en madera.	Periódica
626	Recuperación total de puentes de madera.	Periódica
627	Limpieza de badenes.	Rutinaria
628	Reparación de badenes.	Periódica
629	Limpieza de muros.	Rutinaria
630	Reparación de muros de contención en concreto ciclópeo.	Periódica
631	Reparación de muros secos.	Periódica
632	Reparación de muros de mampostería.	Periódica
633	Reparación de muros en gaviones.	Periódica
634	Reparación de muros en concreto.	Periódica



**Tabla II.7: Actividades de seguridad vial<sup>1</sup>**

Capítulo 7	Actividades de Seguridad Vial	Tipo de Conservación
701	Limpieza de la calzada y de las bermas.	Rutinaria
702	Remoción de arena.	Rutinaria
703	Conservación de las señales verticales.	Rutinaria
704	Conservación de postes de kilometraje.	Rutinaria
705	Conservación de guardavías metálicos.	Rutinaria
706	Reposición e instalación de señales verticales.	Periódica
707	Reposición o instalación de postes kilométricos.	Periódica
708	Reparación o instalación de guardavías metálicos.	Rutinaria
709	Mantenimiento de marcas permanentes en el pavimento.	Periódica
710	Reemplazo o instalación de delineadores.	Periódica
711	Instalación de reductores de velocidad.	Rutinaria
712	Limpieza y Pintado de cabezales de alcantarillas, barandas de puentes, sardineles de pontones, elementos visibles de muros y de otros elementos viales.	Rutinaria
713	Colocación de elementos de protección con rellenos de material, madera, llantas usadas u otros materiales locales.	Periódica
714	Reposición o dotación de aceras de concreto.	Periódica
715	Instalación de puentes peatonales.	Periódica
716	Conservación de puentes peatonales.	Rutinaria y Periódico

**Tabla II.8: Actividades de Conservación del Medio Ambiente<sup>1</sup>**

Capítulo 8	Actividades de Conservación del Medio Ambiente	Tipo de Conservación
801	Siembra de vegetación nativa.	Rutinaria
802	Descontaminación visual.	Rutinaria
803	Medidas ambientales en explotación de canteras y zonas de préstamo.	Periódica
804	Medidas ambientales en depósito de excedentes.	Periódica

**Tabla II.9: Actividades de Operación Vial<sup>1</sup>**

Capítulo 9	Actividades de Operación Vial	Tipo de Conservación
901	Cuidado y vigilancia de la vía.	Rutinaria
902	Atención de emergencias viales ordinarias.	Rutinaria
903	Atención de emergencias viales extraordinarias.	Emergencia
904	Instalación de Puentes Metálicos Provisionales.	Emergencia
905	Desmontaje de estructuras metálicas de puentes provisionales.	Emergencia



## 2.6. TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS

### 2.6.1. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Se denomina tratamiento superficial a la aplicación de materiales asfálticos sobre cualquier superficie pavimentada con o sin el recubrimiento de áridos minerales y con espesores menores a 25 mm. El fin de un recubrimiento de este tipo es sellar la superficie existente para prolongar la vida útil del camino.

Los tratamientos de este tipo pueden clasificarse de acuerdo al tipo de recubrimiento utilizado, según la siguiente tabla:

Tabla II.10: Tipos y usos de tratamientos superficiales<sup>1</sup>

TIPO	EJEMPLO	USO	CRITERIO DE SELECCIÓN
Aplicación de asfalto (fog seal)	Riego de Imprimación, riego antipolvo, riego rejuvenecedor	Impermeabilizar bases, eliminar el polvo en vías afirmadas, sellar microfisuras	Para vías afirmadas y carpetas con un deterioro leve - moderado
Aplicación de asfaltos y distrución de agregados (chip seal)	Sello de arena - asfalto, tratamiento superficial, monocapa, tratamiento superficial múltiple	Provee a la superficie existente una cubierta impermeable y resistente a la acción abrasiva del tránsito	Prolongar la vida de las carpetas existentes y dar mayor fricción superficial. El tipo dependerá del TDMA y del material disponible en la zona (piedra chancada de 1/4"), así como de los costos de transporte de material bituminoso
Lechada asfáltica (Slurry seal)	Micropavimento	Provee a la superficie existente una cubierta impermeable y resistente a la acción abrasiva del tránsito	Prolongar la vida de las carpetas existentes y dar mayor fricción superficial. El tipo dependerá del TDMA y del material disponible en la zona (arena < 3/8"), así como de los costos de transporte de material bituminoso

Es importante resaltar que los tratamientos superficiales no constituyen un pavimento en sí mismos, ya que no dan un aporte estructural al paquete del pavimento existente, debido a que su mínimo espesor transmite casi en su totalidad los esfuerzos hacia la carpeta inferior. Los tratamientos superficiales únicamente son una cubierta de la superficie existente por un periodo de tiempo menor al tiempo de vida de diseño del paquete estructural original. El bajo costo relativo de los tratamientos superficiales compensan el tiempo de vida útil de los mismos, el cual puede variar entre 1 y 5 años.



La elección de los tratamientos superficiales dependerá en gran medida de la disponibilidad de agregados en la zona (arena natural, gravilla chancada, etc.), de la calidad de los mismos, así como de la distancia de transporte y del material bituminoso, teniendo que hacer un análisis para la elección de la óptima solución. En la siguiente tabla se presentan los materiales y rangos promedios utilizados de emulsión asfáltica de curado rápido y lento:

**Tabla II.11: Principales materiales para tratamientos superficiales<sup>1</sup>**

TIPO	USO	MATERIAL LIGANTE	RANGO DE USO DE EMULSIÓN (l/m <sup>2</sup> )	GRANULAR
Aplicación de asfalto	Riego de imprimación	Emulsión asfáltica de curado rápido, asfalto líquido	0.7 - 1.5	-
	Riego antipolvo	Emulsión asfáltica de curado rápido, asfalto líquido, cloruro de sodio o magnesio, enzimas vegetales, etc	0.7 - 1.5	-
	Riego de liga	Cemento asfáltico, emulsión asfáltica de curado rápido	0.2 - 0.7	-
Aplicación de asfalto y distribución de agregados	Sello de arena - asfalto	Cemento asfáltico, emulsión asfáltica de curado rápido	0.6 - 1.2	<N°4"
	Tratamiento superficial monocapa	Cemento asfáltico, emulsión asfáltica de curado rápido, asfalto diluido	1.5 - 1.7	<3/4"
	Tratamiento superficial múltiple	Cemento asfáltico, emulsión asfáltica de curado rápido, asfalto diluido	2.5 - 2.7	<3/4"
Lechada asfáltica	Slurry seal	Emulsión asfáltica de rotura lenta	2.2 - 2.3	<3/8"

Al igual que para la mayoría de los trabajos masivos en pavimentos, se requiere equipo mecánico especializado para su correcta ejecución. El equipo especial utilizado en los tratamientos superficiales es el siguiente según los trabajos realizados en el Proyecto:

**Tabla II.12: Equipo mecánico especializado**

TIPO	USO	MATERIAL LIGANTE	RANGO DE USO DE EMULSIÓN (l/m <sup>2</sup> )	GRANULAR
Aplicación de imprimación				
Aplicación de emulsión asfáltica de curado rápido				
Lechada asfáltica				



Una particularidad de los tratamientos superficiales del tipo de aplicación de asfalto y con distribución de agregado es que su aplicación dependerá en gran medida del estado de la superficie existente, debido a que esta última, sea porosa, fisurada o agrietada, absorberá mayor cantidad de la emulsión del tratamiento, teniendo que corregir esta anomalía en campo durante la propia ejecución. En caso suceda lo contrario y la superficie sea cerrada, también deben aplicarse correcciones a la tasa de diseño, debido a que el exceso de emulsión podría llevar a futuras exudaciones. Para este fin, se debe controlar en campo la tasa que se defina sea la óptima, así como el cumplimiento de las características físicas y químicas del material granular y el material bituminoso.<sup>2</sup>

## **2.7. PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL**

El plan de conservación vial consiste en la ejecución de las actividades necesarias para mantener los niveles de servicio, mediante una CONSERVACIÓN PUESTA A PUNTO y CONSERVACIÓN RUTINARIA, según las especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras.

Lo cual se detalla en la metodología y procedimiento del Capítulo III.

## **2.8. INVENTARIO VIAL CALIFICADO**

### **2.8.1. INTRODUCCIÓN**

El Inventario Vial Calificado, es parte fundamental de todo sistema de información con miras a una gestión vial adecuada. El registro de la condición de la infraestructura vial se hace necesario para conocer el estado actual de dichas obras y así poder definir las actividades de conservación de cada una de ellas.

El inventario vial se confecciona de acuerdo a los formatos del Sistema de Gestión de Carreteras, indicando también sus coordenadas geográficas (WGS84), cada elemento indica su posición (sistema GPS y kilométrica), características y su estado, que definen su condición actual.

### **2.8.2. DEFINICIÓN**

Registro de los componentes de la infraestructura vial terrestre que recopila en forma continua y actualizada, las características de una vía, incluye el nombre de la vía, código, longitud, tipo de superficie de rodadura, puentes, túneles,



badenes, distancias parciales y totales entre puntos notables, estado de la superficie y de las obras de arte como alcantarillado, drenaje, señales y otros.

### 2.8.3. ELEMENTOS VIALES

Es el conjunto de componentes físicos de la vía: superficie de rodadura, bermas y/o franjas laterales, puentes, túneles, obras de arte y drenaje, señalización y otros.

### 2.8.4. UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS Y CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS

Para la ubicación e identificación de los elementos y la determinación de su condición estructural y funcional existente, se utilizaron las definiciones establecidas para referencias, características y condiciones de cada elemento según el Sistema de Gestión de Carreteras.

#### 2.8.4.1. Sistema de Referencia y Geometría

Se describe a continuación la definición de las calzadas por sentido del tráfico.

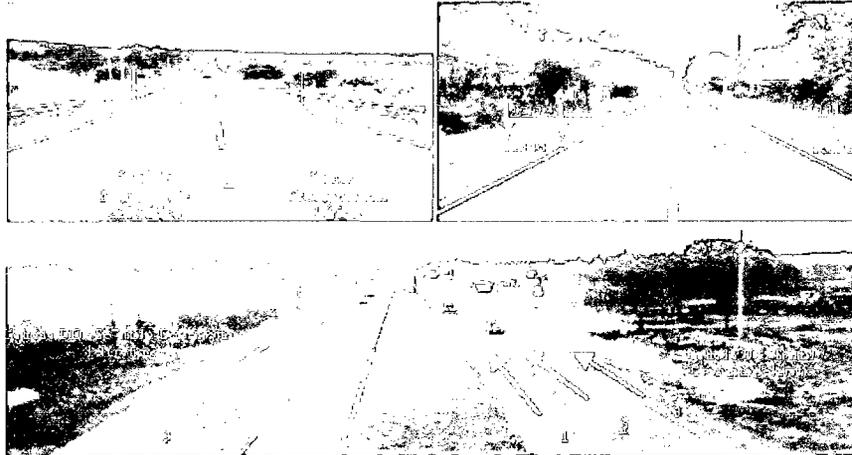
Tabla II.13: Definición de Calzadas por Sentido de Tráfico<sup>3</sup>

Código	Sentido	Descripción
CD	Creciente Decreciente	Para una calzada simple donde los carriles no son reservados a un solo sentido del tráfico, caso general de carreteras de dos carriles.
UC	Únicamente Creciente	Para una calzada donde el tráfico se desplaza en un sentido único en todos los carriles, en este caso en el sentido de las progresivas crecientes.
UD	Únicamente Decreciente	Para una calzada donde el tráfico se desplaza en un sentido único en todos los carriles, en este caso en el sentido de las progresivas decrecientes.

Se muestra a continuación la numeración de las fajas (carriles y bermas) para calzada CD y para carretera de dos calzadas (UC y UD).



**Figura II.2: Numeración de Fajas en Calzadas Simples y Dobles<sup>3</sup>**



Se indica a continuación los parámetros evaluados para la geometría de la carretera.

**Tabla II.14: Parámetros Evaluados para Geometría<sup>4</sup>**

Descripción	Parámetros
Geometría / Datos para HDM	Curvatura promedio ( $^{\circ}$ /Km)
	Pendiente promedio (m/Km)

#### **2.8.4.2. Obras de Drenaje y de Arte**

La identificación de los elementos y la determinación de su condición estructural y funcional existente, se basó en la definición de características y condiciones definidas en el *Sistema de Gestión de Carreteras*.

Las Obras de Drenaje y de Arte, consideran los grupos de estructuras siguientes:

- Puentes y Pontones
- Alcantarillas
- Cuneta, Canal, Bajada de Agua, Zanja de Drenaje
- Badenes, Túneles y Muros

A continuación se describen los campos de la evaluación más importantes como la clase y tipo, además de la condición estructural y funcional, para cada uno de los elementos anteriormente mencionados.



#### d) Puentes y Pontones

Se describe a continuación la clase y tipo de estructuras no descritas por el SCAP (Sistema Computarizado de Administración de Puentes).

**Tabla II.15: Clase y Tipo de Puentes y Pontones<sup>5</sup>**

Clase	Tipo
Puente Definitivo (Luz $\geq$ 10m)	Losa, Losa con Vigas, Pórtico, Arco, Reticulado, Colgante, Atirantado
Puente Provisional (Longitud $\geq$ 10 m)	Bailey, Yawana, Otro
Puente para Peatones	Concreto, Acero, Otro
Pontón Definitivo (4m $\leq$ Luz < 10m)	Losa, Losa con Vigas
Estructura Artesanal	Vigas de troncos de árboles, mampostería, piedras, concreto, concreto reforzado con rielos FFCC, Otro

Se describe a continuación la condición estructural de las estructuras, que incluyen seis niveles, además se describe la clasificación no levantada por el SCAP, la cual se clasifica en tres niveles:

**Tabla II.16: Condición Estadística de Puentes y Pontones<sup>6</sup>**

Nivel de Deterioro		Puentes y Pontones
Código	Descripción	
0	Excelente	No tiene problemas. No hay necesidad de reparación.
1	Bueno	Solo muestra un deterioro mínimo, no hay necesidad de reparaciones pero ciertas necesidades de mantenimiento pueden ser necesarias.
2	Regular	Existe deterioro, desprendimientos, socavación pero no afectan la capacidad portante y/o de servicio. Hay necesidades de reparaciones menores.
3	Preocupante	Existe pérdida de sección, deterioro y desprendimientos, o socavación que afecta seriamente los componentes principales. Pueden existir rajaduras por fatiga del acero o por cortante/flexión en el concreto. La capacidad portante y/o de servicio puede estar afectada. Hay necesidades de reparaciones mayores.
4	Malo	Necesita repararse pero puede mantenerse abierto a tráfico restringido. El deterioro de elementos principales afecta la capacidad portante y/o de servicio.
5	Pésimo	La capacidad portante y/o de servicio está afectada en forma de presentar un peligro inmediato. Puede existir pérdida de sección en elementos estructurales críticos o movimientos verticales u horizontales que afectan la estabilidad de la estructura. Debe cerrarse al tráfico.



**Tabla II.17: Condición Estructural no levantada por SCAP de Puentes y Pontones<sup>7</sup>**

SGC (Sistema de Gestión de Carreteras)		SCAP (Sistema Computarizado de Administración de Puentes)	
Código	Descripción	Código	Descripción
1	Excelente	0	Excelente
2	Preocupante	3	Preocupante
3	Malo	4	Malo

Se describe a continuación la condición funcional de las estructuras no descritos por el SCAP, la cual describe el nivel de obstrucción:

**Tabla II.18: Condición Funcional no descrita por SCAP de Puentes y Pontones<sup>8</sup>**

Código	Descripción
1	Buena (Limpia)
2	Regular (Parcialmente Obstruida)
3	Mala (Totalmente Obstruida)

#### e) Alcantarillas

Se describe a continuación la clase, tipo y sección transversal, de las alcantarillas:

**Tabla II.19: Clase, Tipo y Sección Transversal de Alcantarillas<sup>9</sup>**

Clase	Tipo	Sección Transversal
Alcantarilla Definitiva (Luz < 4m)	Concreto, Mampostería, Acero	Marco, Circular/Ovalada, Arco, pórtico, Otro
Estructura Artesanal	Concreto, Mampostería, Piedras, Otro	Marco, Circular/Ovalada, Arco, pórtico, Otro

Se describe a continuación la condición estructural de las alcantarillas, que incluyen tres niveles:

**Tabla II.20: Condición Estructural de Alcantarillas<sup>10</sup>**

Nivel de Deterioro		Alcantarillas
Código	Descripción	
1	Excelente	No tiene problemas. No hay necesidad de reparación
2	Preocupante	Quebrado en menos del 30% de la longitud
3	Malo	Quebrado en más del 30% de la longitud

Se describe a continuación la condición funcional de las alcantarillas:



**Tabla II.21: Condición Funcional de Alcantarillas <sup>11</sup>**

Código	Descripción
1	Buena (Limpia)
2	Regular (Parcialmente Obstruida)
3	Mala (Totalmente Obstruida)

**f) Cunetas, Canales, Bajadas de Agua, Zanjias de Drenaje**

Se describe a continuación la clase, tipo y sección transversal, de las cunetas, canales, bajadas de agua y zanjias de drenaje:

**Tabla II.22: Clase, Tipo y Sección Transversal de Cunetas, Canales, Bajadas de Agua y Zanjias de Drenaje <sup>12</sup>**

Clase	Tipo	Sección Transversal
Cuneta	Tierra, Concreto, Mampostería	Triangular, Trapezoidal, Rectangular
Canal	Tierra, Concreto, Mampostería	Triangular, Trapezoidal, Rectangular
Bajada	Tierra, Concreto, Mampostería	Triangular, Trapezoidal, Rectangular
Zanja	Tierra, Concreto, Mampostería	Triangular, Trapezoidal, Rectangular

Se describe a continuación la condición estructural de las cunetas, canales, bajadas de agua y zanjias de drenaje, que incluyen tres niveles:

**Tabla II.23: Condición Estructural de Cunetas, Canales, Bajadas de Agua y Zanjias de Drenaje <sup>13</sup>**

Nivel de Deterioro		Elementos Pavimentados	Elementos en Tierra
Código	Descripción		
1	Excelente	No tiene problemas. No hay necesidad de reparación	No tiene problemas. No hay necesidad de reparación
2	Preocupante	Quebrado en menos del 30% de la longitud	Tiene problema de erosión sin afectar el nivel de servicio o la estabilidad de la carretera
3	Malo	Quebrado en más del 30% de la longitud	Tiene problema de erosión que afectar el nivel de servicio o la estabilidad de la carretera

Se describe a continuación la condición funcional de las cunetas, canales, bajadas de agua y zanjias de drenaje, que incluyen tres niveles:



**Tabla II.24: Condición Funcional de Cunetas, Canales, Bajadas de Agua y Zanjas de Drenaje<sup>14</sup>**

Código	Descripción
1	Buena (Limpia)
2	Regular (Parcialmente Obstruida)
3	Mala (Totalmente Obstruida)

### g) Badenes, Túneles y Muros

Se detalla a continuación la clase y tipo de badenes, túneles y muros:

**Tabla II.25: Clase y Tipo de Badenes, Túneles y Muros<sup>15</sup>**

Clase	Tipo
Badén	Gavión, Concreto, Mampostería, Concreto ciclópeo, Piedra, Otro
Túnel	Concreto, Mampostería, Concreto ciclópeo, Roca, Otro
Muro	Gavión, Concreto, Mampostería, Concreto ciclópeo, Piedra, Otro

Se describe a continuación la condición estructural de badén, túnel y muro, que incluyen tres niveles:

**Tabla II.26: Condición Estructural de Badenes, Túneles y Muros<sup>16</sup>**

Nivel de Deterioro		Descripción
Código	Descripción	
1	Excelente	No tiene problemas. No hay necesidad de reparación
2	Preocupante	Puede tener problemas que afecten seriamente los componentes principales
3	Malo	Necesita repararse. El deterioro de elementos principales afecta la capacidad del servicio

Se describe a continuación la condición funcional de badén, túnel y muro, que incluyen tres niveles:

**Tabla II.27: Condición Funcional de Badenes, Túneles y Muros<sup>17</sup>**

Código	Descripción
1	Buena (Limpia)
2	Regular (Parcialmente Obstruida)
3	Mala (Totalmente Obstruida)



### 2.8.4.3. Otros Elementos de las Carreteras

Los elementos descritos a continuación son aquellos que se encuentran en el entorno de la carretera y que también son de vital importancia para la seguridad de los usuarios. Se consideran los grupos siguientes:

- Señalización Horizontal y Seguridad
- Señalización Vertical
- Derecho de Vía y Medio Ambiente

A continuación se describen los campos de la evaluación más importantes como la clase y tipo, además de la condición a nivel estructural y funcional, para cada uno de los elementos anteriormente mencionados. Los demás campos que complementan la evaluación, se indican en el Sistema de Gestión de Carreteras.

#### h) Señalización Horizontal y Seguridad

Se detalla a continuación la clase y tipo de señalización horizontal y seguridad:

**Tabla II.28: Clase y Tipo de Señalización Horizontal y Seguridad<sup>18</sup>**

Clase	Tipo
Señalización Horizontal	Central, Lateral, Central y Lateral
Seguridad	Guardavías y Postes Delineadores

Se describe a continuación la condición estructural de señalización horizontal y seguridad, que incluyen tres niveles:

**Tabla II.29: Condición de Señalización Horizontal y Seguridad<sup>19</sup>**

Código	Condición	Señalización Horizontal	Seguridad
1	Buena	No tiene Problemas	No tiene problemas
2	Regular	Se puede ver todavía	Dañado ó ausente en menos del 30% de la longitud
3	Mala	Apenas se puede ver	Dañado o ausente en más del 30% de la longitud

#### i) Señalización Vertical

Se detalla a continuación la clase y tipo de señalización vertical:

**Tabla II.30: Clase y Tipo de Señalización Vertical<sup>20</sup>**

Clase	Tipo
Señalización Vertical	Reglamentaria, Preventiva, Informativa, Poste Kilométrico



Se describe a continuación la condición funcional de señalización vertical que incluyen tres niveles:

**Tabla II.31: Condición, Señalización Vertical<sup>21</sup>**

Código	Descripción
1	Buena
2	Regular (Dañado pero se puede leer)
3	Mala (No se puede leer o ausente)

**j) Derecho de Vía y Medio Ambiente**

Se describe a continuación la clase, tipo, ancho y descripción de derecho de vía:

**Tabla II.32: Clase, Tipo, Ancho y Descripción de Derecho de Vía<sup>22</sup>**

Clase	Tipo	Ancho	Descripción
Derecho de Vía	Ancho Total	Ancho del Derecho de Vía	Comentario Libre
	Berma Central	Ancho de la Berma Central	Vegetación, Grava, Pavimento, Suelo
	Obstrucción	Sin Objeto	Comentario Libre
	Instalación de Servicio público	Sin Objeto	Comentario Libre
	Vereda	Sin Objeto	Comentario Libre
Zona Urbana	Regular	Sin Objeto	Nombre de la zona urbana
Punto Específico	Mala	Sin Objeto	Código del desvío, Calle, Plaza
	Otro	Sin Objeto	Texto Libre (Mercado, Edificio Público)
Cantera		Sin Objeto	Roca, Roca Meteorizada, Grava del Río, Arena

Como comentario el ancho total del derecho de vía y los datos descriptivos de las canteras son suministrados por las entidades involucradas del MTC.

**2.8.4.4. Puntos Críticos**

Se describe a continuación los fenómenos que alteran la transitabilidad de las carreteras considerados como puntos críticos

**Tabla II.33: Clase de Puntos Críticos<sup>23</sup>**

Clase	Descripción
Huayco	Derrumbe de material suelto y agua acumuladas sobre la rasante.
Erosión	Debida a un río que se ha llevado una parte o toda la rasante.
Inestabilidad de talud	Deslizamiento que resulta en un hundimiento de la rasante.



#### 2.8.4.5. Accidentes

Se describen a continuación los sectores propensos a accidentes clasificados por nivel de peligrosidad. Se consideran curvas peligrosas, presencia de gibas o resaltos, intersecciones y cruces, zonas con dunas, puentes, presencia de tachones, zonas urbanas y en general sectores que puedan afectar la seguridad del usuario.

**Tabla II.34: Clasificación de los Niveles de Peligrosidad<sup>24</sup>**

Código	Descripción
Nivel 1	Leve
Nivel 2	Significativo
Nivel 3	Fuerte

#### 2.8.4.6. Estructura del Pavimento

A continuación se describen los tipos materiales de las capas superiores de la estructura del pavimento

**Tabla II.35: Tipos de Materiales de las Capas Superiores<sup>25</sup>**

Código	Abreviación	Descripción	Tipo de Capa
1	CONC	Concreto de Cemento Portland	Pavimento Rígido
2	CASF	Carpeta Asfáltica y Base Asfáltica	Pavimento Flexible
3	TSMO	Tratamiento Superficial Monocapa	Pavimento Flexible
4	TSBI	Tratamiento Superficial Bicapa	Pavimento Flexible
5	SELL	Sello	Pavimento Flexible
6	ADOQ	Adoquines	Pavimento Flexible
7	GCOG	Grava Cohesiva Gruesa (dim. máx. > 30mm)	No Pavimentado
8	GCOF	Grava Cohesiva Fina (dim. máx. < 30mm)	No Pavimentado
9	GNCG	Grava No Cohesiva Gruesa (dim. máx. > 30mm)	No Pavimentado
10	GNCF	Grava No Cohesiva Fina (dim. máx. < 30mm)	No Pavimentado
1	GTRI	Grava Triturada	No Pavimentado
12	AREN	Arena No Cohesiva	No Pavimentado
13	EMPE	Empedrado	No Pavimentado
14	SARC	Suelo Arcilloso	No Pavimentado
15	SARE	Suelo Arenoso Cohesivo	No Pavimentado
16	SLIM	Suelo Limoso	No Pavimentado
17	NING	Ninguna Capa Sobre La Subrasante	No Pavimentado
18	OTRO	Otro Tipo	
19	DESC	Dato Desconocido	



Se describe a continuación los tipos de materiales para la base y sub base:

**Tabla II.36: Tipos de Materiales de Base y Subbase<sup>26</sup>**

Código	Abreviación	Descripción
1	GNAT	Grava Natural
2	GCLA	Grava Clasificada
3	GTRI	Grava Triturada
4	AREN	Arena
5	GCEM	Grava Estabilizada por Cemento
6	ESTR	Estructura (Puente / Pontón)
7	SARE	Suelo Arenoso Cohesivo
8	SLIM	Suelo Limoso
9	OTRO	Otro Tipo
10	DESC	Dato Desconocido

Se describe a continuación los tipos de materiales para la subrasante:

**Tabla II.37: Tipos de Materiales de Subrasante<sup>27</sup>**

Código	Abreviación	Descripción
1	SARC	Suelo Arcilloso
2	SARE	Suelo Arenoso Cohesivo
3	SLIM	Suelo Limoso
4	SRIP	Suelo Ripioso
5	SCON	Suelo Conglomerado
6	SROC	Suelo Rocoso
7	GNAT	Grava Natural
8	AREN	Arena No Cohesiva
9	OTRO	Otro Tipo
10	DESC	Dato Desconocido



Se describe a continuación los tipos de materiales para la base y sub base:

**Tabla II.36: Tipos de Materiales de Base y Subbase<sup>26</sup>**

Código	Abreviación	Descripción
1	GNAT	Grava Natural
2	GCLA	Grava Clasificada
3	GTRI	Grava Triturada
4	AREN	Arena
5	GCEM	Grava Estabilizada por Cemento
6	ESTR	Estructura (Puente / Pontón)
7	SARE	Suelo Arenoso Cohesivo
8	SLIM	Suelo Limoso
9	OTRO	Otro Tipo
10	DESC	Dato Desconocido

Se describe a continuación los tipos de materiales para la subrasante:

**Tabla II.37: Tipos de Materiales de Subrasante<sup>27</sup>**

Código	Abreviación	Descripción
1	SARC	Suelo Arcilloso
2	SARE	Suelo Arenoso Cohesivo
3	SLIM	Suelo Limoso
4	SRIP	Suelo Ripioso
5	SCON	Suelo Conglomerado
6	SROC	Suelo Rocoso
7	GNAT	Grava Natural
8	AREN	Arena No Cohesiva
9	OTRO	Otro Tipo
10	DESC	Dato Desconocido



## **2.9. INFORME TÉCNICO DE SITUACIÓN INICIAL**

### **2.9.1. ESTUDIO DE TRÁNSITO**

El tránsito es una de las variables más importantes para el análisis de los pavimentos, ya que nos permite prever la acción del tránsito sobre las vías y los efectos de éste sobre la vida útil de la carretera. El comportamiento de un pavimento (evolución del deterioro) está relacionado directamente con el volumen y los niveles de carga asociados al tránsito; influyendo en los programas de mantenimiento y conservación del camino. Es por ello la relevancia de esta variable.

Para el conocimiento de la clasificación y cuantificación del tránsito existente en las vías, su composición vehicular y su variación diaria y horaria, se realiza la recopilación de la información mediante el establecimiento de puntos de conteo dispuestos en lugares estratégicos a lo largo de los tramos de las carreteras del proyecto.

#### **a) Volumen de Tránsito Vehicular**

Tiene por objeto, cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera entre las localidades a censar, elemento indispensable para la determinación de las características de diseño del pavimento en la carretera, así como para la evaluación económica del proyecto.

La información a recoger es la siguiente:

- Volumen de tránsito por tipo de vehículo (IMDA)
- Factores de equivalencia de carga para los vehículos pesados
- Tasas de crecimiento anual por categoría de vehículo

En esta actividad se debe definir las estaciones de control, a fin de ejecutar los conteos de volumen de tráfico vehicular con la finalidad de determinar el volumen vehicular en un punto específico de la vía o intersección. La información es recogida diferenciando composición vehicular, direccionalidad y periodos de conteo (diario). La medición se realiza en un mínimo de 7 días durante las 24 horas.

La siguiente figura muestra los esquemas de vehículos según su clasificación extraída del *Manual de Tránsito del Sistema de Gestión de Carreteras*.





### **b) Índice Medio Diario Anual (IMDA)**

El IMDA, representa el tránsito promedio diario anual, se determina como el promedio aritmético del volumen de tránsito de los siete días (tránsito promedio diario semanal), para los cuales se realizó el conteo, multiplicado por el factor de corrección estacional (FCE).

### **c) Factores de Corrección**

Puesto que el conteo del flujo vehicular se realiza a través de una muestra en un período corto, en este caso de una semana, debe tener una validez a nivel anual, por lo que se hace necesario estimar el comportamiento anualizado de ese tránsito. Para ello se deben determinar factores o coeficientes de corrección que permiten expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

Se sabe que el comportamiento de los volúmenes de tránsito es dinámico y sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, por lo que es necesario conocer la periodicidad de este comportamiento en las horas del día, en los días de la semana y finalmente en los meses del año, según sea el caso.

Entre los factores de corrección, que ajustan el volumen de una muestra, se pueden distinguir los Horarios, Diarios y Mensuales o Estacionales.

#### **▪ Factor de Corrección Horaria**

El factor de cada hora relaciona el volumen en cada una de ellas con el volumen horario promedio del día.

#### **▪ Factor de Corrección Diario**

El factor de corrección por día relaciona el volumen diario con el promedio de la semana.



## **2.10. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**

Esta actividad permite determinar la deflexión central o el cuenco de deflexiones, registrado a través de la aplicación de una carga que simula el efecto tensional que se ve sometido el pavimento ante el paso de los vehículos. Con el postproceso de información a través del retroanálisis se puede identificar el aporte estructural de cada una de las capas que conforma el pavimento e identificar la capa que determina la existencia de la falla.

La auscultación estructural de carreteras es una técnica que proporciona un conocimiento detallado del estado de los pavimentos, lo que permite efectuar el monitoreo de su comportamiento a través del tiempo y programar el mantenimiento de un modo racional y más económico.

La metodología de auscultación estructural ha ido variando con el tiempo en función de los continuos avances de la tecnología y se requiere que los nuevos equipos de medición permitan la evaluación sistemática de los parámetros característicos del pavimento, posibilitando un buen rendimiento operacional y que su trabajo interfiera lo menos posible con el uso normal de la carretera.

La importancia de la evaluación estructural se resume en la variedad de datos que resultan del procesamiento de estos:

- Evaluar la capacidad de soporte.
- Parámetros de resistencia de diversas capas.
- Evaluar la condición de estructura del pavimento.

### **2.10.1. INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS**

El comportamiento de un pavimento no solo depende de las propiedades del suelo a nivel de la subrasante, también influyen las características de cortes, terraplén, que pueden llegar a ser aspectos importantes dentro de la operación de la infraestructura.

La construcción de un camino supone la ejecución de movimientos de tierra con una sucesión de cortes y terraplenes que permitan entregar una rasante adecuada para la circulación de vehículos. Debido a que estas obras son muy extensas, durante su avance se concentran condiciones topográficas y de suelos muy diferentes. No resulta posible detenerse en cada punto a realizar una verdadera investigación de suelos, como es el caso de obras "concentradas".



El ingeniero de caminos debe conformarse muchas veces con reglas simples que le aseguren un comportamiento relativamente estable de las obras. En el diseño de las obras de tierra debe tenerse en cuenta una serie de factores que se conjugan: costos de construcción, costos de mantenimiento, seguridad del usuario, requerimiento en cuanto al mantenimiento permanente de la vía.

Normalmente para el análisis de los problemas asociados a suelos se dividen en:

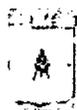
- Estabilidad de cortes
- Estabilidad de terraplenes

Cabe destacar que la presencia del agua, sea esta en forma de "agua libre superficial" o de "agua subterránea", representa un factor importante en los problemas de estabilidad y por lo tanto debe ser un aspecto de suma importancia al momento de diseñar, construir y operar la infraestructura vial.

#### **2.10.1.1. Estabilidad de cortes**

Existe una gran cantidad de clasificaciones que se pueden adoptar en relación a los movimientos de masas que ocurren en los cortes según se considere la clase de material, tipo de movimientos, causas que originan, etc. El comité para investigaciones de movimientos de tierras, dependiente del Highway Reseca Borrada de Estados Unidos, estableció una división en tres grupos principales: desprendimientos, deslizamientos y flujos. Un cuarto grupo, deslizamientos complejos, es una combinación de los otros grupos indicados.

- a) Desprendimientos.** Tanto en los desprendimientos de roca como de suelos, la masa se mueve rápidamente a través del aire en caída libre. No existe un movimiento lento que preceda al desprendimiento. Se presenta principalmente en las rocas afectadas por desintegración y descomposición, fallando en los planos o superficies más débiles. Actualmente, la mecánica de rocas no se encuentra suficientemente desarrollada en que respecta a teorías cuantitativas, como ser usada en aplicaciones prácticas en diseño de taludes. Esta deficiencia es suplida por la experiencia.
- b) Deslizamientos.** En los deslizamientos, el movimiento de la masa es el resultado de una falla de corte a lo largo de una o varias superficies. Se presenta en material de comportamiento elástico o semiplástico.



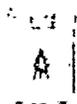
- c) **Flujos.** En el movimiento del suelo designado como flujo, la masa de éste tiene la apariencia de un líquido viscoso. El flujo puede ser de dos tipos: Flujo Seco, éste no es difícil de reconocer después que ha ocurrido pero resulta prácticamente imposible de predecir en forma anticipada. Es muy común en arenas uniformes y limos de textura uniforme. Se presenta también en roca fragmentada característico de zonas cordilleranas. El flujo seco se activa normalmente por movimientos sísmicos u otro tipo de vibraciones, impactos o debilitamiento de alguna sección tal talud por erosión. Es usual observarlos durante el secamiento de taludes en arenas que se mantenían estables debido a la cohesión aparente proporcionada por la humedad. En general, es suficiente una capa cohesiva relativamente delgada para estabilizar este tipo de taludes.

Flujo Húmedo, el flujo húmedo ocurre normalmente en suelo tipo arenas finas y limos. Se genera por un exceso de agua que hace perder al suelo su estabilidad interna. Normalmente se inicia debido a lluvias de gran intensidad o a derrames concentrados de agua y se hace presente en los sectores donde ha sido removida la capa vegetal del suelo. La protección del camino para estos casos se logra estabilizando el talud con suelo vegetal, productos asfálticos o materiales de cemento. Además, deben sellarse las posibles grietas del terreno y evitar el agua de derrames sobre el talud.

#### **2.10.1.2. Estabilidad de terraplenes**

La estabilidad de los terraplenes o rellenos en obras viales puede ser afectada por diferentes causas. Prevenir los daños correspondientes significa normalmente adoptar métodos de diseño y constructivos de menor costo que los que corrientemente se utilizan cuando las fallas han tenido lugar. La siguiente clasificación de fallas son propuestas:

- a) **Erosión y Deslizamientos locales en taludes.** Este tipo de fenómeno se manifiesta debido a fallas por corte con desplazamiento y grietas de tracción en el coronamiento del terraplén. Su causa principal es la acción del agua superficial, en el material de relleno, produciendo disminución de la resistencia del suelo por efecto del agua, aumento de peso de la masa de suelo, generación de presión hidrostática y fuerzas de flujo y debilitamiento de la superficie resistente al corte.



- b) Corrimiento en laderas de cerros.** La construcción de terraplenes sobre planos inclinados trae normalmente acompañado problemas de corrimiento de masa de suelo. La experiencia nos indica que para pendientes mayores a 1:5 (v/h), ocurren anomalías de este tipo. La razón de ello es durante la construcción del terraplén se produce un debilitamiento en el plano de contacto entre el suelo natural y el terraplén, agravado por la acción del agua. Este fenómeno es particularmente claro en secciones mixtas (corte-terraplén), donde la sección de corte permanece estable.
- c) Disminución de los huecos del suelo de relleno.** Durante el proceso de compactación de rellenos para terraplenes se produce una importante reducción de huecos en las masas del suelo. Este acomodo de las partículas sólidas continúa largo tiempo, aún después que el proceso mecánico de compactación se termina, traduciéndose en una deformación superficial de la rasante del camino. La magnitud de esta deformación depende básicamente de dos factores: grado de compacidad inicial y altura de terraplén.
- d) Hundimiento por consolidación del suelo de fundación.** La colocación de un terraplén sobre la superficie del terreno genera un aumento de las presiones efectivas en las capas subyacentes del suelo. Si este es de carácter compresible, la sobrepresión impuesta ocasiona una disminución de volumen con expulsión de agua de los poros. El cuantificar la magnitud de los asentamientos superficiales debido a este efecto supone, por una parte, calcular correctamente la sobrepresión impuesta por el peso del terraplén a diferentes profundidades y, por otra, aplicar la teoría y ensayos de suelo que sean más representativos.
- e) Flujo plástico del suelo de fundación.** Este fenómeno es característico de suelos blandos o de baja consistencia y se presenta como una deformación continua, derivada de un esfuerzo de corte constante. Esta forma de falla ocurre por una concentración de esfuerzos en un punto del suelo de fundación de un terraplén que alcanza el valor del esfuerzo máximo de resistencia de corte del suelo. Se manifiesta como hundimiento del terraplén acompañado de solevantamiento del terreno adyacente. Debe recordarse que, a diferencia de la consolidación, la deformación o cambio de forma de suelo se produce sin disminución de volumen.



- f) **Asentamiento por vibraciones y licuación del suelo.** Es sabido que determinados suelos que son sometidos a sollicitaciones dinámicas, tales como vibraciones, impactos, sismos, etc. Tienden a densificarse disminuyendo de volumen. Si estos suelos tiene baja permeabilidad, la tendencia a la densificación se traduce en un incremento de presión de la fase fluida, que puede crecer hasta un punto en que iguale a la presión total, llegando a anular a la presión efectiva o presión de contacto entre los granos. En estas circunstancias un suelo de características granulares pierde totalmente su capacidad de soporte. En el caso de las arenas finas y limos saturados, el aumento de presión en la fase fluida que no alcanza a drenar durante el corto tiempo que dura una carga, puede llevar al suelo transitoriamente al estado de licuación con el consiguiente hundimiento de las estructuras apoyadas en él.

### 2.10.1.3. Métodos de evaluación estructural

Las propiedades de los materiales se pueden obtener de diversas maneras:

- Estimación o uso de nomogramas 27 con correlaciones estadísticas.
- Comparación con materiales "Estándar" de características similares.
- Mediciones "in situ" basándose en ensayos no destructivos (NDT).
- Ensayos de laboratorio combinado con ensayos destructivos. El ensayo destructivo requiere el retiro físico o el daño de material de capa de pavimento para obtener las características de los materiales mediante ensayos de laboratorio.

En la actualidad mayormente se utilizan las dos últimas opciones mencionadas.

**Figura II.4: Ensayos destructivos (calicata)**





**Figura II.5: Ensayos no destructivos (FWD)**



## **2.10.2. La Deflexión**

### **2.10.2.1. Concepto de la deflexión**

Como se ha indicado el pavimento es una estructura constituida por varias capas y materiales (multicapa) que al ser sometida a una determinada sollicitación, normalmente una carga ortogonal al pavimento que produce un estado de tensiones y deformaciones, se desplaza en sentido vertical en magnitudes muy pequeñas (del orden de centésimas o milésimas de milímetro). Este desplazamiento vertical se conoce con el nombre de deflexión. El análisis de la estructura caracterizada por un modelo de cálculo, permite determinar el desplazamiento teórico y compararlo con el desplazamiento obtenido mediante técnicas de reconocimiento con equipos que miden las deflexiones que se producen bajo una carga de ensayo.

La deflexión es una característica de cada tipo y estado del pavimento que está intrínsecamente relacionada con los valores de los módulos de las capas. Existiendo una correspondencia entre los valores de los módulos y los valores de la deflexión.

### **2.10.2.2. Análisis de deflexión**

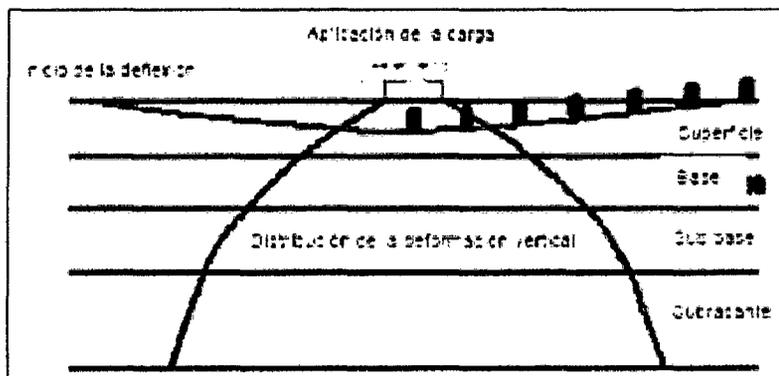
La medición de las deflexiones se utiliza ampliamente para conocer la capacidad estructural de los pavimentos en campo, y dentro de la tecnología de pavimentos, particularmente en la evaluación estructural de los mismos existen diversas metodologías y equipos para tales propósitos.



La literatura especializada en pavimentos proporciona información acerca de la medición de deflexiones en pavimentos localizadas directamente en el punto de aplicación de la carga o alejadas de él, a partir de una carga estática conocida, de una vibratoria o de una por impulso. Las deflexiones se miden con transductores que determinan el movimiento vertical de la superficie de un pavimento ante un impacto.

Actualmente, existen diversos procedimientos para la medición de deflexiones en pavimentos de concreto asfáltico, en concreto hidráulico, e incluso en una combinación de ellos. Los pavimentos rígidos pueden ser sin refuerzo, una con juntas, con refuerzo en las juntas, o concretos reforzados de manera continua.

**Figura II.6: Representación de un ensayo no destructivo, en donde se aprecia la distribución de las deformaciones en las diferentes capas de un pavimento**



Los ensayos realizados mediante esta metodología, son por su naturaleza denominada no destructivos NDT (Non Destructive Test). Los ensayos no destructivos de deflexiones proporcionan información que se utiliza para la evaluación estructural de los pavimentos. Además, los resultados de dichas deflexiones pueden emplearse a su vez en las siguientes características de los pavimentos:

- Rigidez combinada de los sistemas de pavimentos.
- Módulo efectivo de la subrasante.
- Espesor efectivo, número estructural o valor de soporte del suelo.

Dichos parámetros pueden utilizarse en el análisis y diseño de la rehabilitación y reconstrucción de pavimentos rígidos y flexibles; evaluación de la capacidad estructural, incluyendo la eficiencia de las juntas en pavimentos de concreto



hidráulico; detección de oquedades en pavimentos de concreto hidráulico; y/o para fines de inventario estructural de la red.

### **2.10.2.3. Propósito del análisis de deflexión**

El análisis de deflexión proporciona una técnica capaz de utilizar el módulo elástico equivalente de una estructura de pavimento en lugar de obtener el módulo resiliente en laboratorio de muestras pequeñas, y en algunas ocasiones de muestras alteradas.

### **2.10.2.4. Evolución de los ensayos de deflexión**

El concepto de auscultación estructural no destructiva puede ser establecido a partir de los ensayos de placa de carga y del desarrollo de la conocida Viga Benkelman en los años 50. La idea de ligar la medida de la deflexión superficial del pavimento con la evaluación estructural del mismo ha dominado esta actividad desde aquellos años. La principal aplicación de la medida, no destructiva, de la deflexión desde los primeros días fue el dimensionamiento del refuerzo del pavimento. La medida de la deflexión incrementa su importancia al comienzo de los años 70 cuando el concepto de Sistema de Gestión de Carreteras (SGC) fue introducido en la ingeniería de pavimentos y la necesidad de disponer de SGC se incrementa entre las autoridades de carreteras y los profesionales de los pavimentos en todo el mundo.

Los ensayos de medida de la deflexión con equipos han sufrido con el tiempo transformaciones haciéndose más sofisticado. Versiones automáticas de la Viga Benkelman se construyeron en los años 60, el deflectómetro móvil de California y el Deflectógrafo Lacroix francés fueron los representantes de esta generación de equipos de medida de la deflexión. A mediados los años 70 la demanda de equipos más rápidos y efectivos que se necesitan para los SGC originó el desarrollo de equipos vibratorios en régimen permanente, tales como el Dynaflect y el Road Rater. A final de los años 80 los deflectómetros de impacto (FWD) fueron ganando popularidad y difusión e incrementando la aceptación de los investigadores y profesionales de los pavimentos debido a su mejor representación de la cargas del tráfico respecto a sus antecesores, convirtiéndose en el equipo de referencia para la mayoría de las administraciones de carreteras europeas y americanas.

Dos tecnologías más avanzadas de medida de las deflexiones están siendo actualmente exploradas por los investigadores. Una es el Deflectómetro Rodante (RWD) y la otra es un Deflectógrafo de Alta Velocidad (HSD) basado en la utilización de sensores de rayos láser. El RWD es un equipo instalado en un



vehículo que mide continuamente la deflexión máxima del pavimento bajo una carga en movimiento. Actualmente el equipo puede realizar medidas a la velocidad máxima de 10 km/h con cargas hasta 220 kN, o de 32 km/h hasta 40 kN por rueda. Se está desarrollando una versión de hasta 80 km/h. El Deflectógrafo de alta velocidad (HSD) se está desarrollando para medida continua de deflexión en el rango de 20-70 km/h. Ambos equipos poseen el potencial de llegar a desplazar a los FWD en el deseable futuro de realizar la medida de las deflexiones a las velocidades normales del tráfico.

#### **2.10.2.5. Tipos de modelos de carga para análisis de deflexión**

La carga aplicada puede ser modelada como: una carga cuasiestática, una carga móvil, una carga vibratoria o una carga de impulso.

Las evaluaciones realizadas en el Proyecto son con una carga de impulso.

##### **2.10.2.5.1. Modelo de carga de impulso**

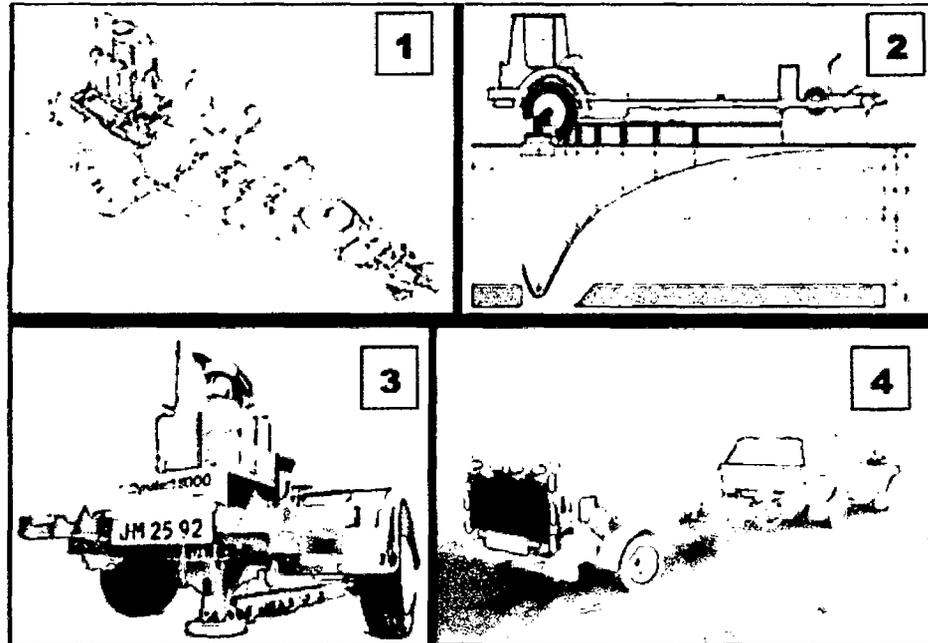
Los deflectómetros de impacto (FWD) son equipos constituidos por una masa que se deja caer por gravedad, desde una altura determinada, sobre una placa, provista de un sistema de distribución, que transmite la carga de manera uniforme a la superficie sobre la que se apoya. El equipo mide la deflexión producida en la superficie del pavimento al aplicarle una carga vertical preestablecida, registrando el pico o valor máximo del desplazamiento vertical en el punto de aplicación de la carga, así como en una serie de puntos separados secuencialmente, para obtener el cuenco de deflexiones. La principal ventaja de este equipo es, precisamente, que permite la obtención del cuenco de deflexiones, además de tratarse de un ensayo relativamente rápido y sencillo. Además, su forma de aplicar las cargas es la que más se aproxima a las solicitaciones de tráfico real.

Estos equipos están diseñados para simular la aplicación de la carga transmitida por eje de un camión circulando a una velocidad entre 65 a 80 km/h.

El Deflectómetro de Impacto modelo Dynatest 8082-023 HWD (ver Figura), es un equipo que aplica una carga de impacto a la superficie del pavimento, determinando las deflexiones verticales (cuenco de deflexiones) producidas en él. El equipo HWD permite generar cargas hasta 240 kN (24 toneladas), funcionando con nueve geófonos o sensores de deflexión.

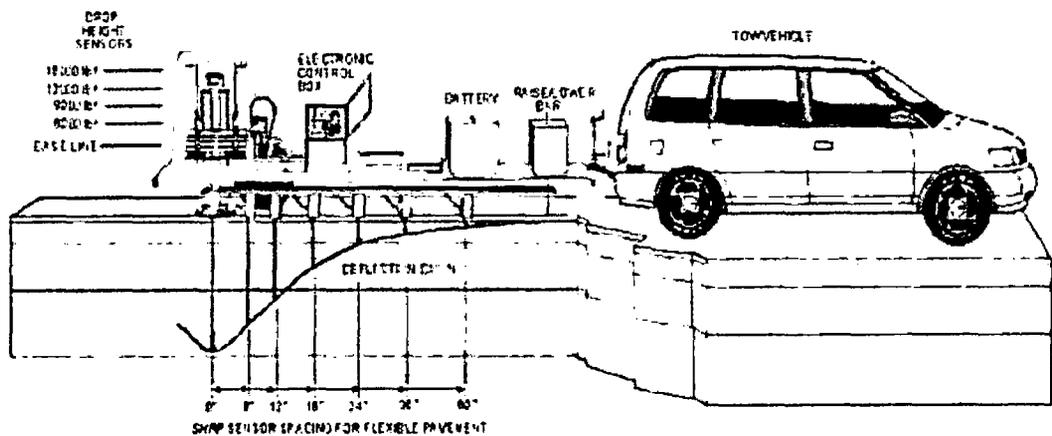


**Figura II.7: Esquema isométrico FWD, Curva de deflexiones, Placa en posicionamiento para ensayo, Desplazamiento del FWD hasta el punto de ensayo**



A través del análisis de este cuenco se obtiene información de la rigidez de la estructura de pavimentos y su suelo de fundación, siendo ella muy importante para definir la condición de la estructura a lo largo del proyecto. Lo anterior es fundamental para evaluar actividades de rehabilitación o control de calidad.

**Figura II.8: Componentes del Deflectómetro de Impacto Dynatest**





Con estos ensayos, más la información de mecánica de suelos y los espesores de las capas que conforman la estructura de pavimentos, será posible realizar el proceso de retroanálisis, método mediante el cual se obtienen las características o parámetros que son representativos de la condición estructural de cada capa.

Entre las características más relevantes se encuentran:

- i. **Deflexión máxima normalizada a una carga de 50 kN y una temperatura de 20°C  $D_0@50kN$  y 20°C:** Representa la deflexión vertical de la superficie del pavimento bajo el punto donde se aplica la carga. Este parámetro es un indicador general de la condición estructural de los pavimentos, cuyo principal uso es definir tramos que presenten diferentes características estructurales.
- ii. **Área del Cuenco de Deflexiones:** Herramienta de gran interés para observar la capacidad estructural del pavimento de una carretera. Este parámetro representa la capacidad que tiene la estructura del pavimento para mitigar los esfuerzos y deformaciones producidos por las cargas de tránsito circulantes por su superficie.

De la observación del valor del Área y de la Deflexión Máxima se han establecido tendencias sobre el estado del pavimento las cuales se exponen en la siguiente tabla.

Tabla II.38: Valores de los parámetros estructurales

Área	Deflexión Máxima ( $D_0$ )	Conclusiones
Bajo	Bajo	Estructura débil, suelo fuerte
Bajo	Alto	Estructura débil, suelo débil
Alto	Bajo	Estructura fuerte, suelo fuerte
Alto	Alto	Estructura fuerte, suelo débil

A continuación, se muestra la tabla con los valores típicos del Área, la cual recoge valores propios para diferentes tipos de estructuras (*Publicación: Development of a Computer Program for Determination of the Area Value and Subgrade Modulus using FWD Test*).



**Tabla II.39: Valores típicos del Área**

Tipo de Estructura	Área (mm)
Pavimento Rígido	610 – 840
Pavimento Flexible, espesor > 10 cm	530 – 760
Pavimento Flexible, espesor < 10 cm	410 – 530
Tratamiento Superficial	380 – 430
Tratamiento Superficial Débil	300 – 380

- iii. **Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación MR:** Representa el módulo elástico del suelo en el cual se funda la estructura de pavimento luego de aplicar cargas cíclicas sobre él. Este parámetro se utiliza en los diseños de pavimentos asfálticos y de recapado asfáltico sobre hormigón.

Para corregir el módulo elástico retroanalizado a módulo resiliente se utiliza el factor C calculado según las relaciones que se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla II.40: Valores del Factor de Corrección C**

Plataforma de Fundación	Factor C
Suelos finos	0.33
Suelos granulares	1.0
Terraplén granular sobre suelo fino	$C = 0.33 + 0.67 \times h/2$ $0 < h < 2 \text{ m}$
Terraplén fino sobre suelo granular	$C = 1.0 - 0.67 \times h/2$ $0 < h < 2 \text{ m}$

h: Altura de terraplén.

Para  $h > 2 \text{ m}$ ., utilizar 0.33 ó 1.00 según corresponda, esto es, de acuerdo al tipo de terraplén existente.

- iv. **Número Estructural Efectivo NEef:** Se obtiene del retroanálisis de los pavimentos asfálticos y considera tanto las capas asfálticas como las granulares. El número estructural es un concepto introducido en la prueba AASHTO para caracterizar la capacidad estructural de los pavimentos asfálticos, y utilizado por el método AASHTO para el diseño de pavimentos de asfalto.

## 2.11. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

La evaluación funcional está relacionada a la superficie del pavimento y a las características subterráneas y las propiedades que definen la suavidad de la calzada, o a aquellas características de la superficie que definen la resistencia de fricción u otras características de seguridad de la superficie del pavimento.

Debido a la complejidad conceptual para reconocer la funcionalidad de un pavimento, fue necesario dividir los parámetros indicadores en este capítulo en dos partes: Serviciabilidad y Seguridad.



### 2.11.1. Serviciabilidad de los Pavimentos

La medición de la calidad de un pavimento, presenta una dificultad conceptual porque depende de para qué se está evaluando, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición funcional de sus superficie. Aunque esto se tenga resuelto, si no se utilizan herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no serán comparables con las mediciones hechas por otra persona, ni entre un pavimento y otro. Para resolver esta dificultad en 1959 se desarrolló la prueba AASHO el cual se explica a continuación a partir de las suposiciones básicas:

- El pavimento debe proporcionar confort y seguridad al usuario.
- El confort y la calidad de rodado es una aspecto subjetivo o de opinión del usuario.
- La serviciabilidad puede determinarse a partir del promedio de las evaluaciones de todos los usuarios. Este promedio da origen al Present Serviciability Rating (PSR), el cuál por naturaleza tiene carácter subjetivo.
- Hay algunas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente y pueden relacionarse con las evaluaciones subjetivas.

Este procedimiento permite obtener un índice objetivo denominado Present Serviciability index (PSI).

El comportamiento del pavimento puede ser representado por la historia de la serviciabilidad de dicho pavimento.

En el ensayo de AASHO, la serviciabilidad se cuantificó inicialmente a través del "Present Serviciability Rating" (PSR), el cual es obtenido mediante la evaluación de un grupo de conductores que manejaban en el pavimento y clasificaban su condición en una escala de 0 a 5, de Muy Mala a Muy Buena, respectivamente. Dicha clasificación se presenta a continuación

**Tabla II.41: Clasificación de la condición de la Serviciabilidad según AASHO<sup>29</sup>**

PSR	Condición
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy Buena

<sup>29</sup> Determinación del Índice de Regularidad internacional IRI: Ministerio de obras Públicas de El Salvador.



En vista que dicha metodología contenía aspectos subjetivos, dentro del proyecto de AASHO Road Test, se realizaron correlaciones entre el PSR y mediciones objetivas de la condición del pavimento, en las cuales se consideraban características de regularidad, agrietamiento, baches y ahuellamiento, lo que contribuyó a determinar el Present Serviciability Index (PSI). La determinación de la rugosidad, se realizó mediante el cálculo de la varianza de la pendiente longitudinal (SV), la cual corresponde a la varianza de las medidas de desnivel del perfil longitudinal, medido con un equipo denominado perfilómetro.

El índice de Serviciabilidad se registró periódicamente para cada uno de los circuitos de prueba de la experiencia AASHO, durante todo el tiempo en que ésta se realizó. Este registro constituyó la historia del comportamiento del pavimento desde su puesta en servicio hasta el fin de la prueba, reflejada en un indicador único que, incluyendo parámetros de deterioro físico, estima el nivel de servicio al usuario en cada momento de la prueba.

En la década de los 70's, el Banco Mundial (World Bank) financió diferentes programas de investigación a gran escala, entre los cuales se encontraba un proyecto relacionado con la calidad de las vías y los costos a los usuarios, a través del cual se detectó que los datos de regularidad superficial de diferentes partes del mundo no podían ser comparados; aún datos de un mismo país no eran confiables, debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo.

La existencia de dicha situación, motivó al Banco Mundial a desarrollar el proyecto Internacional Road Roughness Experiment (IRRE), en Brasil el año de 1982, en la cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica, donde se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para un número de vías bajo diferentes condiciones y por una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la rugosidad superficial, el cual satisface completamente los criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante, denominado: "Índice de Rugosidad Internacional" (IRI, International Roughness Index). Dicho parámetro constituye en la actualidad uno de los controles de recepción más importantes, relacionados con el nivel de regularidad de los pavimentos, que se refleja en el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación para los usuarios; así como disminución de los efectos dinámicos en el pavimento.



### 2.11.2. El Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

La definición de IRI (Índice de Rugosidad Internacional) es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento, representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (IRI=0) y el perfil longitudinal real existente. El rango de valores del IRI determinado por la AASHTO relacionado con los valores de serviciabilidad se considera entre 0 a 8 m/km. Valores mayores a 8 m/km reflejan un pavimento con estado de serviciabilidad "muy malo" (serviciabilidad de 0-1). El IRI se mide en el sentido de circulación, en forma continua.

Para esta evaluación se realizará con el perfilómetro láser.

### 2.11.3. Equipos para Evaluar la Rugosidad

#### 2.11.3.1. Perfilómetro láser

La rugosidad queda definida, por mediciones del perfil por pista, realizadas con perfilómetro láser, de acuerdo al estándar ASTM E 950-94. Este equipo mide en el sentido de circulación, en forma continua y sin interrumpir el tránsito.

Una vez registrado el perfil se calcula el IRI en m/km. para secciones de 20 m de longitud, con el objetivo de facilitar la identificación de los topónimos en la vía. Luego de identificar los topónimos se debe excluir los puentes u otras singularidades que afectan la medición, calculando luego el IRI para secciones de 200 m, finalmente se obtiene la media móvil (MM) que se calcula con 5 tramos consecutivos de 200 m.

Figura II.9: Perfilómetro Láser ARRB, modelo Hawkeye 1000





**Tabla II.42: Ejemplo de Equipos de Medición de Rugosidad**

CLASE	EQUIPOS
<b>CLASE I</b> Perfilómetro de precisión	Perfilómetro láser  Equipos de operación portátil TRL beam, Face Dipstick/ROMDAS Z-250 ARRB Walking profiler
<b>CLASE II</b> Otros métodos perfilométricos	APL Profilometer, Profilographs (California, Rainhart) e inertial Profilers
<b>CLASE III</b> IRI estimado a partir de ecuaciones de correlación	Roadmaster, ROMDAS, TRL bump Integrator ARRB Roughometer
<b>CLASE IV</b> Alcances subjetivos, mediciones sin calibrar	Inspección visual, codificación

En la Tabla adjunta se muestra la clasificación del estado vial en base al valor de la regularidad:

**Tabla II.43: Estado Vial según la Regularidad<sup>30</sup>**

Estado	Pavimentadas	No Pavimentadas
	Regularidad	Regularidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2.8 < IRI \leq 4.0$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$4.0 < IRI \leq 5.0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 < IRI$

#### 2.11.4. Relaciones entre PSI e IRI

La relación entre la Serviciabilidad y la Rugosidad se establece a partir de los valores de rugosidad y los resultados de PSR. El IRI es el Índice de Rugosidad Internacional, que fue obtenido en cada tramo a través de un Perfilómetro láser y que se expresa en m/km. Se debe recordar que el IRI del Tramo es el promedio del IRI sobre el perfil de cada huella, y considerando para la longitud total del tramo que debe ser 400 metros.

El PSR es el promedio para cada tramo de las calificaciones individuales de los miembros del panel evaluador. Cuando se establecen ecuaciones que predicen los valores de PSR a partir de mediciones objetivas como las de Rugosidad, entonces se



habla de PSI o “Present Serviciability index” para diferenciarlo del “Present Serviciability Rating” que proviene directamente del panel de usuarios.

#### **Modelo empleado por el HDM III (Paterson 1987)**

$$PSI = 5 \times e^{(-IRI/5.5)}$$

#### **Modelo desarrollado por B. Al-Omari y M.I. Darter (1994)**

$$PSI = 5 \times e^{(0.26 IRI)}$$

#### **Modelo desarrollado por Dujisin – Arroyo (1995)**

$$PSI = 7.10 - 2.19 (IRI)^{0.5} \text{ Concreto Hidráulico}$$

$$PSI = 5.85 - 1.68 (IRI)^{0.5} \text{ Asfalto}$$

## **2.12. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

### **2.12.1. Textura**

La textura de la capa de rodadura ejerce una influencia directa en la adherencia de los neumáticos de los vehículos a la superficie. Es un criterio importante para la seguridad de los usuarios. Se puede calificar por:

- La microtextura relacionada con el tipo de agregados, la cual se mide por ensayos de rozamiento.
- La macrotextura relacionada con las irregularidades verticales milimétricas de la capa de rodadura, la cual se mide por ensayos directos para evaluar la profundidad promedio de dichas irregularidades.

### **2.12.2. Equipos para Evaluar la Textura**

Dentro de las funciones del Perfilómetro se encuentra la Evaluación de la Textura superficial del pavimento, en la cual mediante láser va captando la Profundidad de Textura Medida con Sensor (SMTD: Sensor Measured Texture Depth) del perfil del camino. Una vez registrado el perfil se calcula el SMTD del pavimento en milímetros, a través de un procedimiento estándar para secciones de 20 m de longitud, con el objetivo de facilitar la identificación de los topónimos en la vía.



Luego, se identifican las singularidades del camino tales como los puentes, cambios de pavimento u otras singularidades que afectan la medición, y los cuales no se consideran para efectos de la evaluación. Posteriormente se calcula el SMTD para secciones de 200 m.

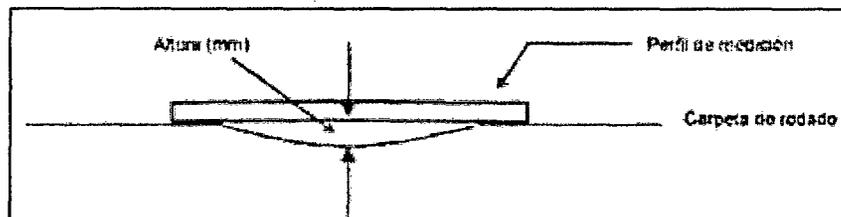
En los formatos SIC 30 y 31 se incluye en forma tabular los registros del macrotextura cada 200 metros y 20 metros, respectivamente, los cuales se detallan en el Anexo C.

### 2.13. EVALUACION AHUELLAMIENTO EN EL PAVIMENTO

El ahuellamiento corresponde a una deformación vertical permanente del pavimento asfáltico que se refleja en el perfil transversal y que se presenta como un surco longitudinal a lo largo del camino bajo las huellas de rodado.

Geométricamente se define como la máxima depresión por huella en el sentido perpendicular al eje del camino.

Figura II.10: Ahuellamiento



El ahuellamiento fue medido con un Perfilómetro de Ultrasonido (Transverse Profile Logger, TPL), el cual se presenta en la siguiente Figura.

El TPL es un equipo que consta de treinta sensores de ultrasonido que permiten obtener el nivel de ahuellamiento del camino a partir del registro del perfil transversal estimado del camino. Una vez registrado el perfil se procede a identificar los topónimos en la vía, para luego identificar las singularidades del camino tales como puentes u otras singularidades que afectan la medición, las que no se consideran para efectos de la evaluación. Posteriormente se calcula el ahuellamiento promedio para secciones de 200 m de longitud.



Figura II.11: Transverse Profile Logger, TPL

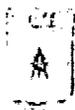


## 2.14. SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS

### 2.14.1. Antecedentes

Los primeros en advertir la necesidad de mantener y administrar las vías fueron los romanos, quienes debían administrar una compleja red que consistía en distintos tipos de calzadas. La administración del sistema era perfecta, en las provincias dependía de los gobernadores y en cada zona municipal de los magistrados locales. La conservación se realizaba en forma permanente por una organización de capataces y camineros, además se debe agregar que la circulación estaba debidamente controlada, ya que se fijaban el número de animales de tiro, y la dimensión y la forma de los vehículos.

En definitiva, se generó un sistema de gestión adecuado a la época que cumplía con el objetivo de mantener en óptimas condiciones la Red Vial. Otro precursor, y tal vez el iniciador de un sistema de gestión de pavimentos moderno, fue Pierre M. Jerome Tresaguet (1716-1796). Inspector General de Caminos de Francia desde 1775, quien reconoció la necesidad de un mantenimiento permanente y continua de las vías para un servicio apropiado; él, con el apoyo de Napoleón, generó el desarrollo de un gran sistema de caminos franceses.



En Estados Unidos durante 1920, se dio inicio a la organización de un esfuerzo de investigación en el área de los pavimentos, con el fin de mejorar el diseño, el mantenimiento y construcción de caminos. El desarrollo de la investigación comprendió una variedad de estudios empíricos y teóricos, entre los que se incluyen principalmente los desarrollados en los años 1950 y 1960 por la American Association of State Highway Officials (AASHTO). A partir de esa investigación se han desarrollado programas de mantenimiento, los que con el tiempo se siguen ejecutando, habiendo variado sólo en su nivel de detalle y formalidad, así como en el nivel de tecnología utilizado, el cual ha ido avanzando aceleradamente permitiendo adecuar las estrategias a dichos avances. Un punto clave en el tema es la introducción de las computadoras, las que han permitido el desarrollo de procesos con un amplio número de datos, con extensos cálculos, simulaciones y otros; que han facilitado la labor apreciablemente.

La misión moderna de la gestión de pavimentos como la conocemos en la actualidad nace de un estudio de la AASHTO en 1966, a través de un programa de investigación. "National Cooperation Highway Research Program" (NCHRP), con la idea de proveer las bases teóricas para extender los resultados de la famosa prueba AASHTO realizada en Ottawa, Illinois, entre 1958 y 1961. Haas y Hudson en su libro "Pavement Management System" publicado en 1978, introdujeron definitivamente este concepto en la Ingeniería Vial.

#### **2.14.2. Los pavimentos y su necesidad de conservación**

Los pavimentos tienen por propósito servir al tránsito en forma segura, confortable y eficiente, por tal motivo es importante realizar labores de conservación adecuadas y oportunas sobre ellos.

El concepto de conservación de pavimentos significa la acción de cuidar que su aptitud de servicio se prolongue durante el tiempo requerido, lo cual implica un esfuerzo de preocupación de los encargados y un desembolso de recursos importante por parte de la agencia responsable. Los caminos son vitales para la comunidad y afectan el bienestar económico y el desarrollo de la misma, por este motivo los administradores tienen la responsabilidad de dar al público el mejor servicio posible con los fondos disponibles. Los caminos son uno de los subsistemas del sistema global de transporte, a él se agrega el subsistema de vehículos que transitan por la vía, formando ambos lo que se conoce como el costo global del sistema de transporte. Dentro de dicha premisa se inserta la necesidad de construir caminos de buena calidad e intervenir en ellos cada vez que sea necesario, a fin de mantener las condiciones apropiadas para los usuarios.



Mientras exista demanda de parte de ellos, es conveniente crear y seguir un esquema de conservación de la red que garantice lo siguiente:

- Adecuada conservación de los caminos de la red a un costo apropiado.
- Que la red vial sea mantenida siguiendo un programa de largo plazo.
- Que se optimice los costos y beneficios del sistema, racionalizando el uso de recursos.
- Que exista un permanente control de los efectos sobre el medio ambiente
- Que se implemente un control de la efectividad de la conservación.

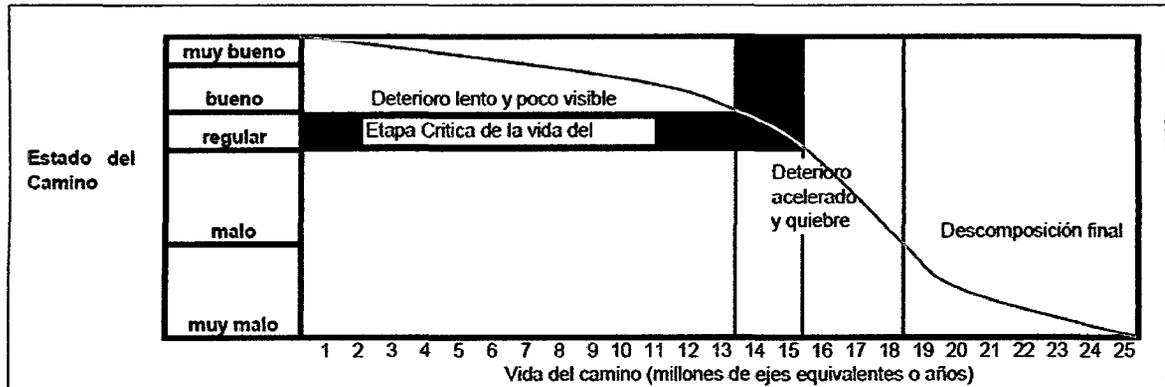
En una sociedad intensamente motorizada como la nuestra, la trascendencia que se debe otorgar a la conservación de carreteras es fundamental. El patrimonio vial del país se ha enriquecido considerablemente y sigue creciendo en una progresión importante, con ello se pone de manifiesto la necesidad de disponer de una completa información del estado de vías y estructuras, así como de un plan de acción de conservación que permita la prevención y corrección de deterioros oportunamente. Con este objetivo se utilizan los sistemas de gestión, que sirven de herramienta para ayudar tomar la decisión, seleccionando las acciones más adecuadas, determinando su costo y fijando sus prioridades, dentro de las disponibilidades económicas de la entidad administradora, sea ésta pública o privada.

Puesto que los pavimentos son diseñados para tener una duración determinada, la no realización de un mantenimiento adecuado significará que en el corto plazo el pavimento entregará un servicio menor al esperado. Esta situación incentiva la creación de la gestión de pavimentos.

Se entienden por gestión de pavimentos todas aquellas acciones de conservación que aplicadas en el tiempo mantienen un nivel de servicio adecuado, tanto en el aspecto funcional como estructural. En la siguiente figura se presenta un gráfico que representa la forma general en que se deterioran los pavimentos, en él se puede observar que los primeros años el deterioro es lento; sin embargo, existe un umbral en el cual el deterioro es acelerado, llegando rápidamente al término de la vida útil del camino.



Figura II.12: Esquema de Deterioro de un pavimento en el tiempo



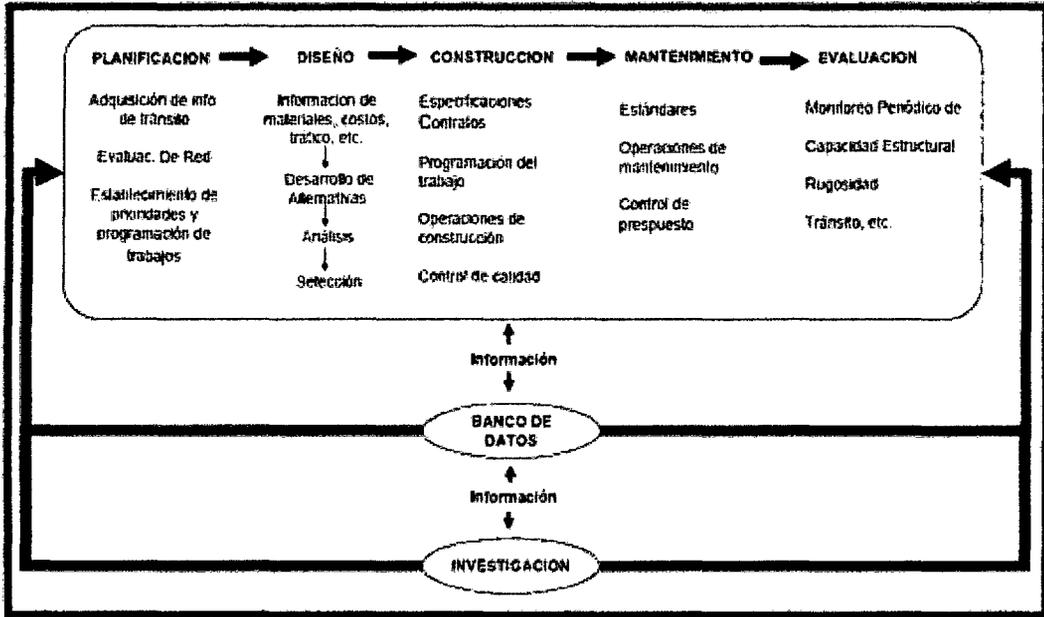
### 2.14.3. Gestión de pavimentos

Los pavimentos son diseñados para un tiempo de vida determinado. Para que el pavimento entregue el servicio esperado deben realizarse actividades de conservación adecuadas. Esta situación incentiva a la creación de un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP), definido como “el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetarios, sociales y ecológicos” (de Solminihac, 2003).

La siguiente figura presenta la estructura general de un sistema de gestión de pavimentos, en el cual se pueden identificar las diferentes etapas donde el sistema interviene, tales como la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento, la evaluación, la base de datos y la investigación.



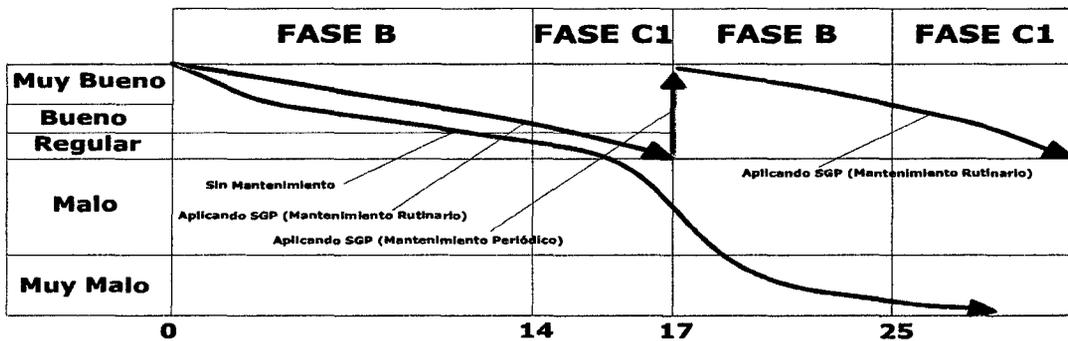
Figura II.13: Estructura General de un Sistema de Gestión de Pavimentos, Hass 1993.



**2.14.4. Parámetros de SGP**

Los pavimentos son estructuras complejas que involucran muchas variables, tal como combinaciones de cargas que soportan, solicitaciones de medio ambiente, materiales y formas de construcción, mantenimiento, etc. Es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, explotación y mantenimiento para realizar una apropiada gestión de los pavimentos. Se presenta en la siguiente figura dos curvas donde se aprecia el esquema de deterioro de un pavimento en el tiempo y las ventajas de un adecuado SGP.

Figura II.14: Deterioro del Pavimento en el Tiempo.





La curva continua (sin aplicar un adecuado SGP) indica que en los primeros años el deterioro del pavimento es lento. Sin embargo, existe un límite en el cual éste comienza a ser acelerado, llegando después de poco tiempo al final de su ciclo de vida. Cuando se observa la curva discontinua (aplicando un adecuado SGP) se pone en manifiesto que es posible lograr una adecuada conservación del pavimento a través de la aplicación de un adecuado SGP. Si no se llevan a cabo las actividades de mantenimiento en el tiempo oportuno, el camino entra en el proceso de deterioro explicado en la primera curva. Aplicando un SGP adecuado y continuo en el tiempo de operación del pavimento, este se mantiene en un estado óptimo de conservación.

Un SGP cuenta con un conjunto de parámetros invariables que lo definen. Estos parámetros dependen directamente del “estado del arte” y son los siguientes:

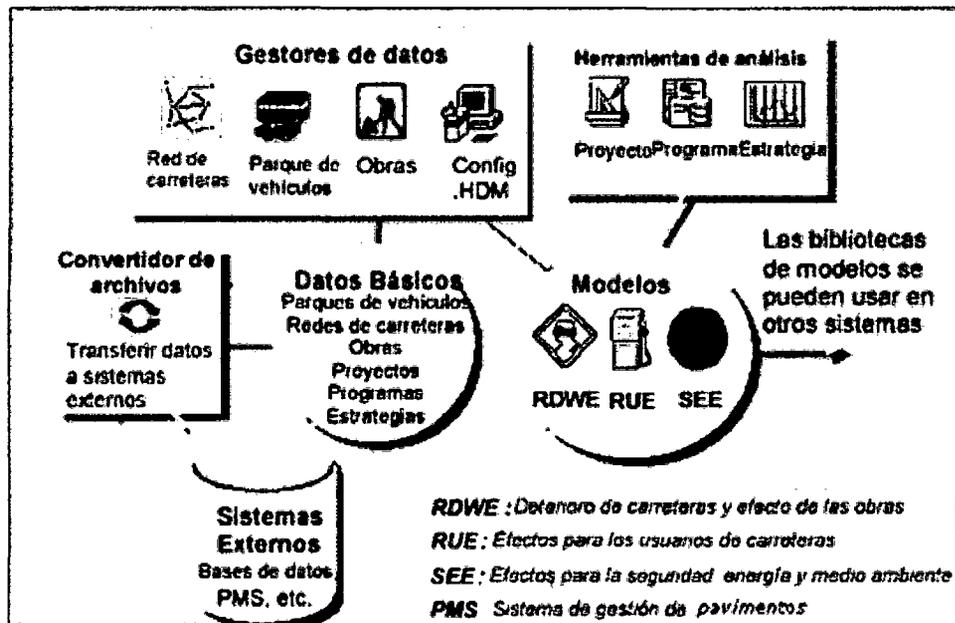
- El modelo o modelos de comportamiento a ser usado.
- La experiencia en que se basa el conocimiento de la conducta de los pavimentos y los factores principales que éste contempla.
- La calidad de la instrumentación y las técnicas para efectuar las mediciones que determinen los parámetros.
- La calidad de la base de datos disponible, y
- La variabilidad en el conjunto de datos requeridos para determinar los parámetros.

#### **2.14.5. Programa de Modelación HDM – 4 y su utilización en un SGP**

El sistema HDM-4 (Highway Development and Management), desarrollado por el Banco Mundial, es una importante herramienta de análisis para la evaluación técnica y económica de inversiones en construcción y conservación de redes de pavimentos, que se diseñó como mejora del sistema HDM-III y se desarrolló entre los años 1993 – 2000. Su funcionamiento se basa en un modelo de cálculo de las relaciones físicas y económicas derivadas de un extenso estudio sobre el deterioro de las carreteras, el efecto de la conservación de las mismas y los costes de operación de los vehículos, impulsados por el Banco Mundial. Para el desarrollo del HDM – 4 se contó con el patrocinio de importantes instituciones internacionales además de contar con el apoyo de gobiernos nacionales y de otras organizaciones, destacándose particularmente entidades como Asian Development Bank (ADB), Overseas Development Administration (ODA de UK), Swedish National Roads Administration (SNRA de Suecia) y World Bank (IBRD).



Figura II.15: HDM-4 Arquitectura del Sistema.



#### a. Modelos empleados por el HDM-4

El sistema HDM-4 está basado en los siguientes parámetros:

- Relaciones físicas y económicas derivadas de un extenso estudio sobre el deterioro de pavimentos.
- El efecto de conservación de pavimentos.
- Costos de operación de pavimentos.
- Costos de operación de vehículos.
- Modelos de cálculo de las mejores alternativas de conservación y de los distintos tramos de carretera evaluados en un determinado análisis.

Los modelos de cálculo que utiliza son:

- **Deterioro de la carretera (RD – Road Deterioration):** Este modelo prevé el deterioro futuro del pavimento, en función del tráfico y del estado actual.
- **Efectos de las obras (WE – Work Effects):** Este modelo simula los efectos de obras en el estado del pavimento y determina los costos asociados.



- **Efectos para los usuarios (RUE – Road User Effects):** Mediante este modelo se determinan los costos de operación de los vehículos, accidentes y tiempo de viaje.
- **Efectos sociales y medioambientales (SEE – Social and Environment Effects):** Determina los efectos de las emisiones de los vehículos y el consumo de energía.

El uso de estos modelos permite obtener como resultado de un análisis con el HDM-4 lo siguiente:

1. Según el periodo de evaluación, la tramificación del pavimento y la alternativa o estrategia de conservación, las condiciones de la carretera y los recursos a utilizar para su conservación, así como las velocidades de los vehículos y los recursos físicos consumidos por la operación de vehículos.
2. Al haber sido estimadas las cantidades físicas necesarias para construcción, obras y operación de vehículos, se aplican los precios y costos unitarios especificados por los usuarios para determinar los costos económicos de las distintas alternativas.
3. Los beneficios relativos a las diferentes alternativas, el valor actual y de la tasa de rentabilidad.
4. Los valores actuales netos de cada alternativa para obtener la mejor solución, con el fin de lograr un menor costo del transporte.

#### **b. El HDM-4 en la Gestión de Pavimentos**

En la Gestión de Pavimentos el HDM-4 realiza las siguientes funciones:

**Planificación:** Consiste en el análisis de un sistema de carreteras en su conjunto, definiéndose presupuestos a medio y largo plazo, y estimándose gastos de desarrollo y conservación de carreteras bajo distintos escenarios presupuestarios.

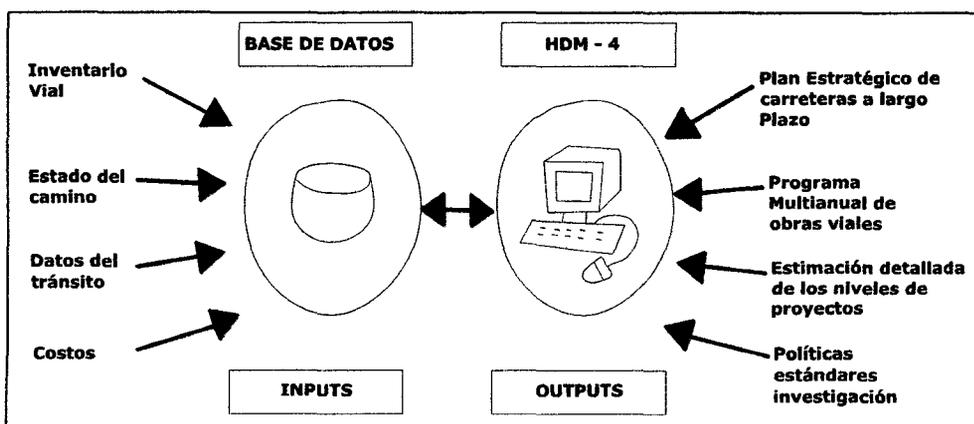
**Programación:** Consiste en el desarrollo de programas plurianuales de obras tanto de construcción como de conservación de tramos de la red, que generalmente están condicionados por limitaciones presupuestarias, teniendo que definirse las actuaciones a realizar en función de un análisis costo- beneficio.



**Preparación:** En este nivel se define en detalle cómo se llevarán a cabo los distintos tipos de obras a ejecutar sobre un tramo de carretera.

**Operación:** Consiste en el desarrollo de las tareas definidas en los anteriores escalones, y realización de un seguimiento detallado de los trabajos realizados.

Figura II.16: Integración del HDM-4 en los SGP



## 2.15. PLAN DE MANEJO SOCIO AMBIENTAL

### 2.15.1. Objetivo

En el Plan de Manejo Socio Ambiental, se establecen las acciones cuyo propósito es prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en el desarrollo de un proyecto, incluye también los planes de seguimiento, evaluación y los de contingencia, según sean los alcances o actividades del mismo.

También se ha considerado la protección y conservación de los recursos naturales, que se encuentran dentro del ámbito del tramo vial del proyecto y será de aplicación a la ejecución de las actividades de la Conservación vial con las cuales se cumplirán los niveles de servicio.



### **2.15.2. Medidas de prevención, correctivas y/o mitigación**

En general, el Plan de manejo socio ambiental tiene como propósito, **prevenir, corregir y/o mitigar** la posible afectación de la salud de la población local así como de los trabajadores que ejecutan el Programa de Conservación Vial. Bajo este marco, se considera una serie de medios que puedan producir impactos negativos en el ambiente, para Implementar las medidas correspondientes, dentro del ámbito donde se ubica el Programa de Conservación, como es el caso del aire, ruido, recursos hídricos, suelo, flora y fauna principalmente.

## **2.16. PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA**

### **2.16.1. Objetivo**

Medir la eficiencia obtenida en la ejecución. Se establece el Informe Productividad (IP) como herramienta de control de la Productividad, garantizando un reporte veraz y oportuno, que permita un adecuado análisis y toma de acción.

### **2.16.2. Introducción - Informe de Productividad (IP)**

El IP es un informe que mide la eficiencia con que se ejecutan las actividades que conforman el Proyecto, comparando la eficiencia real con la eficiencia prevista en el Presupuesto Meta.

La eficiencia se expresa como la cantidad de recursos consumidos por cada unidad de trabajo realizado.

En función al tipo de recursos controlados, se tienen normalmente dos Informes de Productividad:

#### **IP de Mano de Obra:**

Mide la eficiencia de una cuadrilla o equipo de trabajadores en el consumo de los recursos de Mano de Obra al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas hombre (HH), siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de la mano de obra. Por ejemplo, HH consumidas por kilogramo de acero colocado (HH/Kg) o HH consumidas por metro de zanja excavada (HH/m).



El consumo de recursos expresado por unidad de trabajo se llama **ratio**. La cantidad de trabajo que ejecuta una cuadrilla se llama **rendimiento**.

El Informe de Productividad permite evaluar las partidas realizadas, esto con la finalidad de realizar mejoras al inicio o durante la ejecución de las partidas, identificando oportunidades de mejora y tomando acciones definiendo, responsables y fechas de implementación.

### **2.16.3. Definiciones**

#### **Partidas de control incidentes**

Son Partidas que representen el 80% de los costos de Horas hombre según el Pareto (*Afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto*) acumulado mensual por tramo o por cuadrilla.

### **2.17. METRADOS ACUMULADOS**

Los metrados mensuales, son recopilados diariamente, de ellos se detallan las partidas a ejecutar según lo indicado en la lista y clasificación de las actividades de conservación vial, así como actividades adicionales como mejora y para el cumplimiento de los niveles de servicio deseados de la carretera.

Los metrados se detallan en el capítulo de metodología y procedimiento.

### **2.18. COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO**

Definimos Costo como la medición económica del consumo de todos los recursos utilizados para la ejecución del Proyecto. Consiste en un registro ordenado de acuerdo a la Estructura de Control de la venta y los costos del Proyecto, que permita la toma de decisiones y acciones orientadas a cumplir con las metas económicas definidas en el Planeamiento y plasmadas en el Presupuesto Meta. Se busca disminuir la variabilidad y aumentar la confiabilidad de los resultados económicos, mediante la realización de un análisis oportuno de los riesgos y oportunidades que se presenten.

Los Costos de Operación se detallan en el capítulo de metodología y procedimiento.



## 2.19. INDICADORES DEL PROYECTO

Los indicadores nos sirven para ver la evolución del Proyecto mensualmente en todo los trabajos ejecutados dentro de la carretera.

### 2.19.1. Definiciones

**KPIs:**

Key Performance Indicators o Indicadores Clave de Desempeño, miden el nivel del desempeño de un proceso, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado.

**Índice de Frecuencia (IF):**

Nos indica la cantidad de accidentes con tiempo perdido (con descanso médico) respecto a las horas totales trabajadas del proyecto, relacionada a un periodo de tiempo de 200,000 horas trabajadas. Este indicador se mide con frecuencia mensual.

**Índice de Accidentes Internos de Tránsito (AIT):**

Índice que mide el número de accidentes de tránsito de vehículos y equipos de propiedad o los alquilados, ponderando cada accidente por daños personales y materiales, respecto al número total de vehículos y equipos.

**Índice de Eficiencia de Productividad Mano de Obra (IPM):**

Es el Indicador de la ponderación de las eficiencias de las Horas-Hombre trabajadas de las partidas de control por tramos.

**Índice de Niveles de Serviciabilidad (INS):**

Es el indicador que califica y cuantifica el estado de la vía, y que se disgrega en varios límites admisibles los cuales muestran la condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Estos indicadores son particulares para cada vía, y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

**Índice de equipos (EQ):**

Mide el desempeño en base a 4 factores (Disponibilidad y utilización, costos de mantenimiento, inspecciones del equipo y auditoría interna del Supervisor General de Equipos) para determinar el estado actual de la gestión de equipos.

Los Indicadores se detallan en el capítulo de metodología y procedimiento.

# CAPÍTULO III

## **METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO**



### III. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

#### 3.1. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA

Se realizó el reconocimiento de la carretera en estudio iniciando desde: Dv. Las Vegas – Tarma – Satipo, está dividida en 3 tramos que presentan diferentes condiciones propias de la zona y variable incidencia de tráfico vehicular lo cual se detalla a continuación:

##### **TRAMO I: Dv. LAS VEGAS – TARMA**

Categoría: Segunda Clase (Calzada de 2 carriles que soporta de 2000 – 400 veh/día)

Ruta: PE-22B

Longitud total: 34.000 Km.

Ancho de calzada: 6.50 m. (promedio)

Espesor de la calzada: 2" (promedio)

Ancho de bermas: 0.50 m. (promedio)

Tipo de pavimento: Asfalto en caliente

##### **UBICACIÓN:**

El Tramo I se encuentra ubicado en la Región Centro, en la provincia de Tarma, departamento de Junín, esta carretera es una vía importante de unión para la Región centro. Presenta una topografía accidentada.

##### **TRAMO II: TARMA – PUENTE RAITHER**

Categoría: Segunda Clase (Calzada de 2 carriles que soporta de 2000 – 400 veh/día)

Ruta: PE-22B

Longitud total: 83.000 km.

Ancho de calzada: 7.20 m. (promedio)

Espesor de la calzada: 3"(promedio)

Ancho de bermas: 1.50 m. (promedio)

Tipo de pavimento: Asfalto en caliente

##### **UBICACIÓN:**

El Tramo II se encuentra ubicado en la Región Centro, en las provincias de Tarma y Chanchamayo, departamento de Junín. Al igual que el tramo anterior, esta carretera es una importante vía de unión para la Región Centro. Presenta una topografía accidentada.



### **TRAMO III: PUENTE RAITHER – SATIPO**

Categoría: Segunda Clase (Calzada de 2 carriles que soporta de 2000 – 400 veh/día)

Ruta: PE-5S

Longitud total: 113.40 Km.

Ancho de calzada: 7.20 m. (promedio)

Espesor de la calzada: 2.5" (promedio)

Ancho de bermas: 1.50 m. (promedio)

Tipo de pavimento: Asfalto en caliente

#### **UBICACIÓN:**

El Tramo III se encuentra ubicado en la Región Central, en las provincias de Chanchamayo y Satipo, departamento de Junín. Presenta una topografía plana.

Se pudo observar los elementos que conforman la vía y las condiciones en que se encuentra, para lo cual se realizará un inventario vial, así como la evaluación estructural, funcional y de ahuellamiento de la carretera los cuales se detallan en los Anexos A, C, D, E.

### **3.2. EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS**

El Tramo I presenta un agrietamiento moderado por lo tanto se realizará trabajos de mantenimiento rutinario y periódico los cuales ya no serían los más adecuados ya que el tramo debería entrar en rehabilitación. El Tramo II y III de acuerdo a la evaluación y las condiciones en que se encuentra está en un estado regular por lo tanto se interviene realizando una conservación rutinaria y periódica de acuerdo a las actividades descritas en las **tablas II.1, II.2, II.3, II.4, II.5, II.6, II.7, II.8, II.9**, las cuales al realizarlas brindan el nivel de servicio deseado en la carretera en lo que respecta a que no deben haber huecos existentes en carpeta, tener una señalización adecuada, brindar seguridad en los puentes, tener una carretera limpia y sin obstáculos en la calzada, dichos indicadores se detallan en la siguiente tabla:



**Tabla III.1: Medición de indicadores del nivel de servicio deseado en la carretera**

EVALUACIÓN	TOLERANCIAS DE EVALUACIÓN
<b>HUECOS EXISTENTES EN CARPETA</b>	Cero baches
	Ausencia de Tapas de desague (zonas urbanas)
<b>SEÑALIZACION ADECUADA</b>	Señalización Vertical (R,P e I) Completas y Limpias
	Tachas reflectivas Completas
	Guardavias Completos, limpios, pintados y sin deformaciones
	Hitos Kilometricos Completos, limpios y pintados
	Delineadores Completos, limpios y pintados
<b>SEGURIDAD DE LOS PUENTES</b>	Estructuras metalicas sin oxido
	Drenes completos y abiertos
	Conexiones completas y ajustadas
	Barandas pintadas y completas
	Pilares y estribos sin deformaciones, asentamiento o erosion alguna
	Apoyos libres de restricciones al desplazamiento y rotacion
	Juntas de dilatacion funcionales (completas sin restricciones)
	Siempre limpios y libres de obstaculos en puente y entorno (accesos y cauce)
Estructuras de concreto sin delaminacion ni disgregacion	
<b>CARRETERA LIMPIA</b>	Vegetacion altura maxima 0.30 m
	Cunetas, Alcantarillas, bajadas de agua y badenes Siempre limpios y libre de residuos sólidos, vegetación y cualquier otro elemento que cauce obstáculo
	Franja de derecho de via limpia
<b>OBSTACULO EN LA CALZADA</b>	Ancho de la via sin reduccion
	Ausencia de Material suelto en calzada
	Ausencia de aniego en calzada

X

Existe un momento preciso para la intervención de mantenimiento; para los caminos asfaltados, este sería al inicio de la fase C1 de la **figura II.14**. Sin embargo, debe mencionarse que hay un costo por realizar las labores de conservación antes de ese momento y otros por realizarlas demasiado tarde. En el primer caso, al efectuar el mantenimiento anticipadamente se está perdiendo la oportunidad de rentabilizar el dinero por ese periodo de tiempo (costo de oportunidad del capital); pero, por otro lado, si el mantenimiento se efectuara demasiado tarde, se podrían generar daños estructurales en el camino y la pérdida sería mucho mayor, pues ya no se necesitaría una intervención sencilla para repararlo, sino algo más complejo y costoso.

El momento de intervención "óptimo" es aquel en que la pavimentación está en estado regular (o bueno), pues es en esta etapa que los gastos que necesitan efectuarse son menores. Asimismo, se puede observar que adelantar los refuerzos es menos costoso que retrasarlos (esta segunda opción puede terminar costando 3.5 veces más que la política óptima).



Asimismo, es importante señalar que el deterioro no es el único efecto del mantenimiento fuera de tiempo, sino que también se aumentan los costos de operación de los usuarios, pues se deterioran sus vehículos (inicialmente menos, luego esto va agudizándose).

Es evidente, pues, que una política de mantenimiento vial saludable y oportuna, implica un ahorro de recursos importante. No obstante, la principal dificultad radica en estimar cuándo es ese momento exacto; para esto, existen instrumentos muy complejos.

Existen dos opciones que deben considerarse para la intervención: el momento preciso y el tipo de intervención requerida. Con respecto al tiempo, debería conocerse a priori cuál es el momento correcto para intervenir. Si se conocen estos momentos óptimos, puede elegirse adelantar las reparaciones para, por ejemplo, evitar congestión en la fuerza laboral de las empresas contratistas o empleados públicos, evitar sobrecostos, mal clima, etc; sin embargo, también podría retrasarse el mantenimiento, pero esto nunca resulta conveniente (ya sea por falta de recursos u otros motivos). Por otro lado, en lo que se refiere al tipo de intervención, es importante conocer qué tipo de mantenimiento se debe hacer y qué tanto durará éste, de modo que se pueda planificar otra intervención. Las intervenciones, en un esquema sano de conservación, deberían ser de mediano o largo plazo, pero por motivos económicos muchas veces terminan aplicándose medidas cortoplacistas.

Por lo tanto en un esquema de conservación saludable, la intervención de mantenimiento debería hacerse antes de iniciar el deterioro acelerado, por lo que el camino volvería a estar en óptimas condiciones y nunca llegaría a presentar daño estructural. Asimismo, los costos de este tipo de intervención son mucho más bajos, pero se necesita planificación y asignación correcta de recursos.

### **3.3. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y SU APLICACIÓN PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS**

Para la elaboración del Programa de Conservación se realizó el inventario vial, las solicitudes en la calzada, las evaluaciones y diagnósticos a nivel estructural, funcional, de ahuellamiento de la carretera; con toda la información obtenida de campo se elaboraron los subsistemas de inventario vial (SIC) de acuerdo a lo establecido en el Manual del Sistema de Gestión de Carreteras.

Con toda la información obtenida y de acuerdo a un sistema de gestión de carreteras se brinda la información para que pueda procesarse a través del HDM-4



la cual es una importante herramienta de análisis para la evaluación técnica y económica de una carretera, en este caso no fue necesario una optimización económica, sólo actualizar el estado de los tramos donde se active intervención, saber la edad de su superficie, y el tipo de pavimento para poder realizar una programación anual y semanal de la misma forma realizar el seguimiento de los trabajos a ejecutar.

Con dicha metodología podemos brindar el nivel de servicio deseado para una carretera así como tener la planificación y control de las actividades rutinarias o periódicas a realizar en cada tramo.

Para una mejor comprensión de la elaboración del Programa de Conservación Vial se propone un flujo el cual se detalla en el capítulo IV.

### **3.4. PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL**

Este Plan incluye la ejecución de las actividades necesarias para mantener los niveles de servicio deseados según la **tabla III.1** mediante la conservación puesta a punto (periódica) y la conservación rutinaria, se desarrolló en los tres frentes de la carretera.

#### **3.4.1. CONSERVACION RUTINARIA**

Los trabajos de Conservación Rutinaria en Carretera y Puentes se desarrollan desde el inicio del proyecto hasta la culminación del mismo, en tres etapas:

**Etapla 1:** Conservación Rutinaria antes de la puesta a punto con el fin de cumplir los niveles de servicios iniciales tanto en carreteras como en puentes de acuerdo a lo indicado en la **tabla III.1**.

**Etapla 2:** Conservación rutinaria durante la puesta a punto cumpliendo los niveles indicados en la etapa 1, tanto en carreteras como en puentes.

**Etapla 3:** Conservación rutinaria después de la puesta a punto con el fin de cumplir los niveles de servicio que se exigen para la carretera, los puentes y la atención de emergencias de acuerdo a lo indicado en la **tabla III.1**.

La Conservación Rutinaria se hará durante todo el periodo que se ejecuten los trabajos y las siguientes actividades se ejecutarán cuando sean necesarias, de acuerdo a las **tablas II.1, II.2, II.3, II.4, II.5 y II.6** de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras.



Asimismo, incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía de acuerdo a las **tablas II.7, II.8 y II.9.**

### **3.4.2. CONSERVACIÓN PUESTA A PUNTO**

Los trabajos de Conservación Rutinaria Puesta a Punto se desarrollarán por un período de seis meses en los sectores 1, 2 y 3 tanto en carreteras como en puentes.

En los siguientes puntos se indican las actividades a realizar en la conservación rutinaria puesta a punto, para alcanzar los niveles de servicio exigidos.

Estas actividades se ejecutaran por única vez y se mantendrán con las actividades de Rutina. Con este planteamiento se garantiza el cumplimiento de los niveles de servicio.

#### **3.4.2.1. Conservación Puesta a Punto en Carreteras**

En esta etapa ejecutaremos de forma intensiva a lo largo de toda la carretera, donde se requiera, las siguientes actividades de acuerdo a la **tabla II.1, II.2, II.3, II.4, II.5 hasta la tabla II.7, II.8 y II.9** de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras.

#### **3.4.2.2. Conservación Puesta a Punto en Puentes**

En esta etapa ejecutaremos de forma intensiva en todos los puentes de toda la carretera, donde se requiera, las siguientes actividades de acuerdo a la **tabla II.6** de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras.

### **3.5. INVENTARIO VIAL CALIFICADO**

#### **3.5.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

La metodología utilizada consistió en la evaluación de características y estado de los elementos realizada a partir de un recorrido por la carretera.

La evaluación se realizó mediante una inspección visual del elemento en la carretera, luego, este se asocia a su progresiva (kilómetro-metro), se toman sus

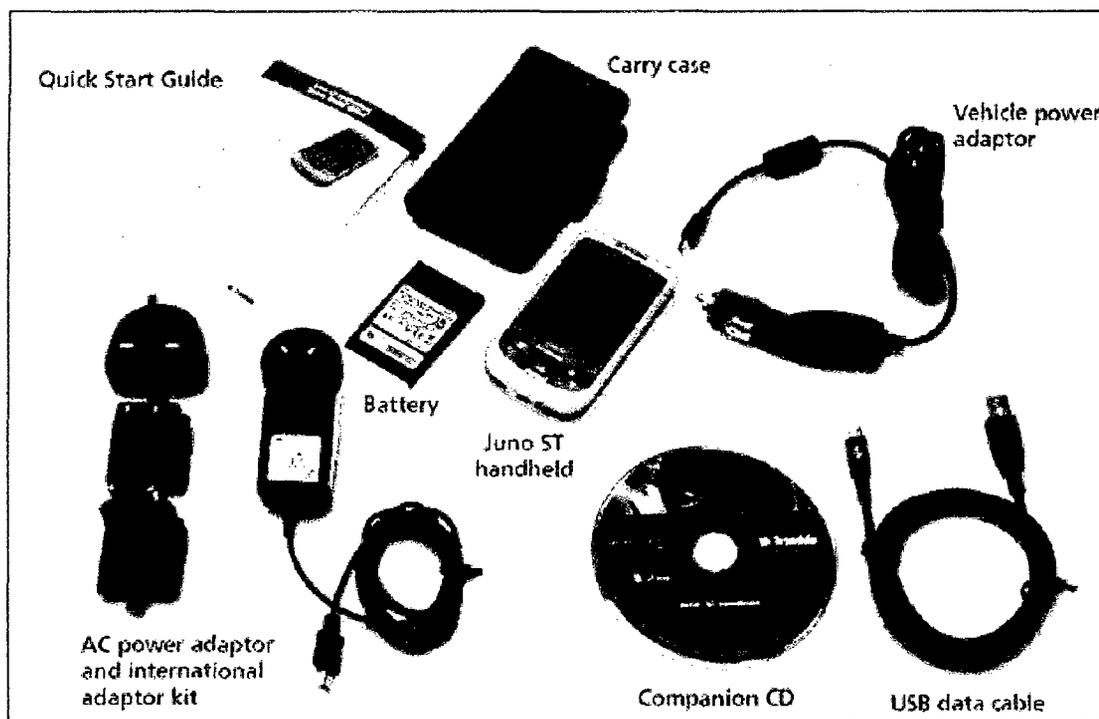


dimensiones, anotando sus características y estado en que se encuentran al momento de la evaluación. Para la recopilación de la información en campo, se utiliza un GPS tipo Palm, que permite ingresar y registrar los datos de la evaluación de cada elemento y además, a través de este instrumento se obtiene automáticamente la información geográfica mediante las coordenadas de Latitud y Longitud.

El sistema de recolección de datos en terreno mediante GPS tipo Palm, posee la gran ventaja de la rapidez en post-proceso de la información obtenida. Dicha información es traspasada directamente al computador, mediante una conexión USB, evitando posibles complicaciones en la interpretación de los datos. El software utilizado permite tanto la incorporación de nueva información, como la actualización de la ingresada con anterioridad.

En resumen, se utiliza un proceso eficaz y eficiente, en donde la información pasa a ser digitada directamente en terreno.

**Figura III.1: Sistema de Relevamiento mediante GPS Tipo Palm**





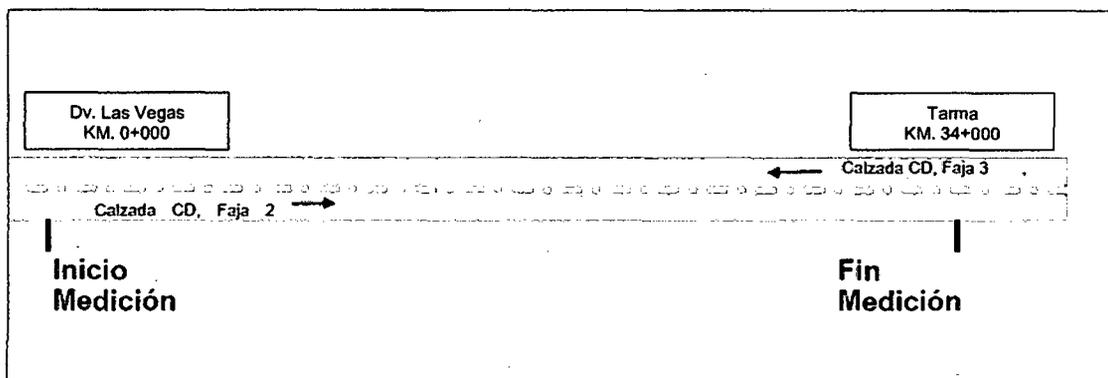
### 3.5.2. PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN

A continuación se muestra en las siguientes figuras la definición de la nomenclatura utilizada para todas las calzadas del proyecto, que contempla la definición del sentido del tránsito y la numeración de las fajas para cada una de las calzadas de los siguientes tramos.

- **Tramo I: Dv. Las Vegas - Tarma**

CD: Sentido de Tránsito CD, Km. 0+000 – Km. 34+000.

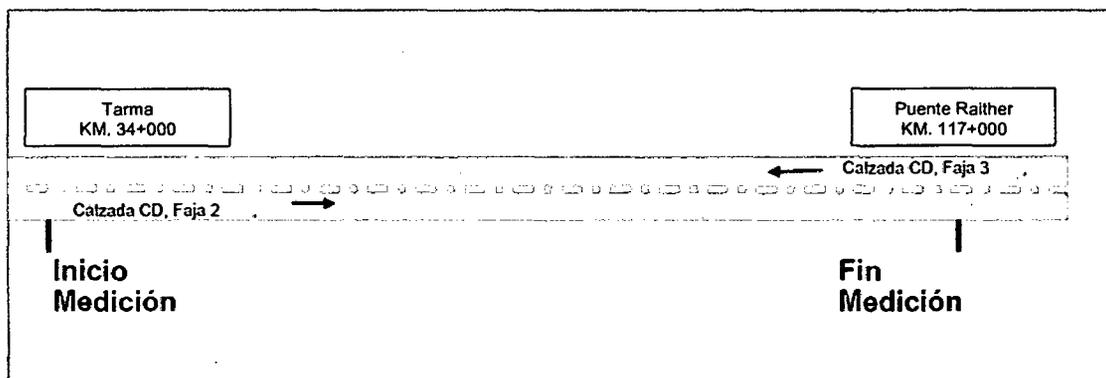
**Figura III.2: Numeración de Fajas, Tramo I: Dv. Las Vegas – Tarma**



- **Tramo II: Tarma – Puente Raither**

CD: Sentido de Tránsito: CD, Km. 34+000 – 117+000.

**Figura III.3: Numeración de Fajas, Tramo II, Tarma – Puente Raither**

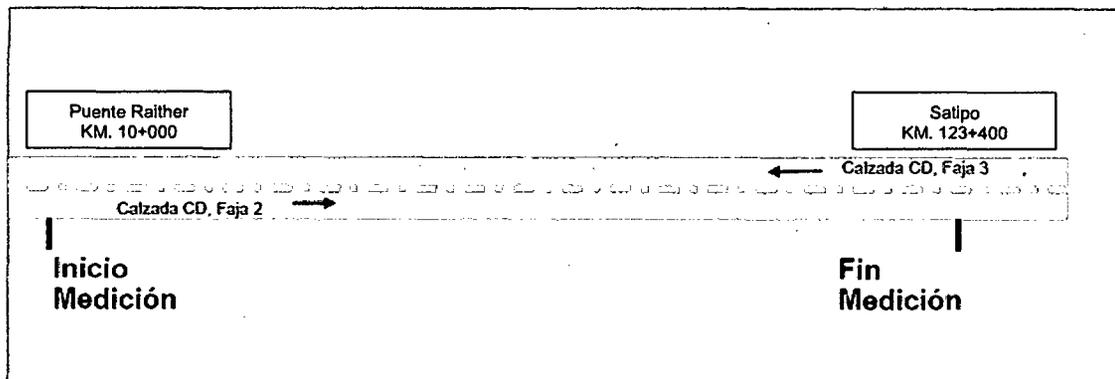




- Tramo III: Puente Raither - Satipo

CD: Sentido de Tránsito: CD, Km. 10+000 – Km. 123+400

Figura III.4: Numeración de Fajas, Tramo III, Puente Raither – Satipo



Es importante precisar que la evaluación realizada se ha hecho en base a la metodología indicada en el Sistema de Gestión de Carreteras.

Se debe tener en cuenta que las tablas resumen los valores de cunetas, canales, bajas de agua y zanjas de drenaje y se leen de la siguiente forma: la nomenclatura X (Y), se lee X como la cantidad de elementos (sectores) en la carretera, (Y) la cantidad de metros lineales de cunetas evaluadas.

Referente a los Otros Elementos de la Carretera, se ha detallado la señalización vertical según su tipo, ya que es la que presenta el mayor número de elementos en la carretera, también se debe especificar que los elementos de seguridad como los guardavías y delineadores se han evaluado por tramos. En la tabla resumen los valores de guardavías se leen de la siguiente forma: la nomenclatura X (Y) se lee como X a la cantidad de metros lineales de guardavía evaluado e (Y) como la cantidad de elementos (sectores) en la carretera.

Para los delineadores, un sector comprende un número determinado de delineadores evaluados, por lo tanto al mirar la tabla la nomenclatura dispuesta X (Y) se lee como X a la cantidad de sectores evaluados e (Y) a la cantidad de elementos en cada uno de los sectores en el tramo.

Para las tachas se lee de la misma forma que los delineadores, sin embargo, las tachas malas son equivalentes a las faltantes, es decir, las que han sido removidas de su lugar original y son las que deberían ser instaladas en sectores que no existen hasta el momento.



Lo mismo ocurre con la evaluación de derecho a vía, túneles y muros que se realizó por sectores.

La información detallada de estos elementos se aprecia en el anexo "A" correspondiente a la evaluación de los elementos viales contemplados en el Subsistema de Inventario Vial Calificado.

### 3.6. INFORME TÉCNICO DE LA SITUACIÓN INICIAL

#### 3.6.1. METODOLOGÍA DEL CONTEO

Para realizar el estudio de tránsito, se utilizaron los puntos de conteos que se detalla en la siguiente tabla, donde se contabilizaron los vehículos durante siete días seguidos entre los meses de Enero y Febrero del 2012, clasificándolos por sentido, hora y tipo.

Tabla III.2: Estaciones de Conteo

Descripción	Carretera	Ubicación	Progresiva (Km)	Período de conteo
Punto de Conteo 1	PE-22B	Tarma	31+900	20 de Enero al 26 de Enero del 2012
Punto de conteo 2	PE-22B	Pte. Palcabado	53+538	20 de Enero al 26 de Enero del 2012
Punto de Conteo 3	PE-22B	La Merced	107+800	27 de Enero al 02 de Febrero del 2012
Punto de Conteo 4	PE-5S	Pte. Raither	10+500	27 de Enero al 02 de Febrero del 2012

A partir de la ubicación de los puntos de conteo se tramificaron las carreteras obteniendo tramos con características similares en tipo y número de vehículos. Estos sectores se muestran en la siguiente tabla.

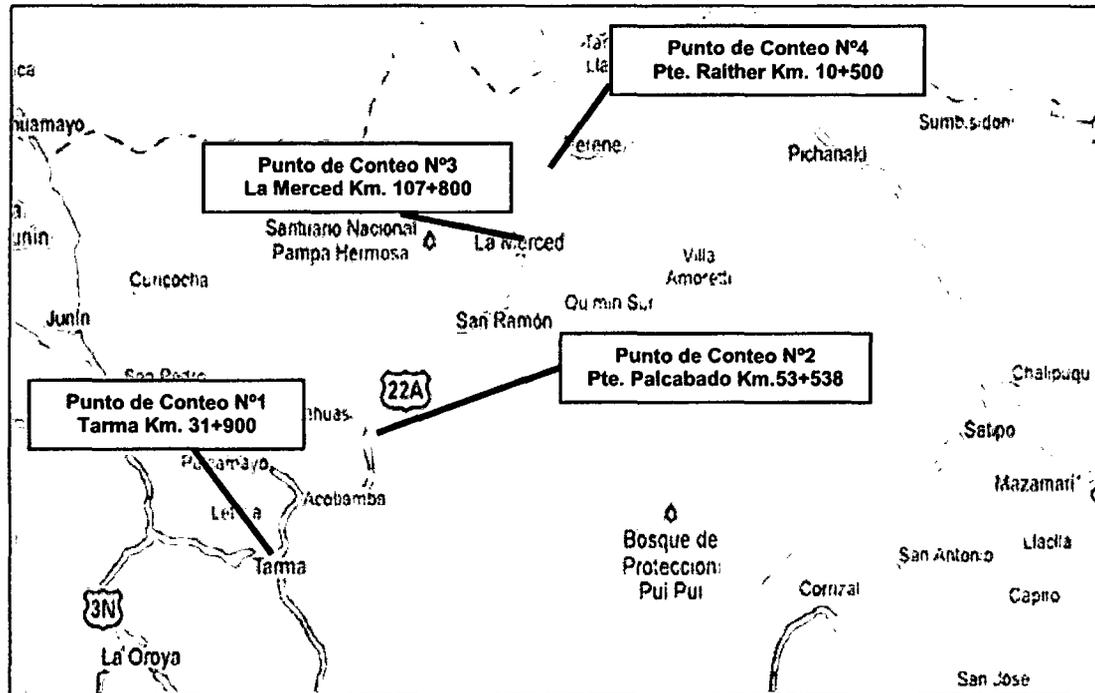
Tabla III.3: Tramificación a partir de Puntos de Conteo

N°	Carretera	Ubicación Tramo	Progresiva (Km)	Punto de Conteo
1	PE-22B	Desvío Las Vegas – Tarma	0+000 al 34+000	Tarma
2	PE-22B	Tarma – La Merced	34+000 al 106+000	Pte. Palcabado
3	PE-22B	La Merced – Pte. Raither	106+000 al 119+160	La Merced
4	PE-5S	Pte. Raither – Satipo	10+500 al 119+650	Pte. Raither

La ubicación espacial de los contadores se muestra en la siguiente figura:



**Figura III.5: Ubicación de los Puntos de Conteo**



La información detallada del volumen de tránsito vehicular, índice medio diario anual (IMDA) y los factores de corrección se encuentran en el Anexo B (Estudio del Tránsito).

### **3.7. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**

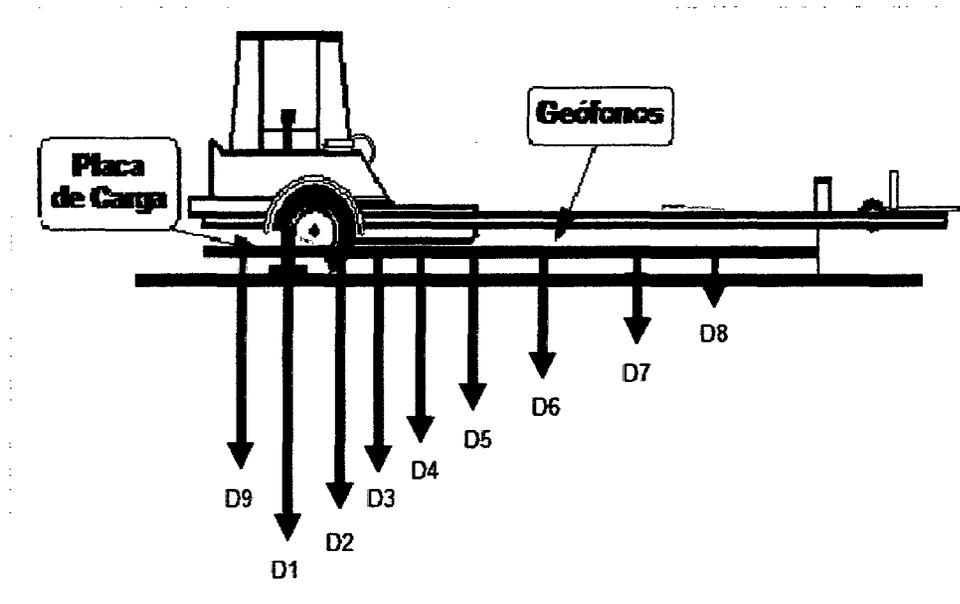
#### **3.7.1. RECOLECCIÓN DE DATOS**

En cada ensayo se mide la carga aplicada y las deflexiones producidas a una distancia 0, 20.3, 30.5, 45.7, 61.0, 76.2, 91.4 y 152.4 cm (0, 8, 12, 18, 24, 30, 36, 60 y -12 pulgadas), medidas desde el centro del plato de carga en la dirección y sentido del avance del tránsito. Se utilizó un plato de carga partido con un radio de 15 cm (5.91 pulgadas). Las mediciones evaluadas se realizaron el mes de Junio del año 2012.

Dado que las propiedades de rigidez del asfalto varían con la temperatura, se realizaron mediciones en la superficie mediante sensores de temperatura automáticos, como también mediciones manuales de la temperatura del asfalto. En la siguiente figura, se indica la ubicación de los sensores (geófonos), en el deflectómetro de impacto.



Figura III.6: Ubicación de los sensores



Dónde:

D1: 0 cm; D2: 20.3 cm; D3: 30.5 cm; D4: 45.7 cm; D5: 61.0 cm; D6: 76.2 cm; D7: 91.4 cm; D8: 152.4 cm; D9: - 30.5 cm representan la distancia medida desde el centro del plato de carga.

La información detallada del cuenco de deflexiones y la deflexión máxima se encuentran en el Anexo E (Evaluación Estructural del Pavimento).

### 3.7.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS Y PLATAFORMA DE FUNDACIÓN

La información de la estructura del pavimento fue proporcionada por Provias Nacional al inicio del Proyecto la cual se detalla en la **Tabla IV.21** y **IV.22**. Se tomaron en cuenta las actividades de mantenimiento periódico efectuadas, las cuales han sido en su mayoría intervenciones a nivel de sellos asfálticos sin aporte de material ni capacidad estructural.



### **3.8. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO**

#### **3.8.1. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN**

Se realizan mediciones del perfil por pista utilizando un perfilómetro láser, de acuerdo al estándar ASTM E 950-94. Este equipo mide en el sentido de circulación, en forma continua y sin interrumpir el tránsito. Una vez registrado el perfil se calcula el IRI en m/Km para tramos de 20 m de longitud, calculando luego el IRI para tramos de 200 m. También se utiliza el equipo de media tipo respuesta Roughometer III, el cual se instala en un vehículo y registra los desplazamientos acumulativos del eje posterior inducido por la irregularidad del mismo.

La información detallada del IRI huellas detalladas, IRI huellas 200 se aprecia en el Anexo C (Evaluación Funcional del Pavimento), SIC-29 y 30.

### **3.9. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

#### **3.9.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

Esto se realiza en conjunto con la evaluación funcional del IRI, la cual mediante láser va captando la profundidad de textura medida con Sensor (SMTD: Sensor Measured Texture Depth) del perfil del camino. Una vez registrado el perfil se determina el SMDT del pavimento en milímetros, a través de un procedimiento estándar para secciones de 20 m de longitud, posteriormente se determina el SMDT para secciones de 200 m. La textura de la capa de rodadura ejerce una influencia directa en la adherencia de los neumáticos de los vehículos a la superficie. Es un criterio importante para la seguridad de los usuarios.

En el Anexo C en los formatos SIC-31 y 32 se incluye en forma tabular los registros del macrotextura cada 200 metros y 20 metros, respectivamente.

### **3.10. EVALUACIÓN DE AHUELLAMIENTO EN EL PAVIMENTO**

#### **3.10.1. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN**

Se utiliza un perfilómetro de ultrasonido (Transverse Profile Logger, TPL), un equipo que consta de unos treinta sensores de ultrasonido que permiten obtener el nivel de ahuellamiento del camino, a partir del registro del perfil se procede a identificar los topónimos en la vía, para luego identificar las singularidades del camino tales como puentes, pontones u otras singularidades



que afectan la medición, no consideradas para efectos de la evaluación. Posteriormente se calcula el ahuellamiento promedio para secciones de 200 m de longitud. El ahuellamiento corresponde a una deformación vertical permanente del pavimento asfáltico que se refleja en el perfil transversal y se presenta como un surco longitudinal a lo largo del camino bajo las huellas de rodado. Geométricamente se define como la máxima depresión por huella en el sentido perpendicular al eje del camino.

En el Anexo C en el formato SIC-29 se incluye en forma tabular los registros del ahuellamiento cada 20 metros.

### **3.11. PLAN DE MANEJO SOCIO AMBIENTAL**

Se realizó la evaluación del aire, ruido, recursos hídricos, suelo, flora y fauna identificando el impacto y tomando las medidas de mitigación de dichos impactos en el medio ambiente.

Los factores a evaluar se presentan en el capítulo IV presentación y discusión de resultados en las tablas IV.34, IV.35, IV.36, IV.37, IV.38.

### **3.12. PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA**

#### **3.12.1. ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO**

##### **Información Previa**

Se debe contar con la información de campo de las partidas ejecutadas (metrados, HH trabajadas y HH productivas).

##### **Estructura de control de productividad**

Se ha definido 2 estructuras para el control y gestión de la Productividad en campo:

- a. Por Tramo de Control
- b. Por Cuadrilla

##### **Tabla de actividades de conservación vial e IP's metas**

La tabla de actividades deberá ser actualizada mensualmente por el Centro de Gestión de Proyectos (CGP), quien será el responsable de la generación, modificación y/o eliminación de nuevas partidas de control y del cálculo de los IP's Meta definidos para cada actividad.



### **Ratios de productividad Meta de Mano de Obra**

Estos IP's Meta, serán calculados en función al rendimiento histórico que se haya generado en meses anteriores por cada partida y por tramo.

Si existiese alguna partida en un tramo del que no se tengan datos históricos, se considerará el IP Acumulado obtenido en el mes, como IP Meta, por tanto el déficit/superávit productivo sería igual a 0.

### **Partidas de control incidentes**

Para el cálculo y evaluación de la productividad reflejada en el indicador de Eficiencia, se ha determinado que el análisis de la información se hará del 80% de las partidas de mayor incidencia por tramo y por cuadrilla.

La forma de determinar cuáles serían las partidas de control incidente es: (Dependiendo si se hace por tramo o por cuadrilla)

- Partir de la Base de datos del reporte diario de conservación vial consolidado por Oficina técnica de todos los supervisores.
- Hacer un Pareto (*En cualquier sistema natural o humano, el 20% del esfuerzo produce el 80% de los resultados, el 80% restante es un desperdicio*) por partida y por tramo o cuadrilla de la cantidad de HH productivas utilizadas para su ejecución acumulado mes.
- Ordenar la información de mayor a menor y calcular el % de incidencia del valor de cada partida respecto al total del tramo o cuadrilla seleccionada.
- Luego deberá de considerarse sólo aquellas actividades que representen el 80% o más de las HH consumidas en el mes.
- A partir de allí ya se tendrá aquellas partidas que representan el 80% del consumo de HH del mes y serán con las que se calculara el % de eficiencia.

### **Avance por partidas de control**

A partir de las partidas de control incidentes por tramo o cuadrilla, definidos en el punto anterior se deberá calcular los avances obtenidos semanalmente y mostrando el acumulado del mes.

Este cálculo será necesario para el cálculo de la productividad.



### Horas hombre por partidas de control

Al igual que en el cálculo de los avances semanales, en esta parte se tendrá que colocar las horas hombre productivas consumidas semanalmente y el valor acumulado por mes. Esta información se calculará por tramo y por cuadrilla.

### Ratios en partidas de control por cuadrilla

Se calculará la productividad (ratios) obtenida semanalmente y el acumulado mes.

Este ratio será la división del Avance (metrado) obtenido semanalmente o acumulado mes y las Horas hombre productivas utilizadas en la ejecución de la partida que se estará calculando la productividad.

### Resumen de IP

En estos anexos la información que se generará estará en función a lo calculado en los anexos 5.1 y 5.2 del archivo de Productividad de MO, realizando cálculos adicionales como:

- **Déficit/superávit productivo**: Que representará el incremento o decremento de la productividad en la ejecución de las partidas de control incidentes por tramo o cuadrilla.

El cálculo del superávit productivo se realiza en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Déficit/Superávit productivo} = 1/(\text{IP Meta}) - 1/(\text{IP Acumulado del Mes})$$

- **Total de HH**: ahorradas o adicionales que se han consumido para la realización de cada partida. Este valor en Horas hombre se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$\frac{\{[(\text{Déficit/superávit productivo}) \times (\text{Avance acumulado})] \times (\text{HH por tramo o cuadrilla total})\}}{\text{HH del tramo o cuadrilla de las partidas de control}}$$

Estas Horas Hombre ahorradas o adicionales que se han consumido se agrupan por tramo o cuadrilla para poder valorizar cuántas horas hombre en el mes se ha ahorrado o gastado de más.

El Valor negativo de la tabla significa que se ha utilizados HH de más debido a una productividad baja obtenida y ponderada por partida. El Valor positivo de la tabla significa que se han ahorrado HH como resultado de una superación al IP Meta por partida definido para el mes.



### **Actividades de Mejora**

Durante la Reunión mensual y/o quincenales, se analizará ratios de Productividad para identificar cualquier desviación o tendencia desfavorable respecto a lo previsto.

#### **3.13. METRADOS ACUMULADOS**

De todas las programaciones realizadas por los residentes se tiene el registro de las actividades ejecutadas en conservación de carreteras y puentes se analizarán las 20 actividades más incidentes que se realizaron en los tres tramos de la carretera, se detallan en el Capítulo IV.

#### **3.14. COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO**

Para determinar los costos de operación de un Proyecto de Conservación Vial se realiza un Presupuesto Meta por rubros los cuales incluyen: Planilla O&M, Planilla Staff, Gastos de Local, Materiales, Equipos, Combustible, Servicios de Terceros, Dispositivos de Seguridad, Capacitación y RSE, Mantenimiento Periódico, Financieros y Excepcionales, estos son aprobados por Gerencia, se realiza el control de costos mensualmente para ver la evolución del Proyecto con respecto al Presupuesto, es así como se evalúa la utilidad mensual y al final de año.

#### **3.15. INDICADORES DEL PROYECTO**

Los Indicadores de proyecto son aquellos que están relacionados con la evolución del Proyecto de acuerdo a los trabajos realizados en campo con la medición de la Productividad de mano de obra, el estado en que se encuentra mensualmente la carretera con la medición de niveles de servicio, la incidencia de accidentes que se registran, los vehículos con los que cuenta el Proyecto y en que operatividad se encuentran, los cuales son obtenidos mensualmente y son presentados a Gerencia para que se analice si estamos cumplimiento con lo planificado.

**CAPÍTULO IV**  
**PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE**  
**RESULTADOS**



#### **IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

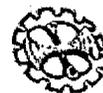
##### **4.1. MANTENIMIENTO DE CARRETERAS**

Para cumplir con el mantenimiento de carreteras se realiza programaciones semanales acorde con las actividades establecidas en el Manual de Especificaciones Técnicas en Conservación de Carreteras y así cumplir con el nivel de servicio deseado.

Esto está acorde con el Sistema de gestión de Pavimentos en base a una planificación, programación y ejecución de los trabajos a realizar.

A través de un adecuado planeamiento, teniendo como herramienta el cronograma general que nos permite programar anualmente las partidas a ejecutar en la carretera, para cumplir con las partidas protegemos dicha planificación con la programación a través del Lookahead Planning que es un programa que se efectúa en base al Cronograma General y de las observaciones de campo, llega a un horizonte de 4 semanas en base a este horizonte se analiza todas las partidas se identifican los posibles obstáculos o limitaciones que pudieran hacer que las partidas consideradas en el mismo, no puedan ser programadas en su oportunidad, luego elaboramos un programa semanal el cual permite definir diariamente las partidas que se ejecutarán en la semana y asignar los recursos necesarios para su ejecución, considerando rendimientos adecuados, estableciendo así los compromisos de producción para la semana, luego de culminada la semana se realiza la evaluación del PPC (Porcentaje de Programa Completado) el cual mide el grado de cumplimiento de las partidas ejecutadas respecto de las programadas, con lo cual nos aseguramos de cumplir un adecuado mantenimiento de carreteras y cumplir con el nivel de servicio deseado.

A continuación se detallan las Programaciones realizadas para los tres tramos de la carretera.



#### **4.3.1. CONSERVACIÓN PUESTA A PUNTO**

En los gráficos y tablas siguientes se muestran las progresivas donde se ejecutarán estas actividades de mantenimiento periódico de acuerdo a lo evaluado en la carretera.

Los trabajos de Conservación Rutinaria Puesta a Punto se desarrollarán por un período de seis meses en los sectores 1, 2 y 3 tanto en carreteras como en puentes.

Estas actividades se ejecutaran por única vez y se mantendrán con las actividades de Rutina. Con este planteamiento se garantiza el cumplimiento de los niveles de servicio.

##### **4.3.1.1. Conservación Puesta a Punto en Carreteras**

En esta etapa ejecutaremos de forma intensiva a lo largo de toda la carretera, donde se requiera, las siguientes actividades de acuerdo a las **tablas II.1, II.2, II.3, II.4, II.5, II.7, II.8 y II.9.**

De acuerdo a la evaluación de la carretera y para cumplir los niveles de servicio según la **tabla III.1**, se aplicará sello de arena-asfalto en los sectores que presenten un desgaste moderado, y un tratamiento Slurry Seal en los sectores con un nivel de agrietamiento moderado.

En el Tramo I se ha considerado efectuar un Tratamiento Slurry Seal prácticamente en toda la longitud del tramo, debido a los niveles de agrietamiento moderado que presenta.

Asimismo, en el Tramo III se está considerando realizar un tratamiento de sello arena-asfalto para recuperar las zonas que presenten áreas con desgaste moderado, las cuales por la extensión del área involucrada se justifica esta intervención. Además en el Tramo III se realizará la demarcación del pavimento y limpieza de cunetas en toda la longitud del tramo.

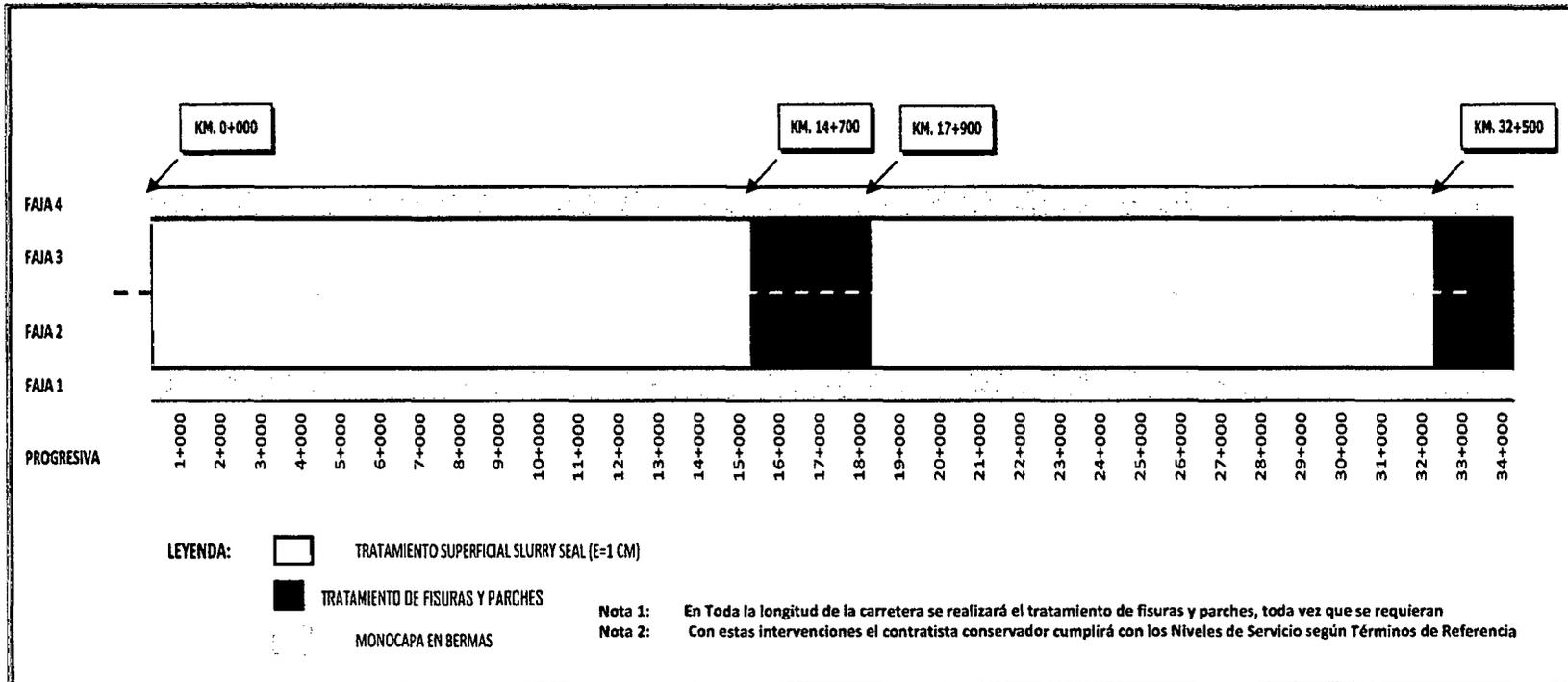


Figura IV.6: Mapeo de Intervenciones en Tramo I (Dv. Las Vegas - Tarma)

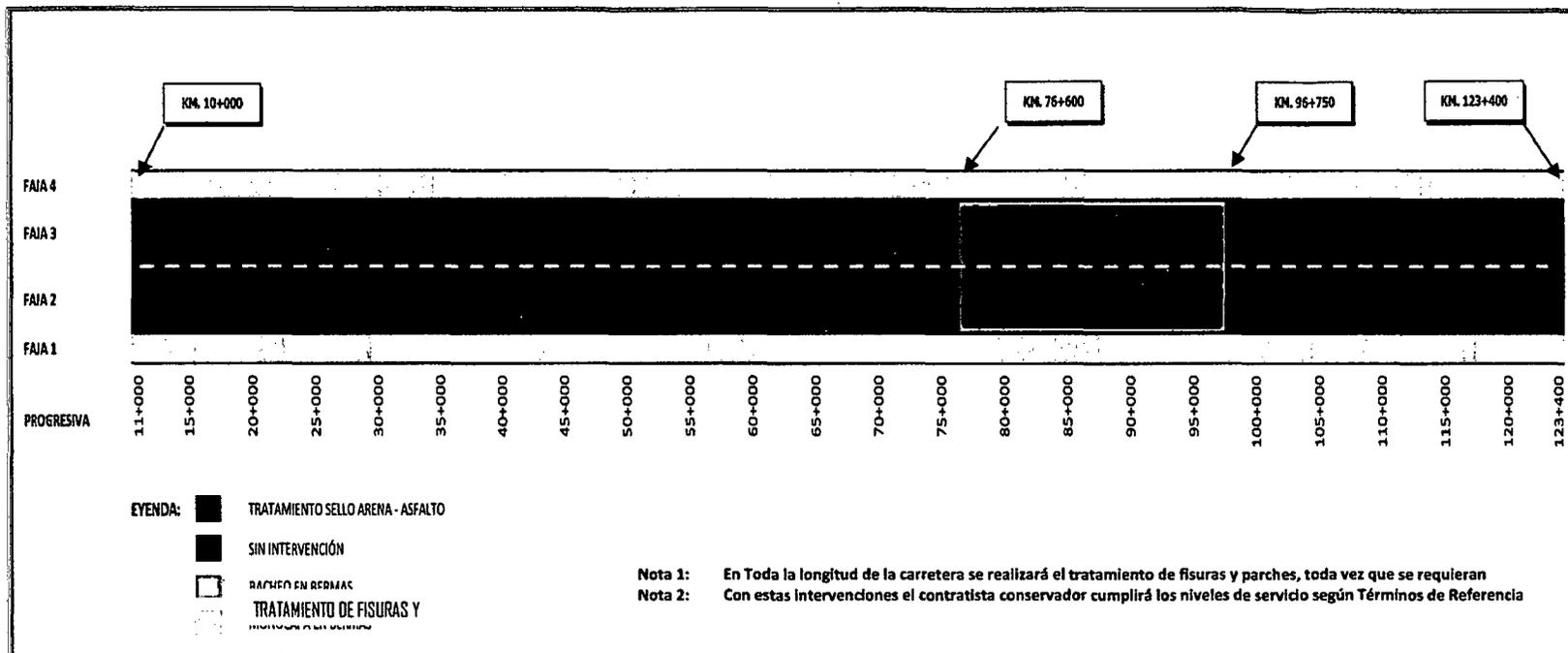


Figura IV.7: Mapeo de Intervenciones en Tramo III (Pte. Raither - Satipo)



**Tabla IV.1: Ubicación y metrados de Slurry Seal**

Frente	Tramo	Carretera	Progresiva (km)		Longitud (m)	Ancho (m)	Metrado a ejecutar (m <sup>2</sup> )
			Inicio	Fin			
Frente I	Tramo I	PE-22B	0+000	14+700	14,700.00	6.50	95,550.00
			17+900	32+500	14,600.00	6.50	94,900.00
<b>TOTAL</b>					<b>29,300.00</b>	<b>-</b>	<b>190,450.00</b>

**Tabla IV.2: Ubicación y metrados de Sello con Arena**

Frente	Tramo	Carretera	Progresiva (km)		Longitud (m)	Ancho (m)	Metrado a ejecutar (m <sup>2</sup> )
			Inicio	Fin			
Frente III	Tramo III	PE-5S	76+600	96+750	20,150.00	7.20	145,080.00
<b>TOTAL</b>					<b>20,150.00</b>	<b>-</b>	<b>145,080.00</b>

Se realizarán trabajos de bacheo de bermas en el Tramo III (en una longitud de 8.20 km en berma derecha y 20.09 km en berma izquierda) y colocación de tratamiento superficial en bermas en los siguientes sectores:

- En una longitud de 34.00 km en ambas bermas en el Tramo I
- En una longitud de 59.66 km en berma derecha y 80.05 km en berma izquierda, distribuidos a lo largo del Tramo III.

#### 4.3.1.2. Conservación Puesta a Punto en Puentes

En esta etapa ejecutaremos de forma intensiva en todos los puentes de toda la carretera, donde se requiera, las siguientes actividades de la **tabla II.6**.

**Tabla IV.3: Resumen de Resultados de la Evaluación por SCAP**

Frente	Tramo	Carretera	Progresiva (Km)		Longitud (Km)	CONDICIÓN GLOBAL DE PUENTES Y PONTONES				
			Inicio	Fin		Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo
						0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
						Unds	Unds	Unds	Unds	Unds
Frente I	Tramo I	PE-22B	0+000	34+000	34.00	0	2	4	0	0
Frente II	Tramo II	PE-22B	34+000	117+000	83.00	0	3	23	2	1
Frente III	Tramo III	PE-5S	10+000	123+400	113.40	0	7	9	2	0
<b>TOTAL</b>					<b>230.40</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

De la tabla obtenemos lo siguiente: tenemos 12 entre puentes y pontones que se encuentran en buena condición, 36 se encuentran en regular condición, 4 en mala condición y 1 en muy mala condición.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO PROFESIONAL**



**Resultados de la Evaluación por SCAP– Tramo I**

Nº	Tramo	Nombre	Inicio	Fin	Luz	SCAP	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Pésimo
							0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5
1	Tramo I	HUASQUI	23+580	23+586	6.00	1.81		1				
2	Tramo I	PACTICANCHA	24+070	24+076	6.60	2.76			1			
3	Tramo I	COLONIAL	28+967	28+983	6.60	2.27			1			
4	Tramo I	CARAZ	30+018	30+024	6.00	2.33			1			
5	Tramo I	HUILCO	30+326	30+333	7.00	1.89		1				
6	Tramo I	MALECON GALVEZ	33+280	33+284	8.40	2.30			1			
TOTAL							0.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00

**Resultados de la Evaluación por SCAP– Tramo II**

Nº	Tramo	Nombre	Inicio	Fin	Luz	SCAP	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Pésimo
							0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5
7	Tramo II	POMACHACA	37+191	37+197	6.50	2.42			1			
8	Tramo II	ACOBAMBA	42+032	42+043	10.50	2.14			1			
9	Tramo II	SAN MIGUEL	42+804	42+815	10.40	2.76			1			
10	Tramo II	YANANGUITO	44+519	44+524	5.00	2.16			1			
11	Tramo II	VILCABAMBA	45+738	45+745	6.50	2.80			1			
12	Tramo II	PALCABADO	53+555	53+573	17.00	2.48			1			
13	Tramo II	YANAMAYO I	55+797	55+800	4.60	2.14			1			
14	Tramo II	YANAMAYO	56+212	56+239	14.20	2.32			1			
15	Tramo II	PAMONTE	61+142	61+149	6.60	3.38				1		
16	Tramo II	HUAYAONIOC	61+886	61+907	20.40	2.20			1			
17	Tramo II	CARPAPATA	66+811	66+833	20.00	2.16			1			
18	Tramo II	MALALMA	72+156	72+180	22.00	2.02			1			
	Tramo II	YANANGO	77+220	77+330	106.40							
19	Tramo II	PAN DE AZUCAR	82+825	82+886	60.40	3.02				1		
20	Tramo II	SAN FELIX	85+539	85+649	91.20	2.27			1			
21	Tramo II	PUNTAYACU	87+070	87+094	23.60	1.84		1				
22	Tramo II	HUACARA	94+176	94+182	5.40	2.41			1			
23	Tramo II	SAN RAMON	96+093	96+204	109.40	2.84			1			
24	Tramo II	SALSIPUEDES	99+373	99+379	5.40	2.89			1			
25	Tramo II	CHUNCHUYACU I	101+382	101+388	5.00	2.38			1			
26	Tramo II	CHUNCHUYACU II	101+622	101+629	7.00	2.32			1			



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROYECTO PROFESIONAL**



27	Tramo II	HERRERIA	104+605	104+755	149.40	1.91		1					
28	Tramo II	SAN CARLOS	106+909	106+951	41.40	2.16			1				
29	Tramo II	EL TUNEL	110+342	110+386	14.60	2.24			1				
30	Tramo II	RIO BLANCO	112+372	112+384	10.70	2.36			1				
31	Tramo II	NIJANDARES	113+002	113+027	22.00	2.42			1				
32	Tramo II	VAQUERIA	114+164	114+171	6.40	2.55			1				
33	Tramo II	MELLIZOS	116+024	116+030	6.00	1.68		1					
34	Tramo II	PONTON KM 116+295	116+295	116+299	3.50	4.05					1		
35	Tramo II	RIO COLORADO	118+296	118+358	60.50	2.28			1				
							<b>TOTAL</b>	<b>0.00</b>	<b>3.00</b>	<b>23.00</b>	<b>2.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>

Resultados de la Evaluación por SCAP– Tramo III

Nº	Tramo	Nombre	Inicio	Fin	Luz principal	SCAP	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Pésimo	
							0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5	
36	Tramo III	RAYTHER	10+304	10+496	92.6	2.18			1				
37	Tramo III	JUAN VELASCO	19+862	19+898	35	2.20			1				
38	Tramo III	SANTA ANA	20+446	20+468	21.40	2.24			1				
39	Tramo III	BAJO TOTERANI	32+163	32+168	4.0	2.72			1				
40	Tramo III	SIRIARI	44+718	44+725	7.0	1.71		1					
41	Tramo III	BOCA PUMPURIANI	49+409	49+417	7.50	2.08			1				
42	Tramo III	PONTON KIVINAKI	54+462	54+469	6.50	1.67		1					
43	Tramo III	KIVINAKI	56+811	56+883	29.50	1.67		1					
44	Tramo III	PICHANAKI	69+186	69+257	50.70	3.37				1			
45	Tramo III	SOTORANI	72+270	72+280	10.0	2.40			1				
46	Tramo III	TMC CHIMPITINANI	75+200	75+213	3.95	2.71			1				
47	Tramo III	ASHANINKA	79+953	79+960	6.20	1.74		1					
48	Tramo III	IPOKI	89+054	89+120	50.80	3.40				1			
49	Tramo III	VILLA KAPIRI	103+252	103+259	6.20	1.80		1					
50	Tramo III	TMC VILLA KAPIRI	104+586	104+592	4.3	1.65		1					
51	Tramo III	RIO NEGRO	113+818	113+840	21.0	1.79		1					
52	Tramo III	TIMARI	115+811	115+818	5.60	2.02			1				
53	Tramo III	SAN FRANCISCO	119+234	119+242	7.40	2.30			1				
							<b>TOTAL</b>	<b>0.00</b>	<b>7.00</b>	<b>9.00</b>	<b>2.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

<b>TOTAL</b>	<b>0.00</b>	<b>12.00</b>	<b>36.00</b>	<b>4.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>
--------------	-------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------



Las actividades de intervención que se plantea adoptar para las estructuras de concreto y acero de cada puente y se ejecutaran en base a los procedimientos establecidos en las Especificaciones Generales para Conservación de Carreteras del MTC aprobado con R.D. N° 051-2007-MTC .

A continuación, se presenta el cuadro de distribución de recursos para la Conservación Puesta a Punto.

Ciudades	Dr. Las Vegas	Tarma	Oda Yanago	Oda Yanago	La Merced	Pta Reither	Pta Reither	Pichanaki	Satipo
Progresivas Relativas Sectores	Frente 1			F2			F3		
Longitud (Km)	77.00			40.00			113.4		
Cuadrillas de PAP	6-1 6-2 6-3 6-4 6-5			6-6			6-7 6-8 6-9 6-10 6-11		
Cuadrilla Puentes PAP	6-6			6-6			6-6		
KM	77 Km.			40 Km.			113.4 Km.		
Ubicación de Oficina Zonal	Tarma			La Merced			Pichanaki		
Configuración de cuadrilla	Mano de Obra			Mano de Obra			Mano de Obra		
Jefe de cuadrilla	6			6			6		
auxilieres de mantenimiento	70			70			70		
Señaleros	10			10			10		
Chofer de Camioneta	1			1			1		
Choferes de Combi, Custer, Mhivan	2			5			5		
Choferes de Camión Fusco, Volquete	14			14			14		
Operadoras de Excavadora, Tractor Oruga									
Operadoras de Retroexcavadora							1		
Operadoras de Mnicargador							3		
Equipo									
Camioneta	8			8			8		
Combis, Custer, Mhivan	3			6			6		
Tanques Estacionarios	3			1			1		
Rodillo 3T	1			1			1		
Camión	6			6			6		
Equipo Ruteo				2			2		
Equipo de Sello				1			1		
Cisterna de Combustible	1			1			1		
Camión Imprimador	1			1			1		
Micropavimentadora	1								
Retroexcavadora	1						1		
Mnicargadores	2						3		
Volquete	8						6		

**Figura IV.8: Distribución de recursos para conservación Puesta a punto**

**\*PAP: Puesta a Punto o Mantenimiento periódico.**



**Tabla IV.24: Resumen en Punto de Conteo Puente Palcabado Km. 53+538**

DIAS	Sentido	Vehículos Livianos			Buses 2 Ejes		B+2E		Camión 2 Ejes		Camión + 2 Ejes								Total		
		AU	CM	CR	MB	B2	B3	B4	C2 Chico	C2 Grande	C3	C4	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
Viernes 20/01/2012	Ambos	1089	358	100	0	133	134	34	224	447	171	36	6	14	4	63	2	1	0	8	2824
	D	492	120	44	0	42	51	10	43	227	78	9	1	6	2	26	1	1	0	4	1157
	I	597	238	56	0	91	83	24	181	220	93	27	5	8	2	37	1	0	0	4	1667
Sábado 21/01/2012	Ambos	1191	323	80	43	159	126	46	259	511	154	43	11	3	2	61	1	2	0	16	3031
	D	534	129	34	17	50	47	16	43	200	62	7	0	0	1	19	1	2	0	11	1173
	I	657	194	46	26	109	79	30	216	311	92	36	11	3	1	42	0	0	0	5	1858
Domingo 22/01/2012	Ambos	1227	285	106	56	169	110	110	38	431	137	33	0	8	18	46	1	7	1	4	2787
	D	591	119	53	15	59	47	47	10	164	45	9	0	2	2	18	0	6	1	2	1190
	I	636	166	53	41	110	63	63	28	267	92	24	0	6	16	28	1	1	0	2	1597
Lunes 23/01/2012	Ambos	984	312	118	25	120	112	112	46	406	138	39	7	14	0	54	0	1	0	21	2509
	D	488	151	39	10	48	49	49	22	165	39	7	0	5	0	19	0	0	0	8	1099
	I	496	161	79	15	72	63	63	24	241	99	32	7	9	0	35	0	1	0	13	1410
Martes 24/01/2012	Ambos	993	299	109	5	117	41	41	291	510	175	39	15	15	9	84	0	0	0	13	2756
	D	527	150	37	2	50	10	10	43	238	56	6	0	3	1	30	0	0	0	6	1169
	I	466	149	72	3	67	31	31	248	272	119	33	15	12	8	54	0	0	0	7	1587
Miércoles 25/01/2012	Ambos	957	296	131	13	132	125	33	241	477	135	37	3	13	9	61	1	1	0	4	2669
	D	505	146	46	0	42	47	18	46	259	76	9	1	4	1	35	0	1	0	2	1238
	I	452	150	85	13	90	78	15	195	218	59	28	2	9	8	26	1	0	0	2	1431
Jueves 26/01/2012	Ambos	1022	391	135	18	125	104	32	271	477	148	31	4	3	24	64	3	0	3	3	2858
	D	499	236	48	11	42	33	9	38	204	58	10	0	1	2	26	2	0	1	1	1221
	I	523	155	87	7	83	71	23	233	273	90	21	4	2	22	38	1	0	2	2	1637
<b>PROMEDIO SEMANAL AMBOS</b>		<b>1066</b>	<b>323</b>	<b>111</b>	<b>23</b>	<b>136</b>	<b>107</b>	<b>58</b>	<b>196</b>	<b>466</b>	<b>151</b>	<b>37</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>62</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>2776</b>



**Tabla IV.25: Resumen en Punto de Conteo La Merced Km. 107+800**

DIAS	Sentido	Vehículos Livianos			Buses 2 Ejes		B+2E		Camión 2 Ejes		Camión + 2 Ejes								Total		
		AU	CM	CR	MB	B2	B3	B4	C2 Chico	C2 Grande	C3	C4	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
Viernes 27/01/2012	Ambos	1560	565	442	5	57	53	20	53	471	136	9	1	6	6	42	3	0	1	0	3430
	D	802	252	242	3	27	31	8	24	239	69	7	1	2	1	22	2	0	1	0	1733
	I	758	313	200	2	30	22	12	29	232	67	2	0	4	5	20	1	0	0	0	1697
Sábado 28/01/2012	Ambos	1787	642	433	4	43	61	15	37	455	123	13	1	5	1	32	0	1	4	1	3658
	D	909	293	231	2	19	35	6	18	224	64	6	0	1	1	11	0	1	1	1	1823
	I	878	349	202	2	24	26	9	19	231	59	7	1	4	0	21	0	0	3	0	1835
Domingo 29/01/2012	Ambos	1589	508	365	6	46	56	56	18	348	85	16	1	0	0	23	0	0	2	1	3120
	D	794	218	205	3	26	16	16	6	156	39	7	0	0	0	12	0	0	1	0	1499
	I	795	290	160	3	20	40	40	12	192	46	9	1	0	0	11	0	0	1	1	1621
Lunes 30/01/2012	Ambos	1714	684	406	2	52	84	84	14	450	124	15	0	6	1	24	0	0	1	0	3661
	D	841	330	209	1	24	54	54	10	215	62	5	0	3	0	9	0	0	0	0	1817
	I	873	354	197	1	28	30	30	4	235	62	10	0	3	1	15	0	0	1	0	1844
Martes 31/01/2012	Ambos	1519	564	358	1	57	14	14	34	471	140	17	0	4	0	28	0	0	0	0	3221
	D	796	287	189	0	27	5	5	20	241	59	12	0	1	0	13	0	0	0	0	1655
	I	723	277	169	1	30	9	9	14	230	81	5	0	3	0	15	0	0	0	0	1566
Miércoles 01/02/2012	Ambos	1425	562	350	2	51	53	15	23	505	133	17	2	3	4	40	0	0	2	2	3189
	D	750	273	192	1	20	29	5	19	275	76	12	1	1	1	26	0	0	1	0	1682
	I	675	289	158	1	31	24	10	4	230	57	5	1	2	3	14	0	0	1	2	1507
Jueves 02/02/2012	Ambos	1615	559	348	8	40	69	11	43	479	116	12	2	5	1	30	0	0	2	0	3340
	D	819	257	181	1	18	30	5	24	238	69	7	2	4	1	15	0	0	2	0	1673
	I	796	302	167	7	22	39	6	19	241	47	5	0	1	0	15	0	0	0	0	1667
<b>PROMEDIO SEMANAL AMBOS</b>		<b>1601</b>	<b>583</b>	<b>386</b>	<b>4</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>454</b>	<b>122</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3374</b>



**Tabla IV.26: Resumen en Punto de Conteo Puente Raither Km. 10+500**

DIAS	Sentido	Vehículos Livianos			Buses 2 Ejes		B+2E		Camión 2 Ejes		Camión + 2 Ejes								Total		
		AU	CM	CR	MB	B2	B3	B4	C2 Chlco	C2 Grande	C3	C4	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
Viernes 27/01/2012	Ambos	1046	296	167	5	51	49	22	222	346	98	36	10	5	17	18	1	2	1	3	2395
	D	549	130	95	1	20	14	5	47	165	62	8	1	1	2	13	1	1	1	1	1117
	I	497	166	72	4	31	35	17	175	181	36	28	9	4	15	5	0	1	0	2	1278
Sábado 28/01/2012	Ambos	1145	336	209	11	83	79	41	241	363	126	38	12	3	6	24	0	0	1	1	2719
	D	535	121	88	1	24	23	3	33	126	64	3	0	1	1	7	0	0	1	1	1032
	I	610	215	121	10	59	56	38	208	237	62	35	12	2	5	17	0	0	0	0	1687
Domingo 29/01/2012	Ambos	1070	304	213	7	103	61	61	13	321	142	20	1	1	2	15	0	1	0	3	2338
	D	489	103	76	2	30	16	16	3	106	23	7	0	1	0	9	0	1	0	3	885
	I	581	201	137	5	73	45	45	10	215	119	13	1	0	2	6	0	0	0	0	1453
Lunes 30/01/2012	Ambos	1135	365	231	12	84	123	123	15	381	137	58	7	15	6	25	0	2	1	8	2728
	D	507	154	81	3	21	42	42	5	117	36	2	0	1	0	9	0	2	0	3	1025
	I	628	211	150	9	63	81	81	10	264	101	56	7	14	6	16	0	0	1	5	1703
Martes 31/01/2012	Ambos	1035	289	196	3	93	19	19	221	330	156	24	6	9	1	55	1	0	0	4	2461
	D	463	123	72	1	17	7	7	27	119	28	6	0	1	1	14	0	0	0	0	886
	I	572	166	124	2	76	12	12	194	211	128	18	6	8	0	41	1	0	0	4	1575
Miércoles 01/02/2012	Ambos	1062	307	168	0	113	93	45	318	507	140	46	18	5	8	52	1	5	6	5	2899
	D	450	115	72	0	20	24	14	31	174	39	5	1	0	1	18	0	1	0	0	965
	I	612	192	96	0	93	69	31	287	333	101	41	17	5	7	34	1	4	6	5	1934
Jueves 02/02/2012	Ambos	1103	300	171	4	74	77	24	257	377	126	39	5	7	7	39	0	2	2	0	2614
	D	512	104	83	0	23	22	15	36	101	29	2	0	3	1	10	0	1	2	0	944
	I	591	196	88	4	51	55	9	221	276	97	37	5	4	6	29	0	1	0	0	1670
<b>PROMEDIO SEMANAL AMBOS</b>		<b>1085</b>	<b>314</b>	<b>194</b>	<b>6</b>	<b>86</b>	<b>72</b>	<b>48</b>	<b>184</b>	<b>375</b>	<b>132</b>	<b>37</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2593</b>



En donde, las abreviaciones en las tablas anteriores tienen el siguiente significado:

Sentido	Ambos	Conteo en Ambos sentidos
	D	Conteo en el Carril Derecho
	I	Conteo en el Carril Izquierdo
Vehículos Livianos	AU	Automóviles
	CM	Camionetas
	CR	Camioneta Rural (Combi)
Buses de 2 Ejes	MB	Microbús
	B2	Ómnibus de 2 ejes
Buses de más de 2 Ejes	B3	Ómnibus de 3 o más ejes
Camión de 2 Ejes	C2 Chico	Camión de 2 ejes
	C2 Grande	Camión de 2 ejes
Camión de más de 2 Ejes	C3	Camión de más de 2 ejes
	2S2	Semi Trayler de 4 ejes
	2S3	Semi Trayler de 5 ejes
	3S2	Semi Trayler de 5 ejes
	3S3	Semi Trayler de 6 ejes
	2T2	Trayler de 4 ejes
	2T3	Trayler de 5 ejes
	3T2	Trayler de 5 ejes
3T3	Trayler de 6 ejes	

#### a) Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Como en este caso no se tiene una serie histórica permanente, se asume el factor de corrección estacional (FCE) igual a 1.00, es decir, no se usa el FCE. De esta forma el IMDA, queda definido como el promedio aritmético del volumen de tránsito de los siete días de evaluación y se presenta en las siguientes tablas.

En la primera tabla se muestra el IMDA para cada tipo de vehículo contabilizado y su porcentaje de participación, en la segunda tabla se muestra un resumen para los vehículos clasificados según las categorías de livianos y la gama de pesados, además de su porcentaje de participación.

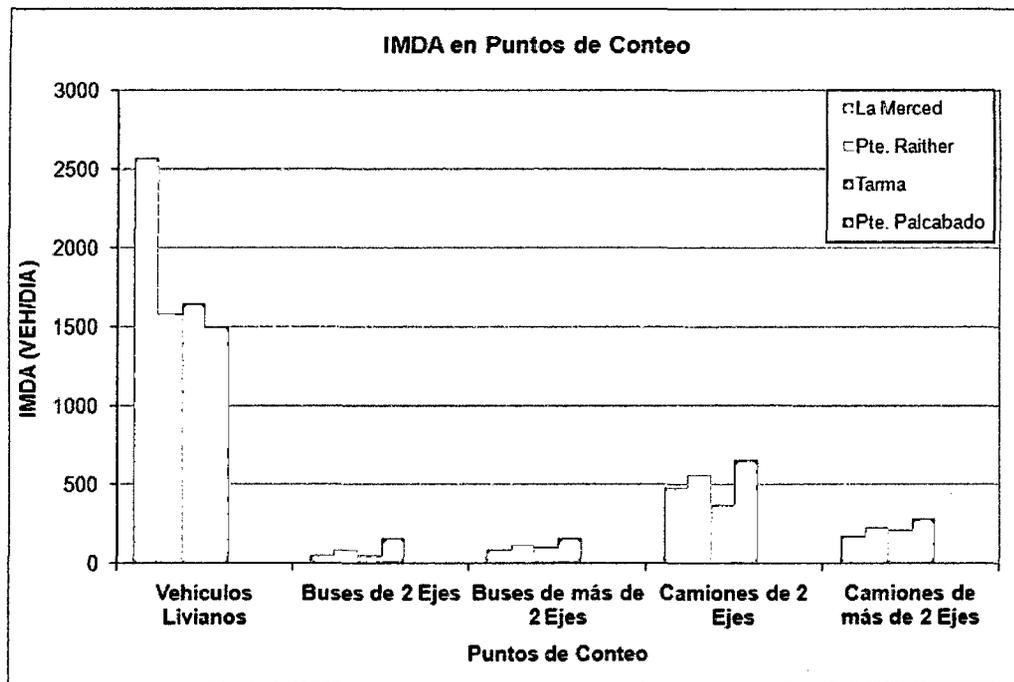


Figura IV.9: Gráfica de IMDA según Clasificación Vehicular en Puntos de Conteo

En el gráfico se puede visualizar claramente que el punto de conteo que presenta un mayor volumen de tránsito es La Merced (salida de la ciudad hacia Puente Raither) seguidamente se encuentran los puntos de Tarma (salida de la ciudad hacia el Desvío Las Vegas) y Puente Raither (en dirección hacia Satipo) cuyos valores de tráfico son muy parecidos pero menores al de La Merced. El tramo de Tarma a La Merced asociado al punto de conteo Puente Palcabado es el menos solicitado (comparando vehículos livianos) pero es el más solicitado en vehículos pesados, los que tienen mayor factor destructivo.



**b) Factores de Corrección**

▪ **Factor de Corrección Horaria**

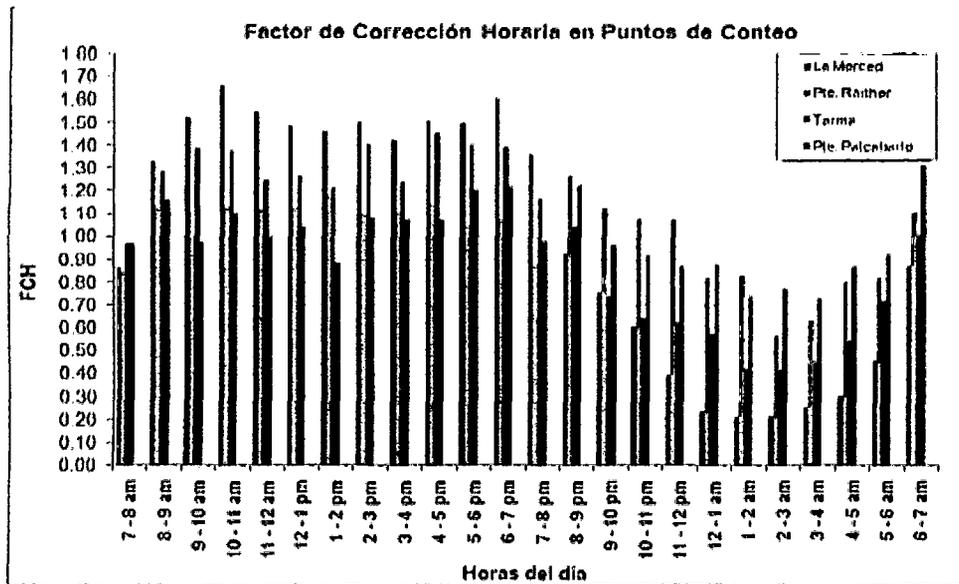
**Tabla IV.29: Factores de Corrección Horaria en Puntos de Conteo**

Hora	FACTOR DE CORRECCION HORARIA (FCH = V. hora / V. promedio día)			
	Tarma	Pte. Palcabado	La Merced	Pte. Raither
7 - 8 am	0.97	0.97	0.87	0.85
8 - 9 am	1.29	1.16	1.33	1.13
9 - 10 am	1.39	0.98	1.53	0.99
10 - 11 am	1.38	1.10	1.66	1.13
11 - 12 am	1.25	1.00	1.55	1.12
12 - 1 pm	1.27	1.04	1.49	1.13
1 - 2 pm	1.21	0.89	1.46	1.18
2 - 3 pm	1.41	1.09	1.50	1.10
3 - 4 pm	1.24	1.08	1.43	1.10
4 - 5 pm	1.45	1.08	1.51	1.15
5 - 6 pm	1.40	1.21	1.50	1.05
6 - 7 pm	1.39	1.22	1.61	1.07
7 - 8 pm	1.17	0.98	1.36	0.88
8 - 9 pm	1.04	1.23	0.93	1.27
9 - 10 pm	0.74	0.97	0.76	1.13
10 - 11 pm	0.64	0.92	0.60	1.08
11 - 12 pm	0.62	0.87	0.39	1.08
12 - 1 am	0.57	0.88	0.23	0.82
1 - 2 am	0.42	0.74	0.21	0.83
2 - 3 am	0.42	0.77	0.22	0.57
3 - 4 am	0.45	0.73	0.25	0.63
4 - 5 am	0.54	0.86	0.30	0.30
5 - 6 am	0.72	0.93	0.46	0.82
6 - 7 am	1.01	1.32	0.87	1.11

También, se presentan gráficamente estos valores en la siguiente figura.



**Figura IV.10: Gráfica de FCH en Puntos de Conteo**



Se puede determinar del gráfico, que en general se marca una tendencia en todos los puntos de conteo respecto a la distribución durante el día del tránsito vehicular. También, se puede visualizar que desde las 12 a.m. hasta alrededor de las 6 a.m. es el horario de baja frecuencia vehicular, y a su vez desde las 6 a.m. comienza a incrementarse el flujo de vehículos teniendo sus horas punta entre las 9 a.m. y 12 a.m. por la mañana y entre las 4 p.m. y 7 p.m. por la tarde, hora en la que comienza a disminuir la frecuencia hasta estabilizarse alrededor de las 12 a.m.

▪ **Factor de Corrección Diario**

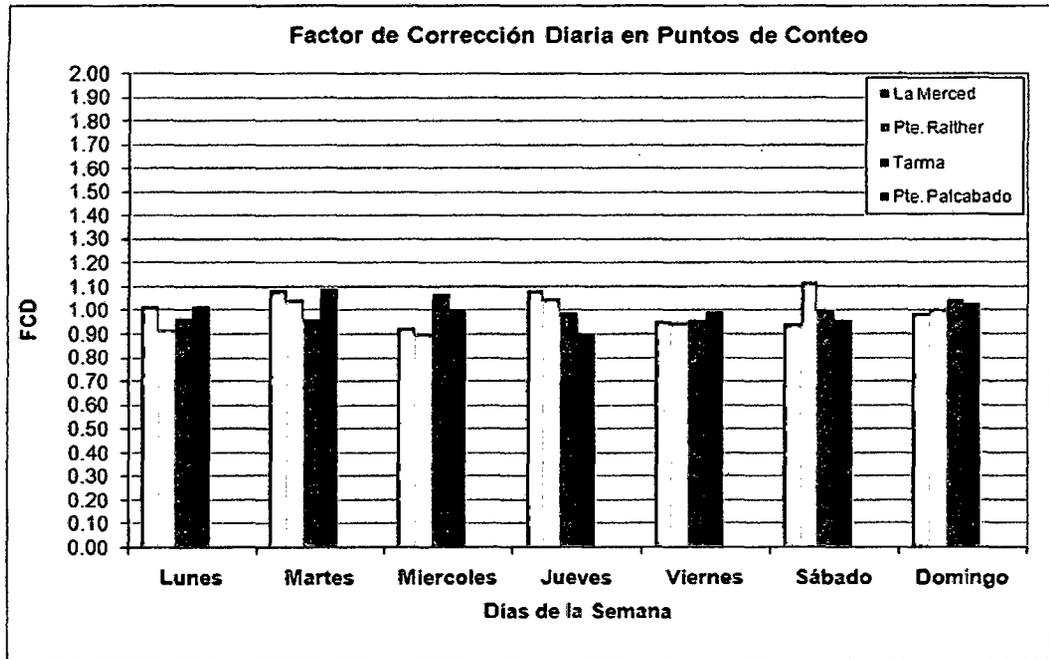
**Tabla IV.30: Factores de Corrección Diaria en Puntos de Conteo**

DÍAS	FACTOR DE CORRECCIÓN DIARIA (FCD = V. día / V. promedio semana)			
	Tarma	Pte. Palcabado	La Merced	Pte. Raither
Lunes	0.97	1.02	1.02	0.92
Martes	0.96	1.09	1.08	1.05
Miércoles	1.07	1.00	0.92	0.90
Jueves	0.99	0.90	1.09	1.05
Viernes	0.96	0.99	0.95	0.95
Sábado	1.00	0.96	0.95	1.12
Domingo	1.05	1.03	0.99	1.01



También, se presentan gráficamente estos valores en la siguiente figura.

Figura IV.11: Gráfica de FCD en Puntos de Conteo



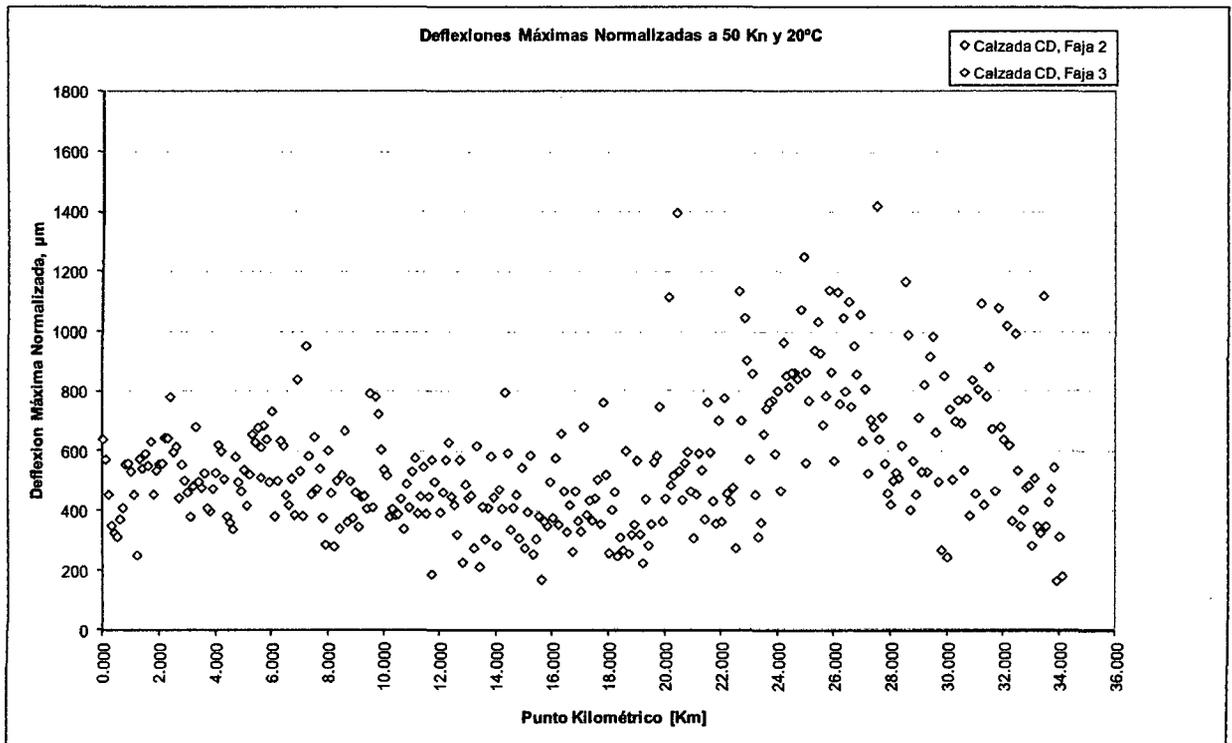
Se puede determinar del gráfico que en general la distribución de los volúmenes de flujo vehicular que transitan en los diferentes días de la semana no presenta grandes diferencias.



#### 4.6. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

En las siguientes figuras se presentan los valores de deflexión máxima normalizada a 50kN, según los tramos del Proyecto. En el Anexo E SIC-27 se encuentran el detalle de las deflexiones para cada Tramo evaluado.

Figura IV.12: Deflexión máxima normalizada. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma.

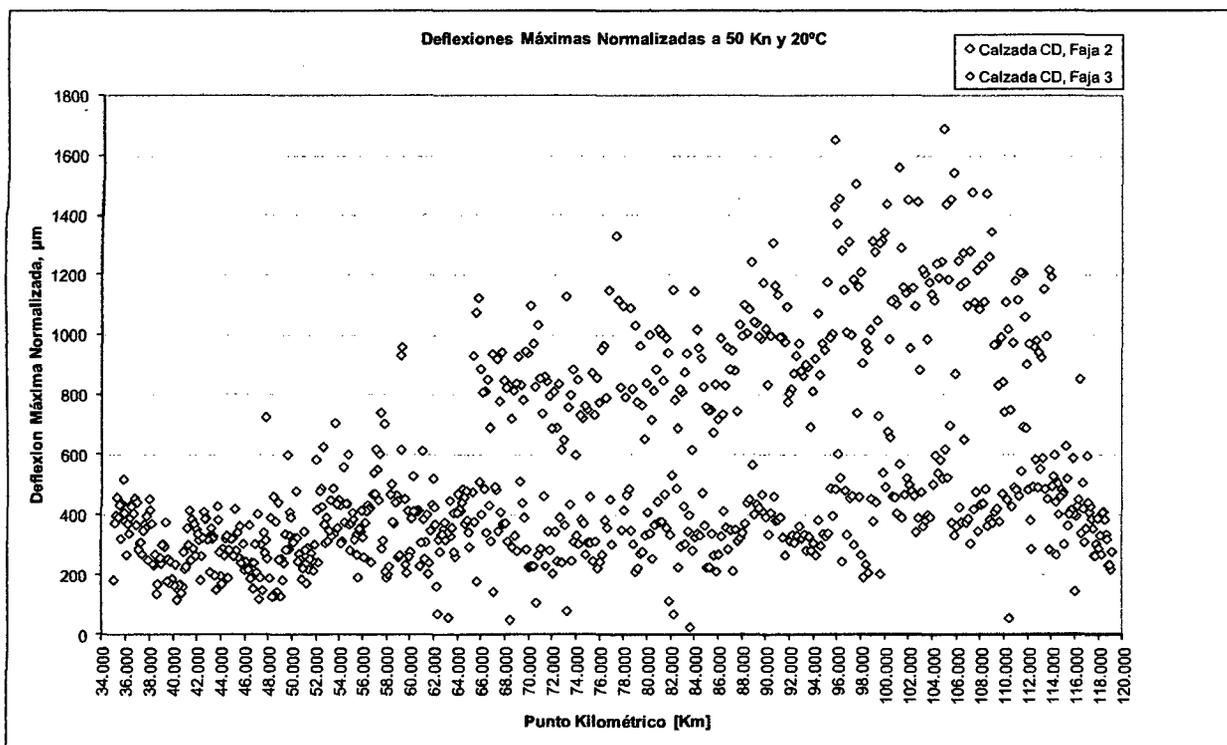


#### Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma

Se observan deflexiones muy heterogéneas en toda su extensión, lo que en parte se debe a las distintas estructuras de pavimento presentes en el tramo y la gran presencia de grietas, esto de acuerdo a las observaciones de la medición.



Figura IV.13: Deflexión máxima normalizada. Tramo II Tarma – Pte. Raither.



### Tramo II Tarma – Pte. Raither

Para el Tramo II, entre los km 65+000 y km 113+800, se presenta una diferencia de capacidad estructural en ambas calzadas, asociada a mayores deflexiones y menor número estructural de la calzada CD faja 3 con respecto a la calzada CD faja 2. Para el resto del tramo las condiciones son similares entre ambas calzadas.



Figura IV.14: Deflexión máxima normalizada. Tramo III Pte. Raither – Satipo.

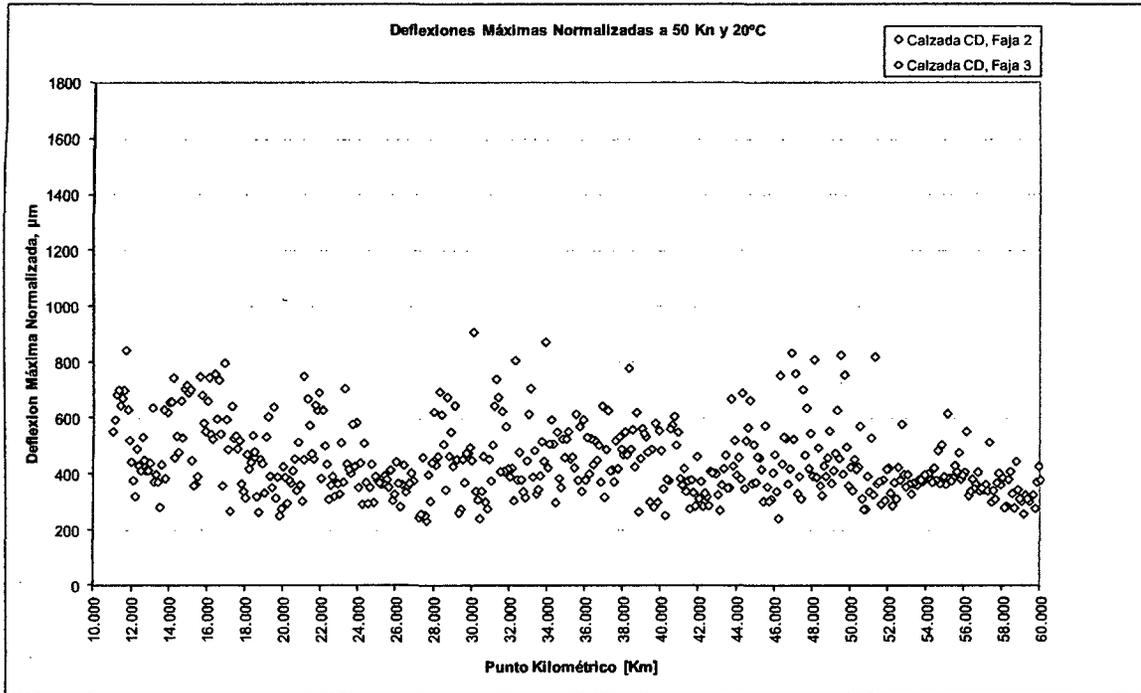
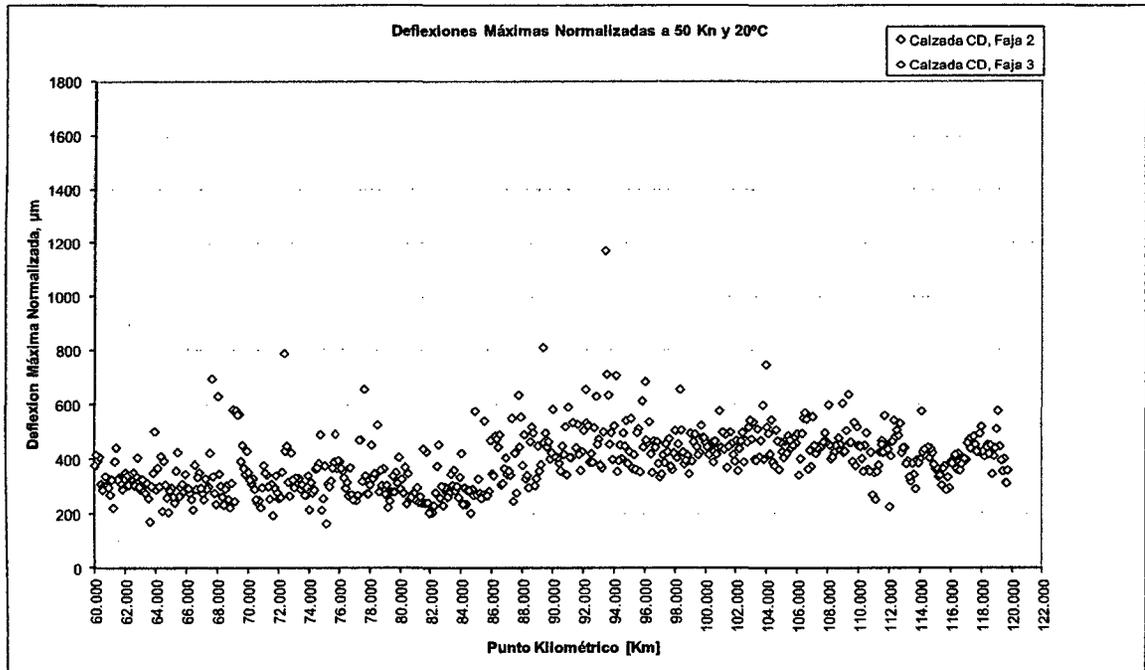


Figura IV.15: Deflexión máxima normalizada. Tramo III Pte. Raither – Satipo.



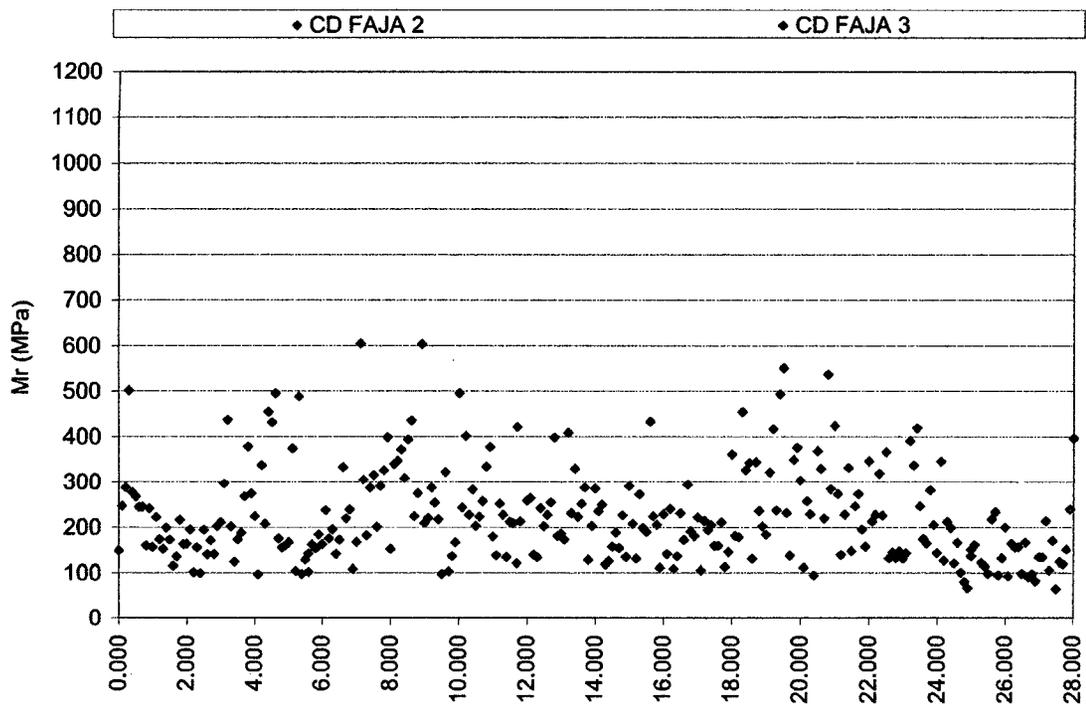


### Tramo III Pte. Raither – Satipo

Para el Tramo III, se observa estabilidad en todo el tramo de deflexiones, módulo resiliente y número estructural, lo cual indicaría que tanto la subrasante como la estructura, son homogéneas a lo largo del tramo.

Las siguientes figuras presentan los valores del módulo resiliente de la plataforma de fundación. En el caso de suelos finos, se presentan las gráficas considerando un factor de corrección de 0,33.

Figura IV.16: Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma.

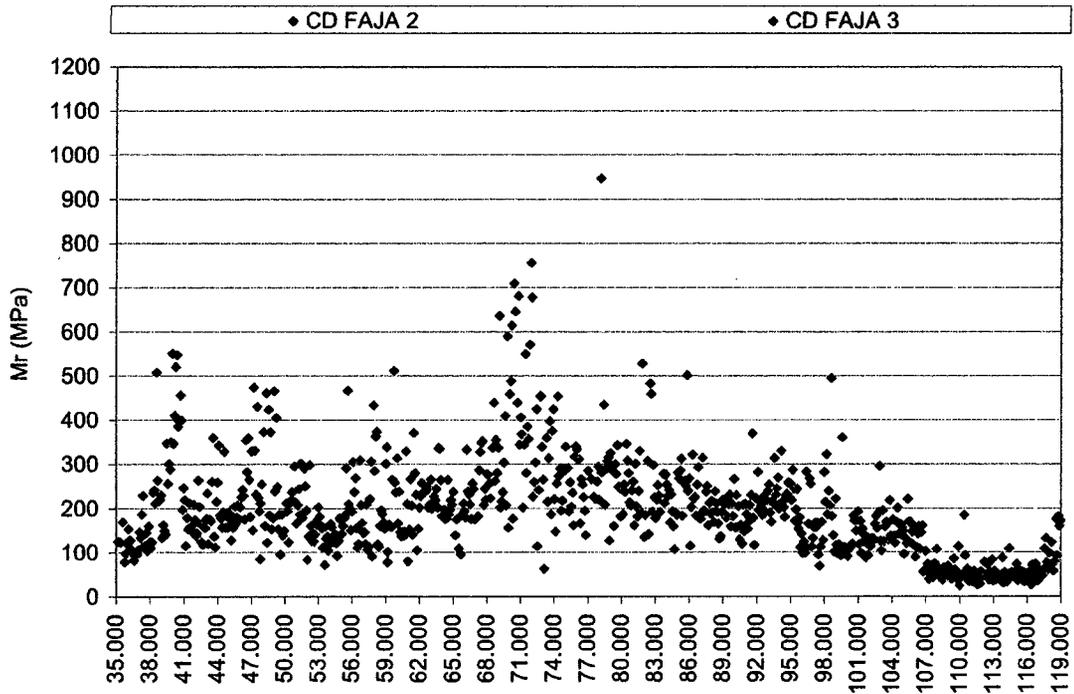


### Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma

Sobre el módulo resiliente del tramo, se presenta una variación del 48%, lo que indicaría que la subrasante no presenta condiciones homogéneas, al igual que en las deflexiones.



Figura IV.17: Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación. Tramo II Tarma – Pte. Raither.

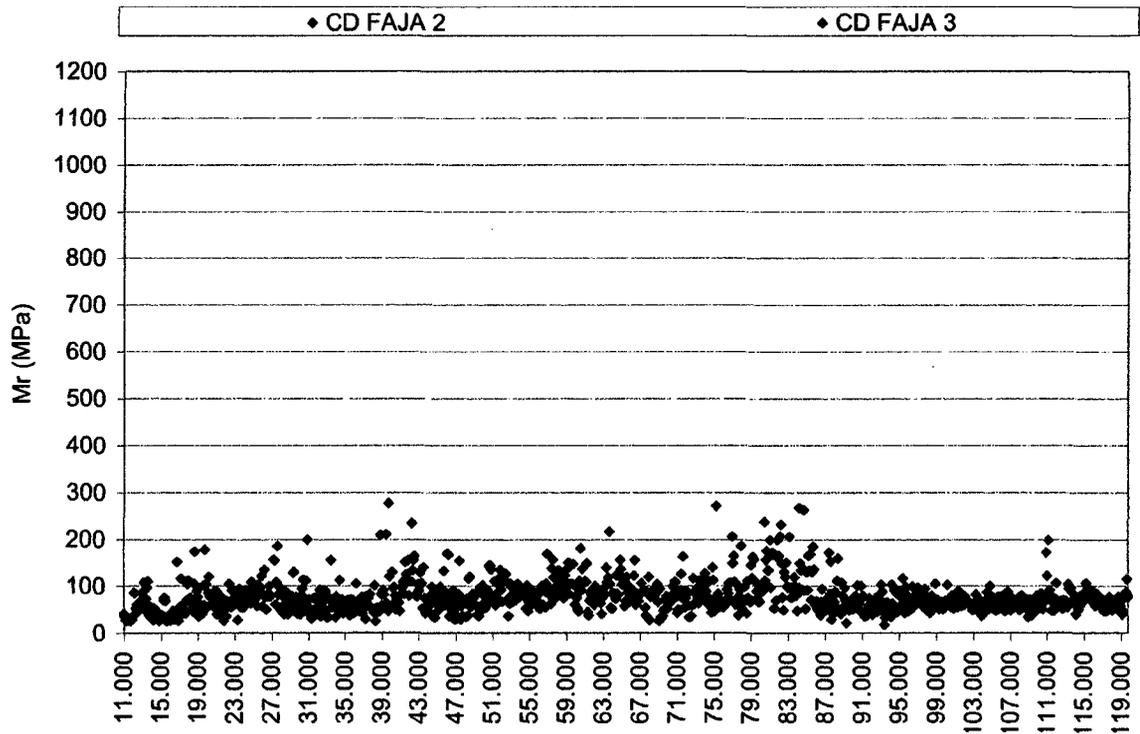


#### Tramo II Tarma – Pte. Raither

Con respecto al módulo resiliente, se obtienen valores similares entre calzadas, sin embargo, se observa una dispersión a lo largo del tramo, con una variación promedio del 60%.



Figura IV.18: Módulo Resiliente de la Plataforma de Fundación. Tramo III Pte. Raither – Satipo.



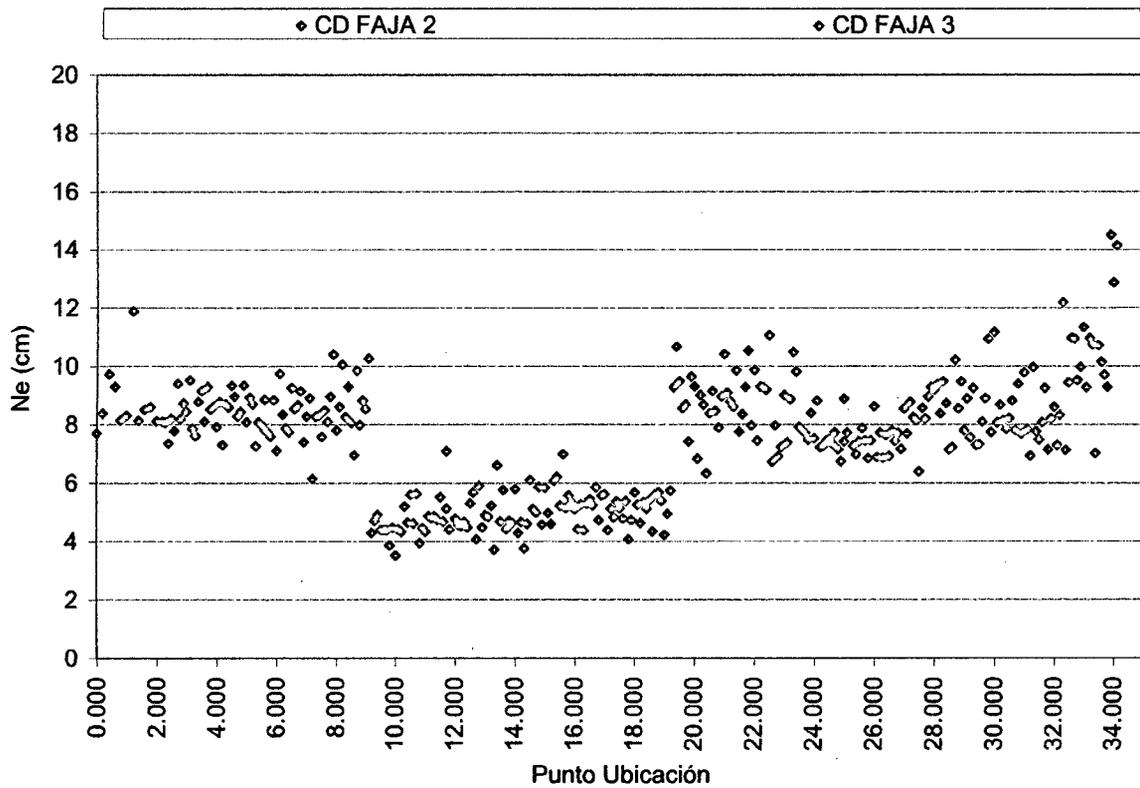
#### Tramo III Pte. Raither – Satipo

Para el Tramo III, se observa estabilidad para el módulo resiliente lo cual indicaría que tanto la subrasante como la estructura, son homogéneas a lo largo del tramo.



En las siguientes figuras se presentan los valores del número estructural efectivo.

**Figura IV.19: Número Estructural Efectivo. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma.**

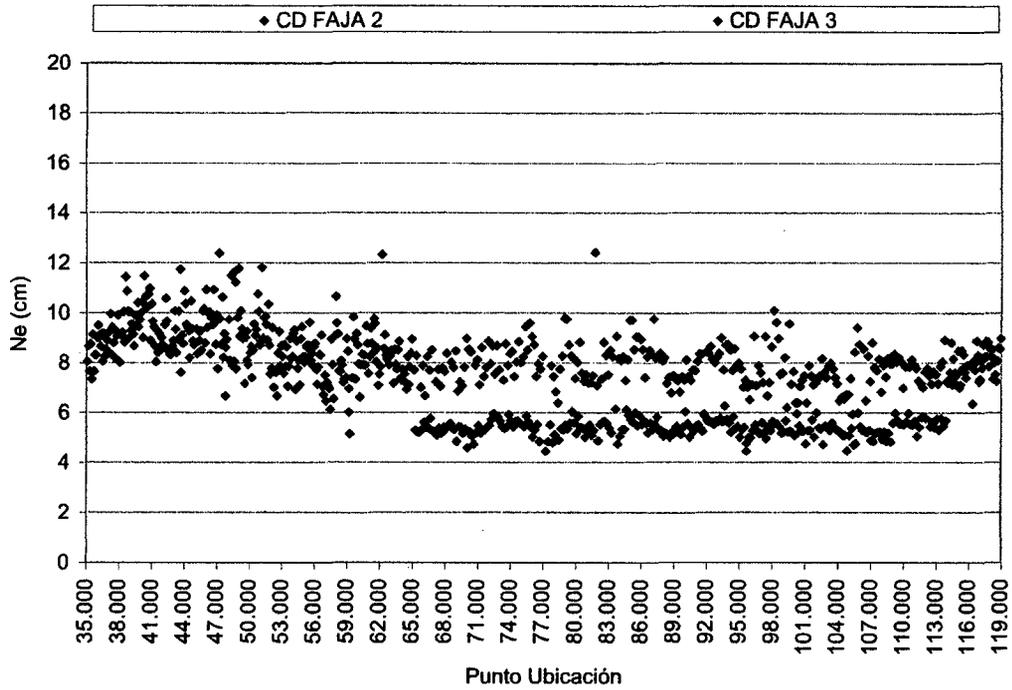


#### Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma

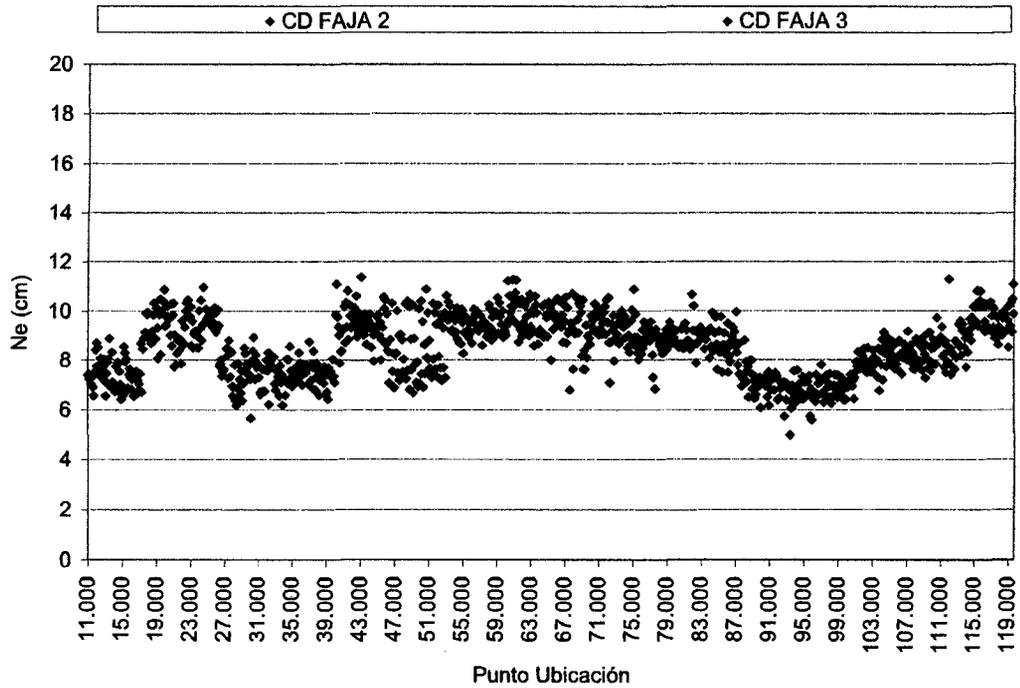
El número estructural para este tramo, presenta una variación del 26%, lo cual es esperable considerando los distintos espesores de capas existentes en el tramo.



**Figura IV.20: Número Estructural Efectivo. Tramo II Tarma – Pte. Raither.**



**Figura IV.21: Número Estructural Efectivo. Tramo III Pte. Raither – Satipo.**





En las siguientes tablas se presenta un resumen estadístico de los resultados obtenidos para la deflexión máxima (D0max), Módulo Resiliente (MR) y Número Estructural (NEe) que incluye los valores máximos, mínimos y promedios de los parámetros para cada una de las Fajas evaluadas, en base a ensayos realizados a una carga de 50 KN.

**Tabla IV.31: Resumen Estadístico. Tramo I Dv. Las Vegas – Tarma.**

	Pista 1			Pista 2		
	D0n ( $\mu\text{m}$ )	Mr (MPa)	NEe (cm)	D0n ( $\mu\text{m}$ )	Mr (MPa)	NEe (cm)
<b>Promedio</b>	568	225	7	563	220	8
<b>Máximo</b>	1428	553	13	1511	606	15
<b>Mínimo</b>	178	67	4	157	66	4
<b>Desvest</b>	224	109	2	232	101	2
<b>C.V.</b>	39%	48%	26%	41%	46%	27%

**Tabla IV.32: Resumen Estadístico. Tramo II Tarma – Pte. Raither.**

	Pista 1			Pista 2		
	D0n ( $\mu\text{m}$ )	Mr (MPa)	NEe (cm)	D0n ( $\mu\text{m}$ )	Mr (MPa)	NEe (cm)
<b>Promedio</b>	371	206	8	648	192	7
<b>Máximo</b>	897	1222	25	1370	947	12
<b>Mínimo</b>	26	24	6	131	30	4
<b>Desvest</b>	124	127	1	291	110	2
<b>C.V.</b>	33%	62%	18%	45%	57%	26%

**Tabla IV.33: Resumen Estadístico. Tramo III Pte. Raither – Satipo.**

	Pista 1			Pista 2		
	D0n ( $\mu\text{m}$ )	Mr (MPa)	NEe (cm)	D0n ( $\mu\text{m}$ )	Mr (MPa)	NEe (cm)
<b>Promedio</b>	379	81	8	377	76	9
<b>Máximo</b>	1339	278	11	795	272	11
<b>Mínimo</b>	173	18	5	143	22	6
<b>Desvest</b>	110	37	1	113	34	1
<b>C.V.</b>	29%	46%	14%	30%	44%	14%



Es muy importante destacar la influencia de los espesores y características ingresados en el modelo, tanto de estructura de pavimento como de subrasante, ya que este es altamente sensible a estos factores.

#### 4.7. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

##### Tramo I, Dv. Las Vegas - Tarma

Figura IV.22: IRI MM (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 2

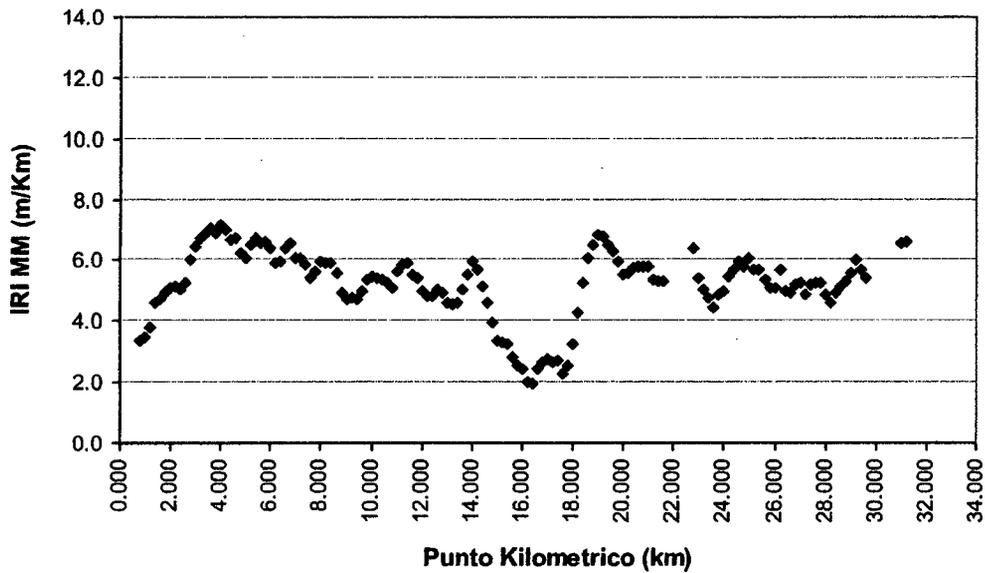


Figura IV.23: IRI MM (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 3

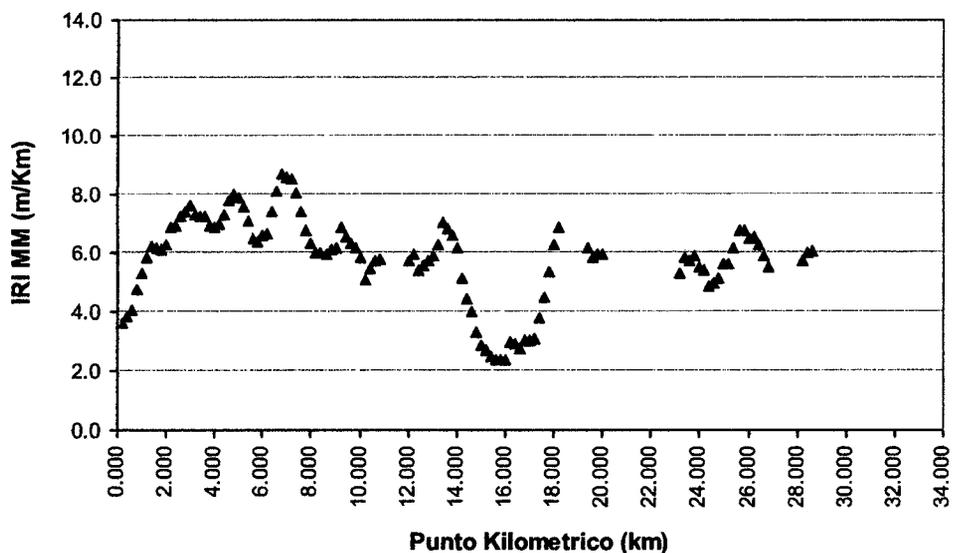




Figura IV.24: IRI @200m (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 2

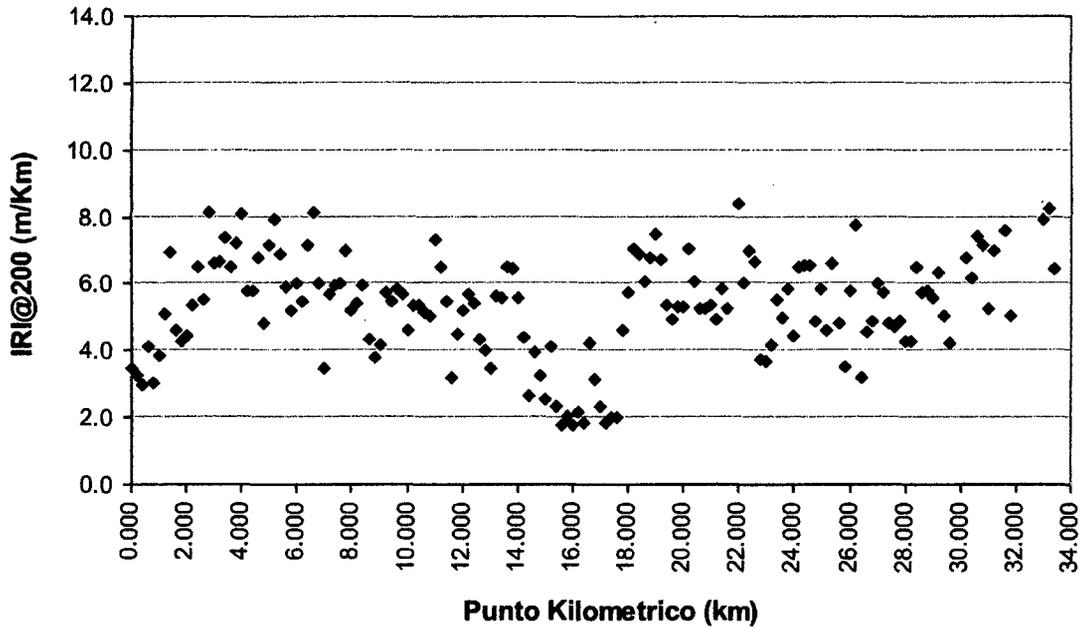
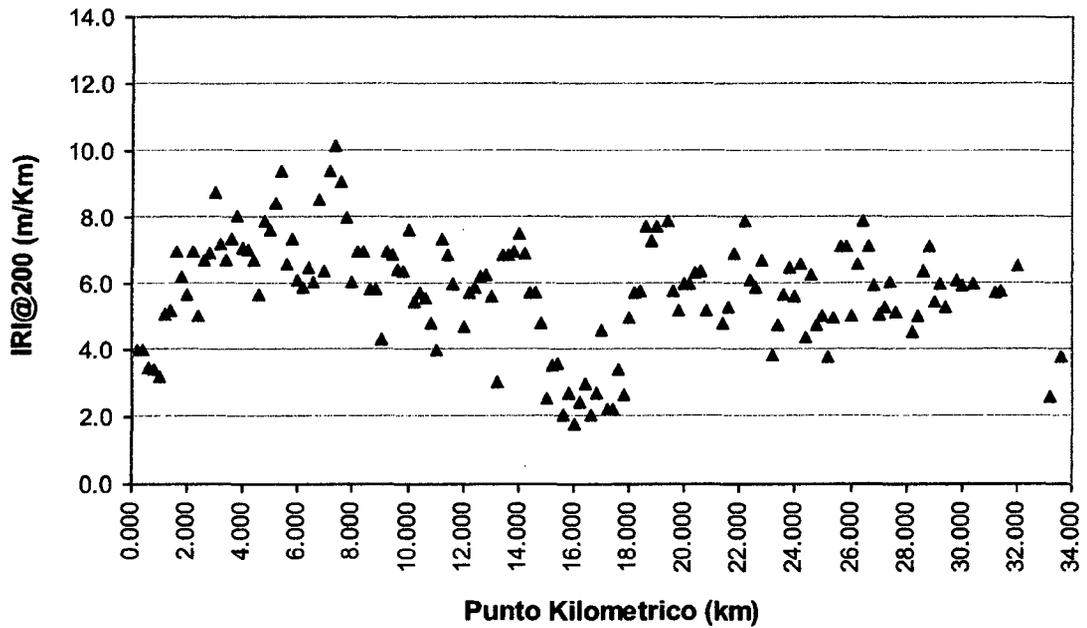


Figura IV.25: IRI @200m (m/km), Dv. Las Vegas - Tarma, CD Faja 3





En el Tramo I se observa que los mayores valores de IRI Media Móvil se encuentran entre los sectores del 0+000 al 10+000 y del 18+000 al 34+000. Si bien los valores que se obtienen actualmente presentan menores variaciones debido a las intervenciones efectuadas en el pavimento, básicamente intervenciones con slurry seal, este tramo sigue presentando valores altos de IRI debido a que presenta problemas estructurales. Hay zonas puntuales donde se alcanzan valores superiores a 7 m/km. Los valores encontrados de IRI @200m, se encuentran entre 3 m/km y 7 m/km, para todo el sector evaluado y en ambos carriles. Cabe señalar que existen sectores donde se presenta una alta dispersión y un alza en los valores de los datos, principalmente en la calzada CD Faja 3, en el tramo entre el km 2+000 y el km 8+000.

### Tramo II, Tarma – Puente Raither

Figura IV.26: IRI MM (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 2

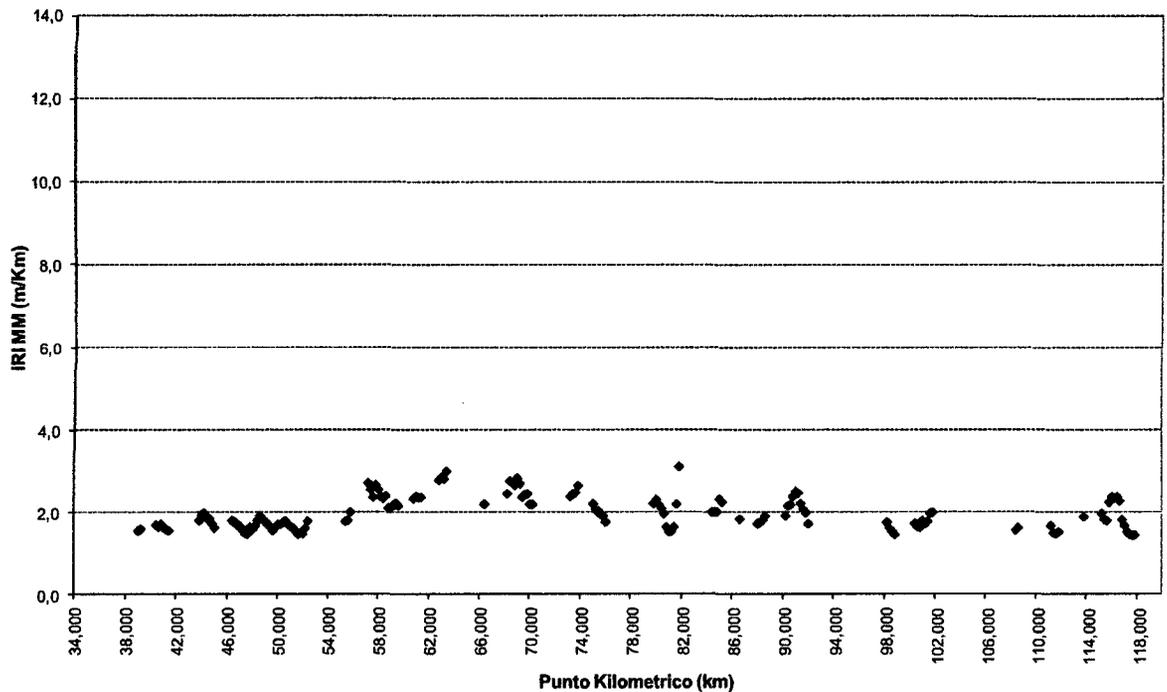




Figura IV.27: IRI MM (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 3

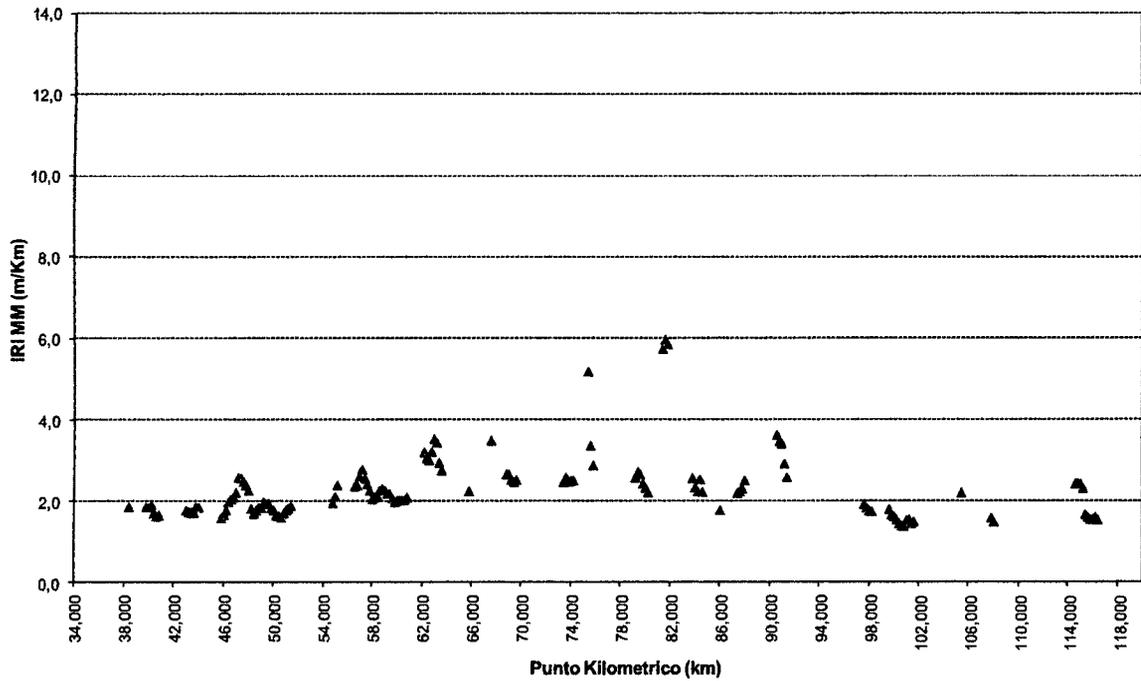


Figura IV.28: IRI @200m (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 2

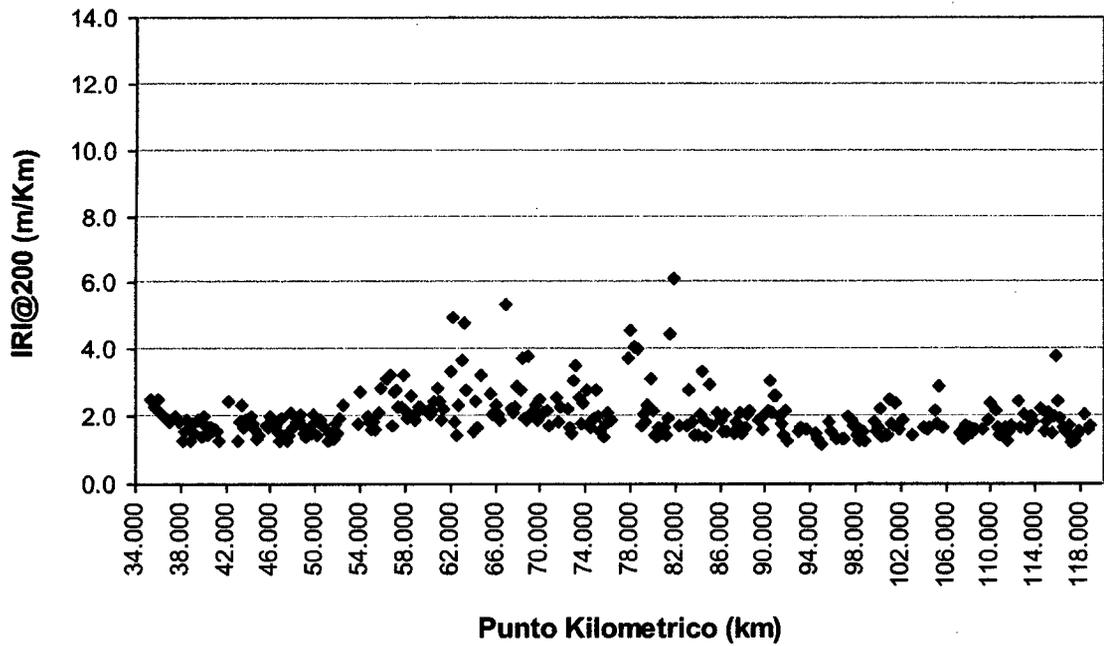
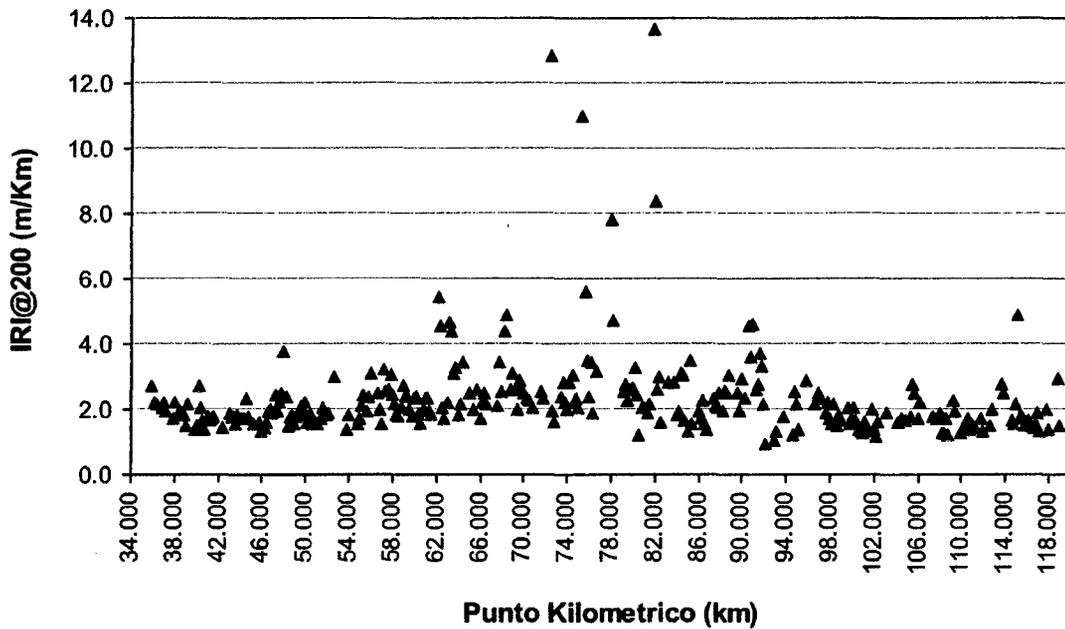




Figura IV.29: IRI @200m (m/km), Tarma - Puente Raither, CD Faja 3

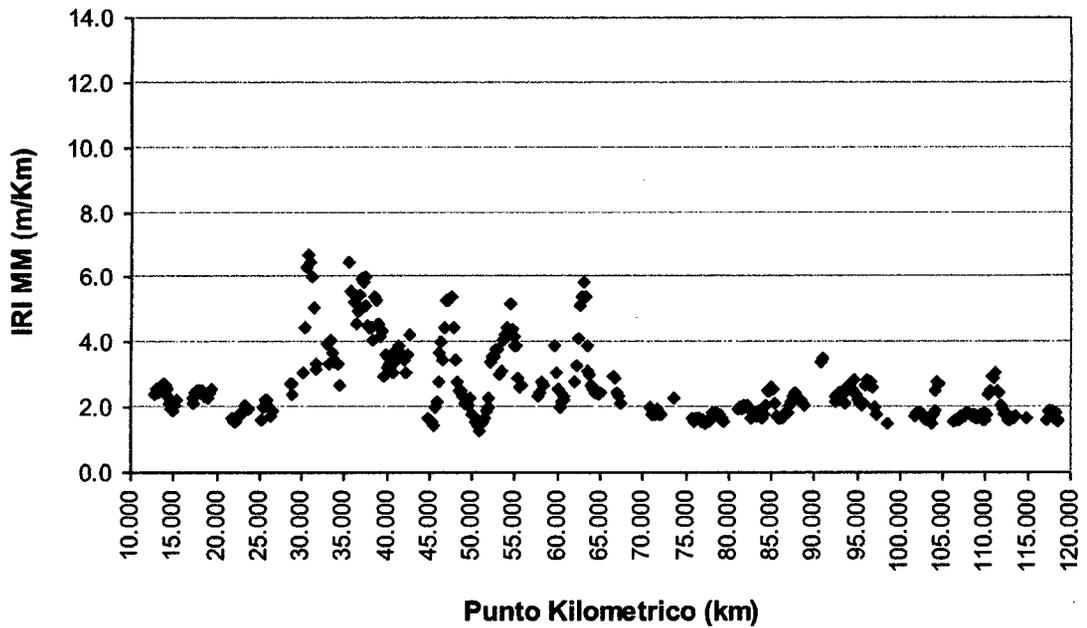


En el Tramo II, calzada CD Faja 2, se observa que los valores de IRI Media Móvil varían principalmente entre 1.5 m/km y 2.5 m/km, a excepción de datos puntuales donde se alcanzan valores superiores a 3 m/km. Para la calzada CD Faja 3, se observa que los valores de IRI Media Móvil varían principalmente entre 1.5 m/km y 3 m/km, a excepción de datos puntuales donde se alcanzan valores superiores a 4 m/km. Los valores encontrados de IRI @200m, se encuentran principalmente entre 1.5 m/km y 4 m/km, para todo el sector evaluado y en ambos carriles. Cabe señalar que existen sectores donde se presenta una alta dispersión y aumento en los valores de los datos, principalmente en la calzada CD Faja 3, en el tramo entre el km 72+000 y el km 82+000.



**Tramo III, Puente Raither - Satipo**

**Figura IV.30: IRI MM (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 2**



**Figura IV.31: IRI MM (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 3**

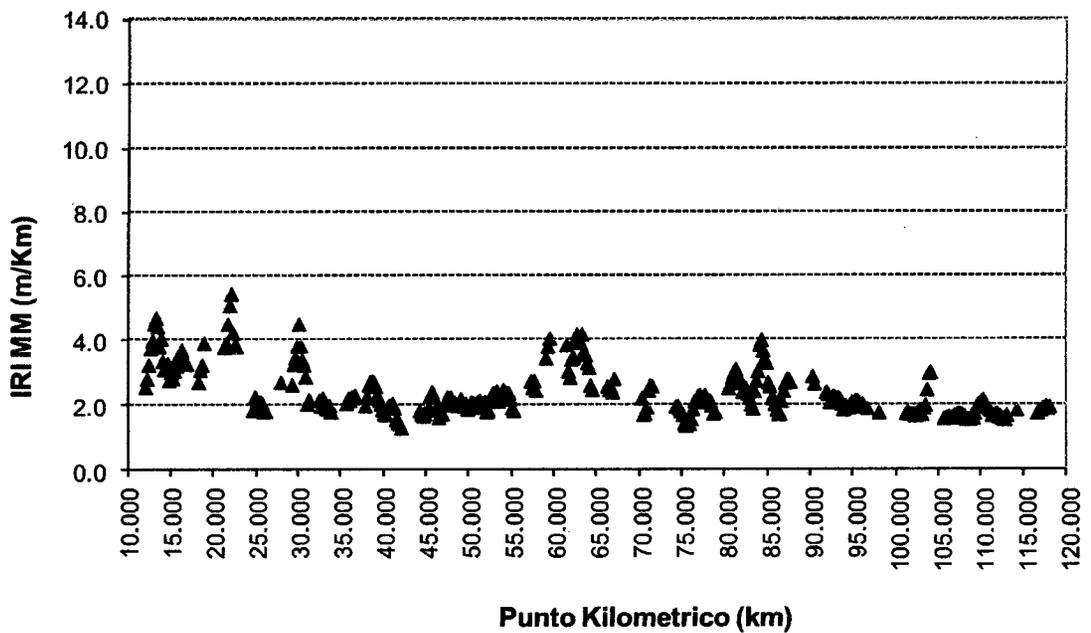




Figura IV.32: IRI @200m (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 2

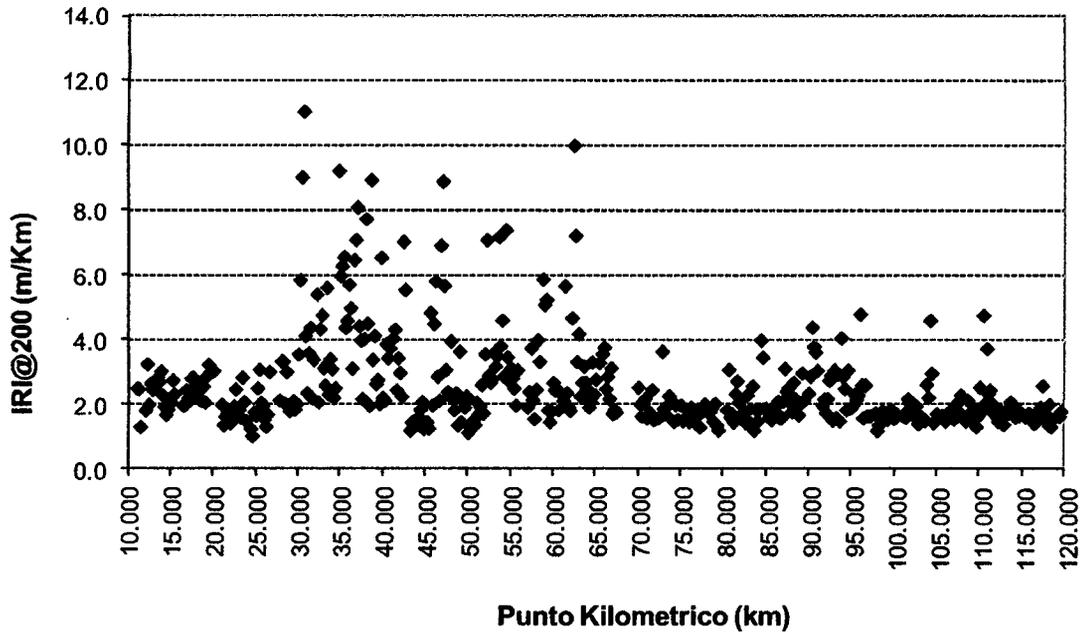
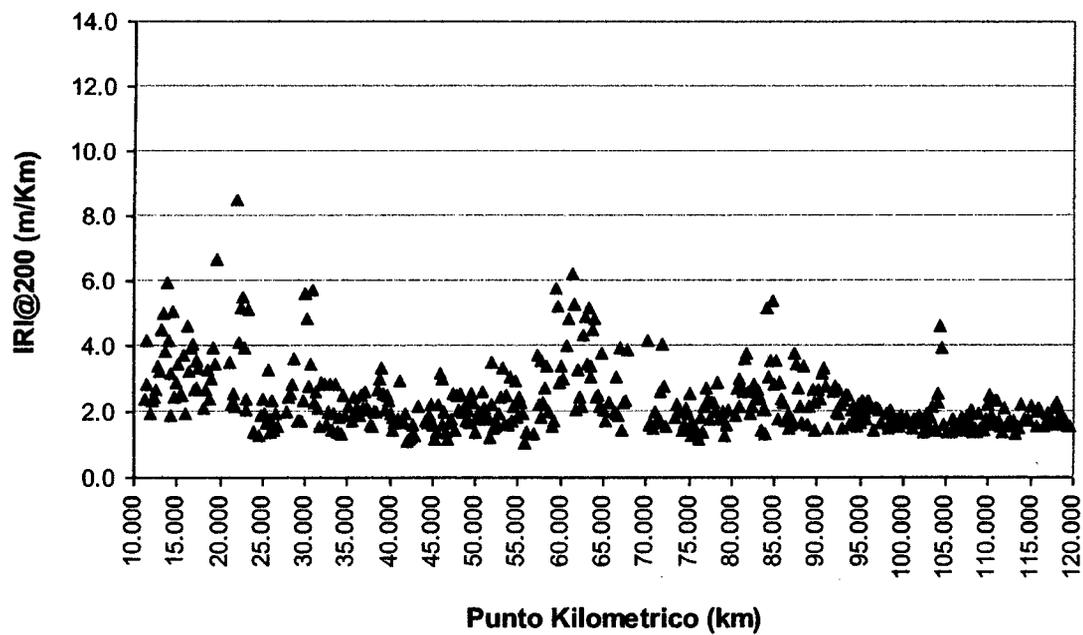


Figura IV.33: IRI @200m (m/km), Puente Raither - Satipo, CD Faja 3



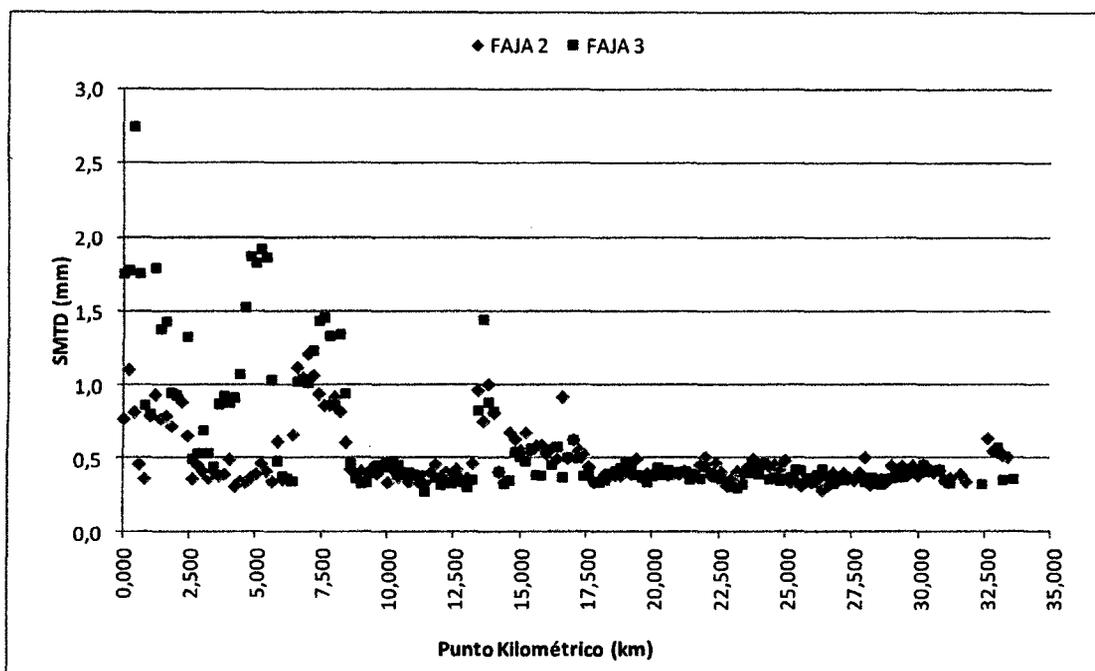


En el Tramo III se observa que los valores de IRI Media Móvil varían principalmente entre 2 m/km y 4 m/km, en ambos carriles, a excepción de datos puntuales donde se alcanzan valores superiores a 4 m/km. Los valores registrados de IRI @200m, se encuentran principalmente entre 1.4 m/km y 4 m/km, para todo el sector evaluado y en ambos carriles. Cabe señalar que existen sectores donde se presenta una alta dispersión y un aumento en los valores de los datos, principalmente en la calzada CD Faja 2, en el tramo entre el km30+000 y el km 65+000.

#### 4.8. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

En las siguientes figuras se muestra el valor de macrotextura superficial para los tramos evaluados, en cada pista.

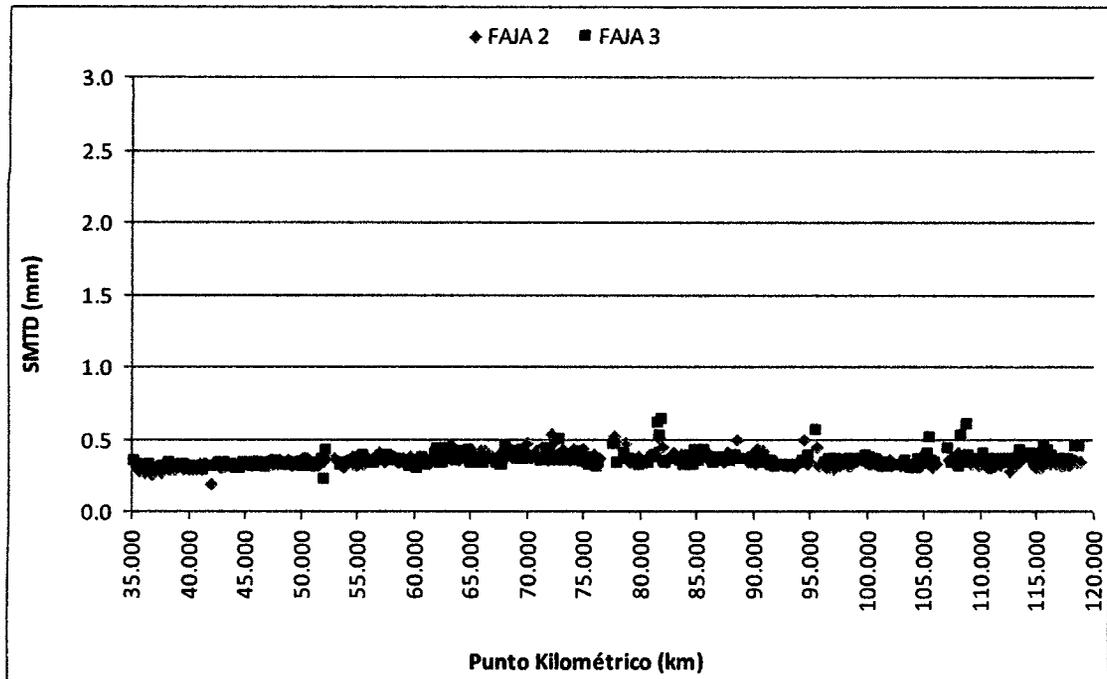
Figura IV.34: Macrotextura@200, Tramo I, Dv. Las Vegas - Tarma



**Tramo I; Dv. Las Vegas – Tarma:** Se observa una textura relativamente cerrada, con valores cercanos a los 0.5 mm, a excepción del sector comprendido entre el 0+000 y el km 7+500, donde se aprecian valores puntuales de textura abierta, que oscilan entre 1 mm y 2 mm.



Figura IV.35: Macrotextura@200, Tramo II, Tarma – Puente Raither



**Tramo II; Tarma – Puente Raither:** La textura es cerrada a lo largo de todo el tramo, encontrándose valores entre 0.3 mm y 0.5 mm. Este tramo no ha sido intervenido durante la puesta a punto.



Figura IV.36: Macrotextura@200, Tramo III, Puente Raither – Satipo

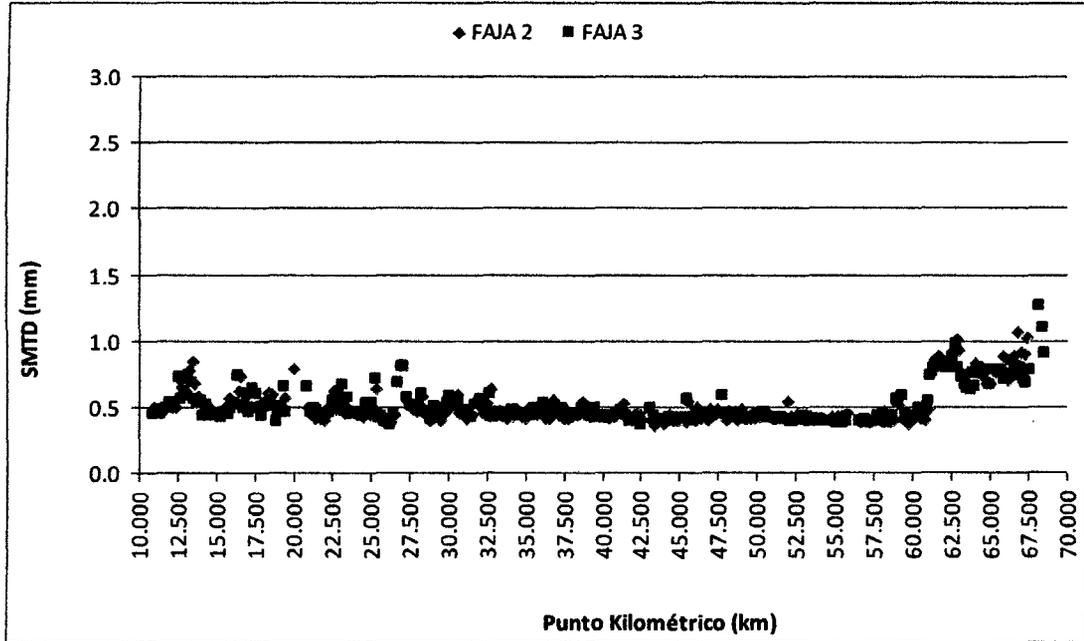
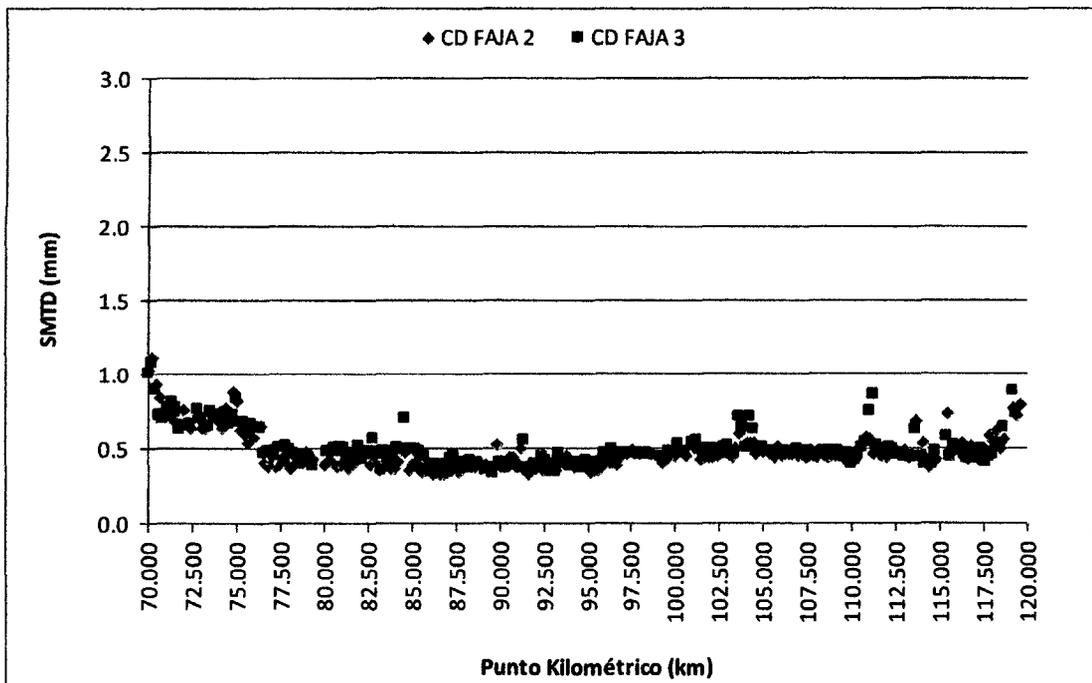


Figura IV.37: Macrotextura@200, Tramo III, Puente Raither – Satipo





Tramo III; Puente Raither – Satipo: Se identifican 3 sectores; el primer sector va desde el km 10+000 al km 60+000, en este sector se observa una textura relativamente cerrada con valores entre 0.5 mm y 0.8 mm; el segundo sector va del km 60+000 al km 70+000, donde se presenta una textura abierta con valores de SMTD que van desde los 0.8 mm a los 1.3 mm; el tercer sector, entre el km 70+000 y el km 119+000, tiene una textura cerrada con valores que están entre 0.4 mm y 0.7 mm.

#### 4.9. EVALUACIÓN DE AHUELLAMIENTO DEL PAVIMENTO

Los resultados obtenidos de ahuellamiento estimado se muestran en las siguientes figuras, donde se presenta gráficamente la estimación del ahuellamiento máximo obtenido para cada faja evaluada.

En los formatos SIC 29 y 30 se incluye en forma tabular los registros del ahuellamiento cada 200 metros y 20 metros, respectivamente.

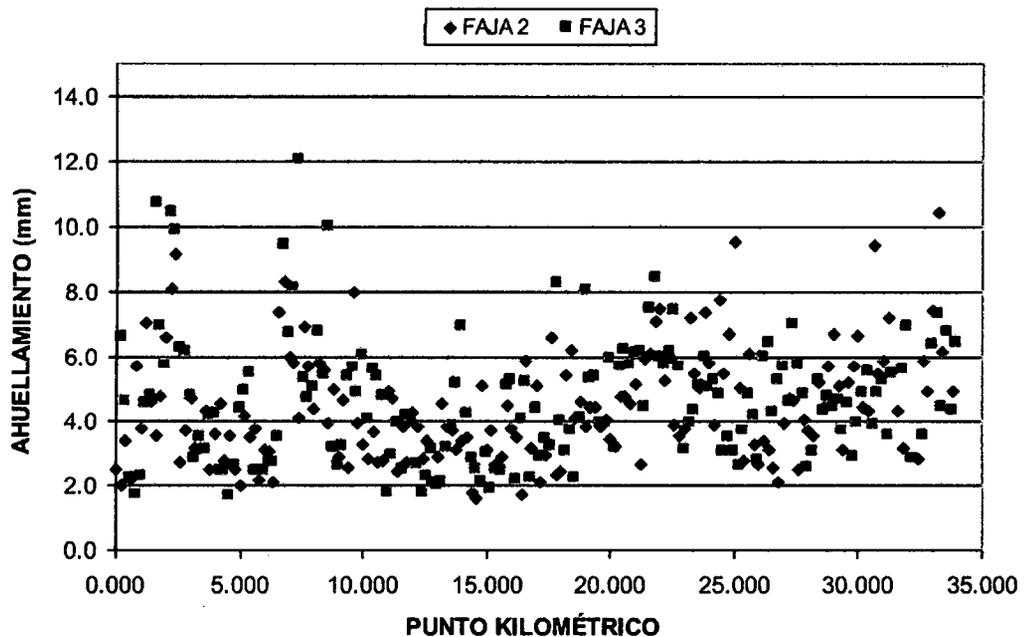
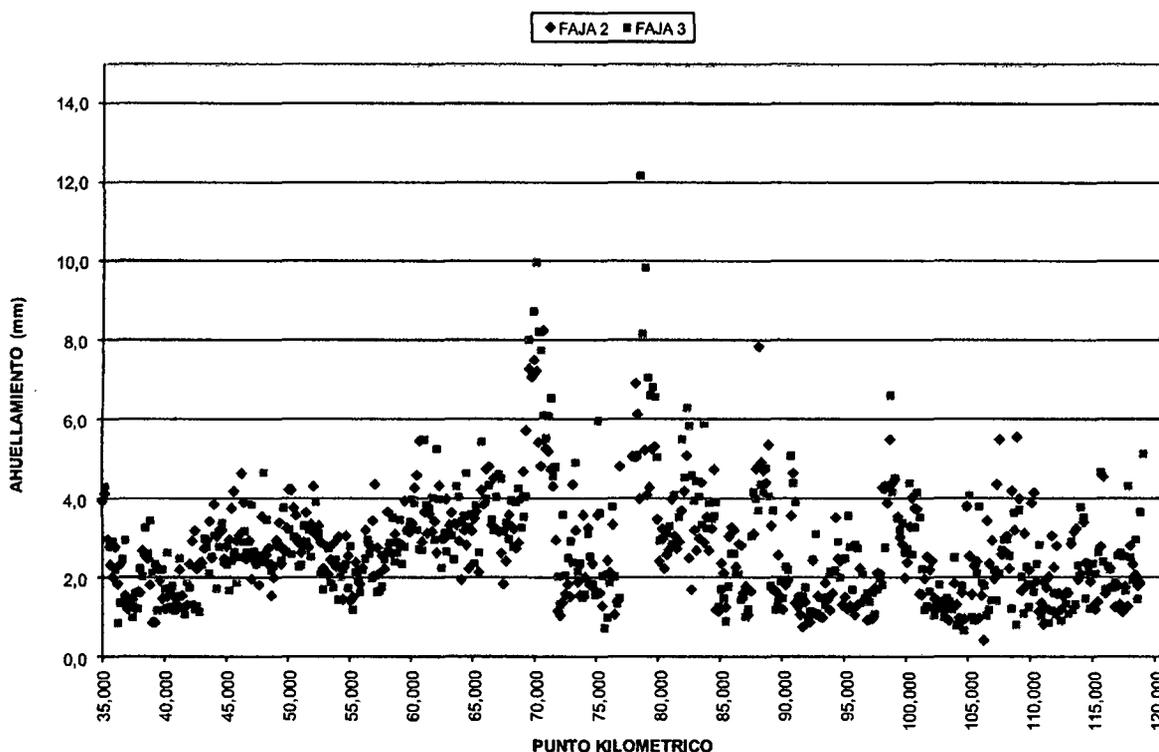


Figura IV.38: Ahuellamiento@200, Tramo I, Dv. Las Vegas - Tarma



**Tramo I; Dv. Las Vegas – Tarma:** Con respecto a la estimación del ahuellamiento, en este tramo se encuentran valores dispersos en un rango medio-alto, con valores que van desde los 2 mm a los 7 mm, a excepción de datos puntuales que superan los 10 mm.

Figura IV.39: Ahuellamiento@200, Tramo II, Tarma – Puente Raither



**Tramo II; Tarma – Puente Raither:** Los valores de ahuellamiento varían principalmente entre 2 mm y 4 mm, alcanzando valores máximos cercanos a 6 mm. Sin embargo en el sector cercano al km 78+000, el ahuellamiento alcanza valores puntuales cercanos a los 12 mm.



Figura IV.40: Ahuellamiento@200, Tramo III, Puente Raither – Satipo (11+000 – 69+400)

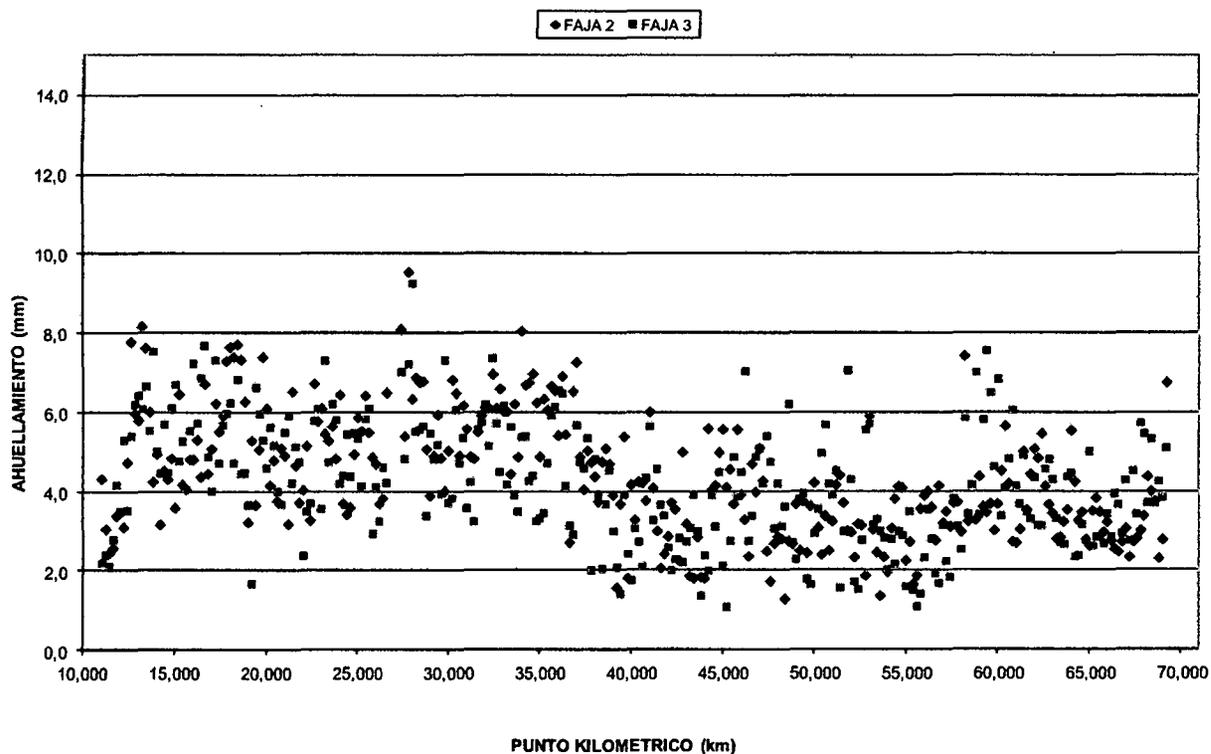
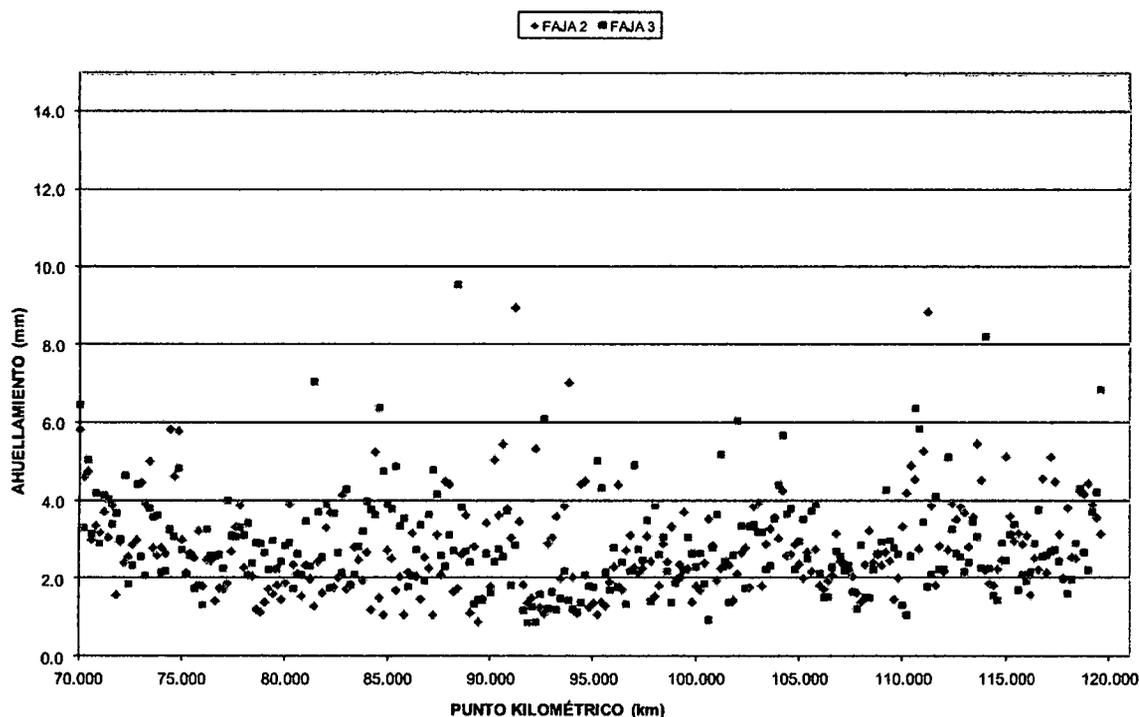




Figura IV.41: Ahuellamiento@200, Tramo III, Puente Raither – Satipo



**Tramo III; Puente Raither – Satipo:** En la estimación del ahuellamiento, se observan 2 sectores; el primero entre el km 10+000 y el km 70+000, con valores de ahuellamiento que se encuentran principalmente entre los 2 mm y 7 mm; el segundo sector, va desde el km 70+000 al km 120+000, con valores de ahuellamiento entre 1 mm y 5 mm.

#### 4.10. SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

El proyecto se adecua a este sistema mediante todas las etapas desarrolladas ya que se planifica, se ha programado, está relacionado con la modelación del HDM-4 en lo que respecta a realizar un inventario vial, tener datos del tránsito, un análisis de la situación actual de la carretera y se realiza el presupuesto para cumplir con las actividades de conservación vial, minimizando costos monetarios, sociales y ambientales de esta forma garantizar el nivel de servicio adecuado de la vía.

A partir de tener dicha información podemos, obtener lo siguiente de acuerdo a los modelos del HDM-4 en lo que respecta al deterioro de la carretera, mediante las



evaluaciones realizadas, determinar el estado en que se encuentra el pavimento y determinar los costos para su mantenimiento, además podemos saber los efectos que se ocasionan para los usuarios en cuanto a los costos de operación de los vehículos, accidentes y tiempos de viaje, y los efectos sociales y medioambientales las cuales son efectuadas por las emisiones de los vehículos y el consumo de energía.

Con toda esta información se puede tener una Gestión adecuada de pavimentos y es lo que se viene desarrollando en el Proyecto.

#### 4.11. PLAN DE MANEJO SOCIO AMBIENTAL

Se tomaron las siguientes medidas de mitigación según los parámetros evaluados los cuales se detallan en las siguientes tablas:

##### Aire

**Tabla IV.34: Impactos negativos en el ambiente - Aire**

Impacto	Lugar de Ocurrencia	Prevención	Medidas de Mitigación
Contaminación del aire (Dispersión del material particulado en suspensión)	En vías accesorias a Centro de Operaciones. (Ubicación: Tarma y Pichanaki)	Aunque es mínimo el Impacto, es posible prevenir la afectación en la salud de la población local y de los trabajadores.	Uso de protectores de las vías respiratorias a los trabajadores y maquinistas que estén mayormente expuestos al material particulado.
	En botaderos de Residuos Sólidos. (En aquellas ciudades que cuentan con Botaderos autorizados)	Campañas informativas a la población ubicada en zonas aledañas donde se realizan los trabajos de Conservación	Humedecer el material en Canteras

##### Ruido

**Tabla IV.35: Impactos negativos en el ambiente - Ruido**

Impacto	Lugar de Ocurrencia	Prevención	Medidas de Mitigación
Ruido	Este tipo de impacto es mínimo y se presenta localizada en zonas donde se realiza labores, Centro de Operaciones.	Aunque se encuentran localizadas y su efecto es mínimo, se debe prevenirlo, capacitando y promoviendo la utilización de Equipos de Protección Personal, principalmente Orejeras. Mantenimiento preventivo adecuado del equipo mecánico utilizado en la ejecución de los trabajos.	Dotar al personal de Equipos de Protección Personal, adecuados, en este caso específico tapones para los oídos. Asimismo implementando campañas de educación vial, con la participación de las poblaciones que se ubican en el entorno de la vía. Capacitación de operadores y choferes



## Recurso Hídrico

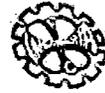
Tabla IV.36: Impactos negativos en el ambiente – Recurso Hídrico

Impacto	Lugar de Ocurrencia	Prevención	Medidas de Mitigación
Calidad de las aguas superficiales y Subterráneas.	Ríos, quebradas, afloramientos y cursos de Agua y zonas de recarga de Reservorios acuíferos (todos aquellos que cruzan la carretera)	Evitar la alteración de la calidad del recurso hídrico superficial y subterránea. Capacitación a los operadores y choferes y personal relacionado al Proyecto.	No colocar materiales de construcción ni excedentes del servicio de conservación, en lugares cercanos a orillas de ríos o cuerpos de agua, ya que éstas podrían ser lavadas y arrastradas por escorrentía hacia dichos cuerpos de agua.  Durante el riego del asfalto líquido, emulsiones y concreto asfáltico en lugares cercanos a cruces con cuerpos de agua, colocar barreras (pircas, cerco vivo, arenado, entre otros) que impidan la posible contaminación de los cuerpos de agua. Estas barreras se adecuaran a la zona de trabajo y pueden ser de variadas características y dimensiones.  Evitar el derrame de sustancias como lubricantes, aceites y combustibles que perjudiquen las aguas superficiales y/o subterráneas.

## Recurso Suelo

Tabla IV.37: Impactos negativos en el ambiente – Recurso Suelo

Impacto	Lugar de Ocurrencia	Prevención	Medidas de Mitigación
Contaminación del suelo	Este tipo de impacto se presenta en zonas donde se realiza labores.	Evitar la contaminación y deterioro del suelo.  Capacitación a los operadores y choferes y personal relacionado al Proyecto.	El abastecimiento de combustible y las operaciones de mantenimiento se realizarán en zonas determinadas para éstos fines.  Prohibir derrames e infiltraciones de sustancias químicas y/o tóxicas que perjudiquen al suelo.



## Flora y Fauna

**Tabla IV.38: Impactos negativos en el ambiente – Flora y Fauna**

<b>Impacto</b>	<b>Lugar de Ocurrencia</b>	<b>Prevención</b>	<b>Medidas de Mitigación</b>
Caza ilegal de la fauna silvestre  Posible atropello de la fauna silvestre  Extracción ilegal de especies de flora silvestre	En las zonas específicas donde se desarrollarán actividades de conservación vial	a) Evitar el atropello de la fauna silvestre. b) Evitar la pérdida de cobertura vegetal en zonas de donde se desarrollen actividades de conservación vial. c) Campañas de sensibilización a los trabajadores a fin de evitar la caza y/o extracción de las especies nativas, tanto de fauna como de flora silvestre.	Promover un Programa de Educación y Capacitación sobre Conservación de Recursos Naturales, al personal del Proyecto, sobre las especies de flora y fauna silvestre, cuyo hábitat se encuentran en el ámbito del Proyecto, considerando el cuidado y protección de las mismas.

A continuación se presenta un cuadro resumen de con los componentes evaluados y las medidas a tomar para mitigar las actividades causantes de tener un impacto negativo con el medio ambiente.



Componente	Impacto	Actividades causantes	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de Verificación	Ámbito o lugar de aplicación
Calidad de Aire	<ul style="list-style-type: none"><li>Contaminación del aire</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Trabajo en calzadas</li><li>Movilización de equipos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Uso de protectores de las vías respiratorias</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Monitoreo PROGRAMADO/ MONITOREOS REALIZADOS</li><li>Límites Máximos Permisibles</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Partes diarios, reportes periódicos de uso de protectores de vías respiratorias</li></ul>	Se efectuará en las Cuadrillas de mantenimiento a lo largo del Proyecto
Ruido	<ul style="list-style-type: none"><li>Posible incremento del ruido</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Uso de maquinaria y equipo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Uso de protectores</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Monitoreo PROGRAMADO/ MONITOREOS REALIZADOS</li><li>Límites Máximos Permisible</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Partes diarios, reportes periódicos de protectores</li></ul>	Se efectuará en las Cuadrillas de mantenimiento a lo largo del Proyecto
Agua	<ul style="list-style-type: none"><li>Posible Contaminación del agua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Residuos orgánicos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Programa Capacitación interna con los trabajador referentes al Uso I del recurso y Saneamiento Básico.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Monitoreo PROGRAMADO/ MONITOREOS REALIZADOS</li><li>Límites Máximos Permisible</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reportes de posibles ocurrencia que afecten al recurso hídrico.</li></ul>	Se efectuará en las Cuadrillas de mantenimiento a lo largo del Proyecto
Suelo	<ul style="list-style-type: none"><li>Contaminación del suelo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Disposición inadecuada de Residuos sólidos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Disposición en área adecuada de Residuos sólidos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Monitoreo PROGRAMADO/ MONITOREOS REALIZADOS</li><li>Límites Máximos Permisible</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reportes de posibles ocurrencia que afecten al recurso suelo</li></ul>	Se efectuará en las Cuadrillas de mantenimiento a lo largo del Proyecto

Tabla IV.39: Matriz de Impactos Ambientales.



Código de Partida	Descripción de Partida	Unidad	Unidad 2	IP Meta		
				Tramo 1P	Tramo 2P	Tramo 3P
278	Hidrolimpieza	M2		19.85	14.03	16.92
291	Limpieza de escombros en cauce	M3		0.16	0.17	0.21
354	Limpieza de Puentes y Pontones	M2	M3	16.50	17.42	17.58
364	Slurry Seal en carpeta (Con equipo)	M2		2.35	6.62	3.42

Figura IV.43: IP meta para Puentes

Código de Partida	Descripción de Partida	Unidad	Unidad 2	Tramo 2-1	Tramo 2-2	Tramo 3-1	Tramo 3-2
9	Limpieza de alcantarillas	Und	M3	0.45	0.82	0.52	0.38
12	Limpieza de derrumbes menores	M3		13.96	6.19	9.34	16.84
160	Pintado de resaltos	M2		1.44	3.07	3.09	2.10
223	Vigilancia vial	HH		1.31	1.05	1.11	1.07
313	Desbroce de maleza con equipo	M2	Km	232.05	283.60	211.76	238.94
338	Limpieza de cunetas con equipo	M3	MI	2.30	2.93	3.06	7.78
355	Limpieza de Berma	M2	MI	119.45	116.00	341.57	483.95
377	Bacheo superficial con mezcla asfáltica	M2	Cm (profundidad)	0.67	0.86	2.34	3.31
420	Limpieza de cunetas Manual No Colmatada	MI	M3	140.10	62.44	94.07	191.99

Figura IV.44: IP meta para Carreteras



SUPERVISOR	TRAMO (De Control)	Centros de Costos / Cuadrillas
Alfredo Carrión R.	1P	1102
Alfredo Carrión R.	2P	2101
Alfredo Carrión R.	3P	2102
Widmar Saavedra	2-1	2103
Widmar Saavedra	2-2	3101
Juan Almeyda M.	3-1	3102
Juan Almeyda M.	3-2	3104

**Figura IV.45: Residente Encargados y Centros de Costo asignados**

<b>PROYECTO:</b>	CV LA MERCED				
<b>MES:</b>	SEPTIEMBRE				
<b>ING. A CARGO</b>	<b>TRAMOS :</b>	<b>DESCRIPCION DEL TRAMO</b>	<b>HH/tramo</b>	<b>INCIDENCIA EN PROYECTO</b>	
Alfredo Carrión R.	1P	DV.LAS VEGAS-TARMA-TRAMO I-PUENTES	9.00		
Alfredo Carrión R.	2P	TARMA-PTE.RAITHER-TRAMO II-PUENTES	460.42		
Alfredo Carrión R.	3P	PTE.RAITHER-SATIPO-TRAMO III-PUENTES	427.42		
Widmar Saavedra	2-1	TARMA-YANANGO-TRAMO II	1726.17		
Widmar Saavedra	2-2	YANANGO-PTE.RAITHER-TRAMO II	1717.83		
Juan Almeyda M.	3-1	PTE.RAITHER-PICHANAKI-TRAMO III	1482.25		
Juan Almeyda M.	3-2	PICHANAKI-SATIPO-TRAMO III	1433.63		

**Figura IV.46: Incidencia de Horas - Hombre por Tramo**



### CALCULO DE EFICIENCIA

ING. A CARGO	TRAMO	EFICIENCIA AGOSTO x TRAMO	EFICIENCIA AGOSTO x SUPERVISOR	EFICIENCIA MES ANTERIOR	BRECHA	META
Alfredo Carrión R.	1P	109%	104%		-108.92%	105.00%
Alfredo Carrión R.	2P	118%		109%	-9.44%	105.00%
Alfredo Carrión R.	3P	89%		103%	14.03%	105.00%
Widmar Saavedra	2-1	86%	91%	89%	3.26%	105.00%
Widmar Saavedra	2-2	96%		88%	-8.12%	105.00%
Juan Almeyda M.	3-1	80%	85.7%	91%	11.09%	105.00%
Juan Almeyda M.	3-2	91%		92%	0.42%	105.00%
			<b>90.4%</b>			

Figura IV.51: Cálculo de la Eficiencia del Proyecto

<b>Valor por Hora Hombre</b>		<b>7.61</b>	<b>Soles</b>										
		<b>2013</b>		<b>MES ((HH ganadas o perdidas)</b>									
SUPERVISOR	TRAMO	ACUMULADO ANUAL (HH)	ACUMULADO ANUAL (S/.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
<b>CVLM</b>	<b>TOTAL</b>	<b>-445.32</b>	<b>-3,388.86</b>	<b>-419.13</b>	<b>-344.17</b>	<b>-854.93</b>	<b>1323.10</b>	<b>838.75</b>	<b>499.96</b>	<b>-253.65</b>	<b>-540.19</b>	<b>-695.06</b>	
Alfredo Carrión R.	1P	6.65	50.63	-	-	-0.33	1.11	0.00		5.07		0.80	
Alfredo Carrión R.	2P	663.09	5,046.08	-221.46	-41.55	-204.59	111.96	-1.13	913.43	-28.24	51.27	83.41	
Alfredo Carrión R.	3P	77.51	589.87	-54.94	-2.03	-115.78	16.49	21.24	70.93	176.45	12.07	-46.91	
José Bazan Z.	2-1	-845.18	-6,431.84	-117.69	-94.05	-435.87	107.60	46.35	18.73	43.11	-168.15	-245.21	
José Bazan Z.	2-2	-692.51	-5,270.02	-321.37	-196.88	316.83	216.90	418.70	-408.97	-455.47	-190.76	-71.45	
Javier Torres M.	3-1	1,058.40	8,054.45	454.26	327.23	-328.89	974.97	347.23	-90.52	-201.57	-133.78	-290.52	
Javier Torres M.	3-2	-713.28	-5,428.03	-157.92	-336.89	-86.30	-105.92	6.36	-3.63	207.00	-110.84	-125.13	

Figura IV.52: Histórico de HH Ganadas o Perdidas Anual



Del informe de Productividad de Mano de obra se obtienen los siguientes resultados:

Análisis de Resultados por Cuadrilla										
Fecha del Informe : 11/12/2012					Proyecto : LA MERCED					
Preparado por : OT					Gerente del Proyecto : JANET SEMINARIO					
Ingeniero a Cargo	TRAMO	Cuadrilla	Partidas de Control Incidentes	Unidad	HH DEFICIT	Comentarios de Actividades con Deficit productivo	Actividades por Implementar	Responsable	Fecha de Implementación	Estado (cumplido o no cumplido)
Javier Torres M.	3-2	3104	Limpieza de alcantarillas	Und	-576.23	El IP meta anterior no es real, aparte el % de colmatación aumentó por las fuertes lluvias	Se programará 01 Alcantarilla por día y con 01 AM	JAVIER TORRES	02/01/2013	
Javier Torres M.	3-2	3104	Desbroce de maleza con equipo	M2	-20.76	Las intensas lluvias aumentaron el crecimiento de la maleza	Se incrementará a 06 desbrozadoras y 02 de reten	JAVIER TORRES	02/01/2013	

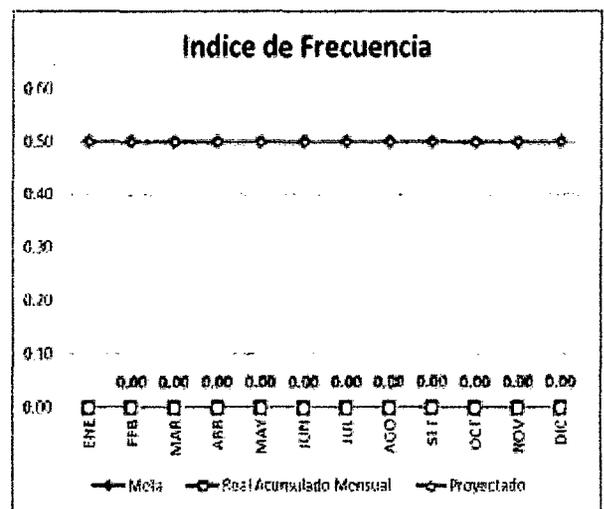
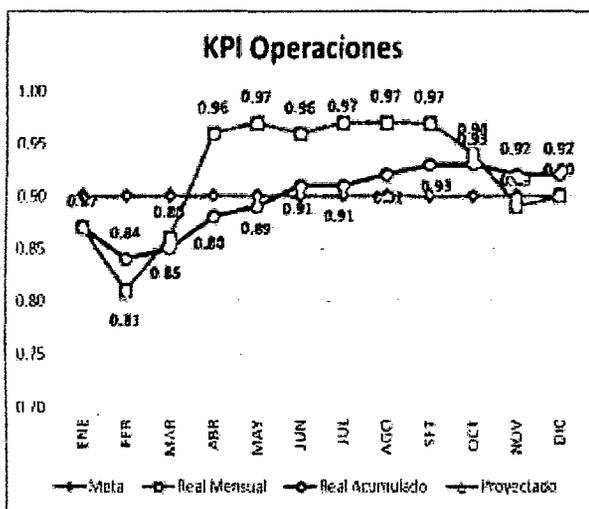
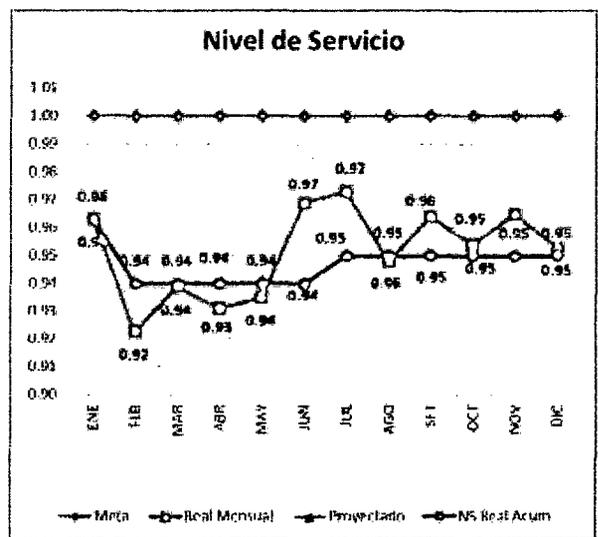
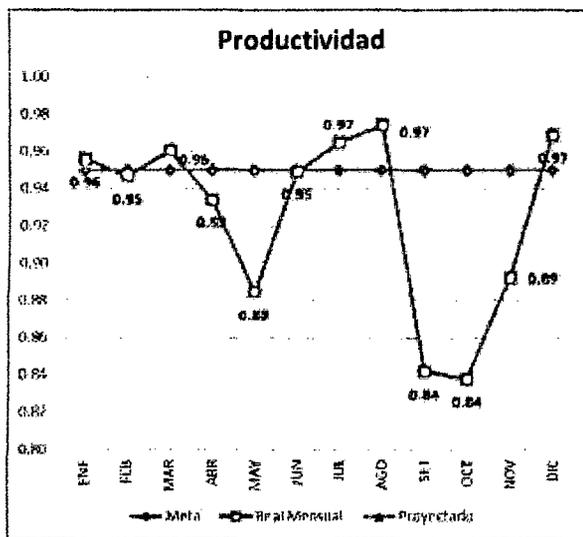
**Figura IV.53: Análisis de los Resultados por Cuadrilla**

- De la evaluación realizada para el mes de Setiembre se observa que hubo un déficit de horas hombre debido a una productividad baja obtenida, comparando el IP meta con el IP del mes.
- Se observa en la partida de limpieza de alcantarillas con un déficit de HH de - 576.23, esto sucedió debido a que se utilizó mayor cantidad de personal para realizar dicha partida debido a que las alcantarillas se encontraban totalmente colmatadas, y se comparó con un IP meta del mes anterior pero con otro porcentaje de colmatación de las alcantarillas.
- En la partida de desbroce de maleza con equipo se observa un déficit en HH de - 20.76, debido a que se utilizó mayor personal de lo requerido a causa de intensas lluvias las cuales aumentaron el crecimiento de la maleza.
- El ingeniero responsable del Tramo es quien decide qué acciones debe tomar para mejorar la Productividad en su Tramo y cuadrilla.



De acuerdo a las figuras mostradas podemos evaluar la utilidad mensual y acumulada del Proyecto, además verificar el presupuesto meta con los costos reales, determinar las brechas y poder tomar las medidas correctivas para así tener un control mensual de los costos generados en el proyecto.

#### 4.15. INDICADORES DE PROYECTO



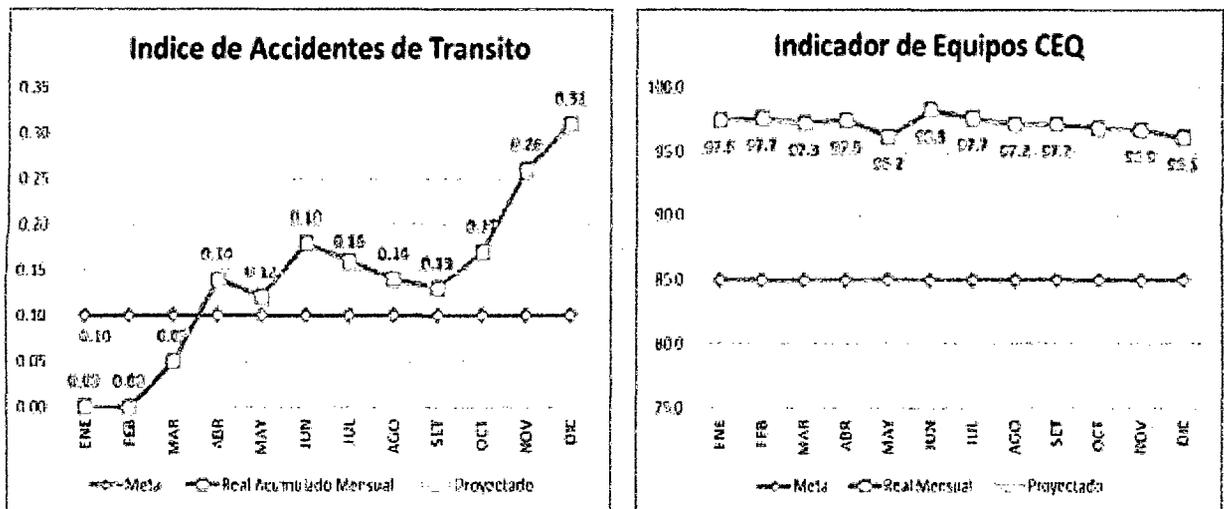


Figura IV.58: Indicadores del Proyecto

Se determinaron los indicadores del proyecto los que nos sirven para medir la evolución y saber en qué situación nos encontramos la productividad de mano de obra o la eficiencia se encuentra bajo la meta debido a que tenemos HH en déficit obteniendo una eficiencia de 89.00 %, el nivel de servicio el cual estamos bajo la meta debido a que no se ha cumplido con algunos km evaluados (calzada, bermas, derecho de vía, drenaje, estructuras viales, señalización) obteniendo un valor de 95.00 %, el índice de frecuencia el cual nos indica la cantidad de accidentes con tiempo perdido (con descanso médico) respecto a las horas totales trabajadas del proyecto para lo cual tenemos 0 ya que no se ha registrado ningún tiempo perdido, el índice de accidentes de tránsito tenemos un valor de 0.26 el cual se mide el número de accidentes de tránsito de vehículos y equipos propios o los alquilados por la empresa, ponderando cada accidente por daños personales y materiales, respecto al número total de vehículos y equipos, y el indicador de equipos el cual está en 96.8% el cual mide el desempeño en base a 4 factores (Disponibilidad y utilización, costos de mantenimiento, inspecciones del equipo y auditoría interna del Supervisor General de Equipos), con dichos valores mensuales la gerencia debe tomar las decisiones adecuadas para tener mejores resultados en dichos indicadores.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- ❖ Se realizó el estudio y análisis del Programa de Conservación Vial en base al sistema de Gestión de Carreteras, para lo cual se realizó un plan de conservación vial, un inventario de todos los elementos físicos que son parte de la vía, el estudio de las solicitudes en la vía, la evaluación estructural, funcional y superficial del pavimento, se tomó en consideración un plan de manejo socio ambiental, con toda la información obtenida y con el procesamiento adecuado tenemos el control y la toma de decisiones oportunas para poder brindar el nivel de servicio deseado en la carretera.
- ❖ Se evaluó la planificación y las herramientas de programación para los trabajos de mantenimiento rutinario para cada tramo, eliminando las restricciones para la realización de las partidas, de lo medido se determinó que se llevó un control adecuado en la realización de los trabajos en campo.
- ❖ Se identificó las partidas más incidentes para cada tramo del Proyecto, de lo cual se obtuvo los rendimientos para las actividades de mantenimiento rutinario, siendo de suma importancia conocer el estado de Productividad de mano de obra y ver qué medidas tomar para tener una mejor eficiencia debido a las horas hombre en déficit identificadas, así como la asignación de recursos necesario para realizarlas. En el Proyecto se tiene una eficiencia de **90.40 %**.
- ❖ Para poder cumplir con la planificación y programación de las actividades de conservación vial enfocada en el sistema de gestión de pavimentos se realizó un control de los costos de operación para tener el control de lo Presupuestado y tomar las decisiones que permitan mejorar el resultado económico del proyecto, el cual es de **24.91%** por lo tanto se está llevando un control de costos adecuado para los trabajos de conservación de carreteras.
- ❖ Se determinó los indicadores del Proyecto los cuales nos indican el cumplimiento de las metas propuestas, las cuales en algunos casos se están cumpliendo.
- ❖ El estudio del tránsito realizado y de los resultados obtenidos determinamos que comparando el periodo 2010-2011 con el año evaluado 2011-2012 en lo que respecta a Buses de 2 Ejes, Buses de más de 2 Ejes, Camiones de 2 Ejes, Camiones de más de 2 Ejes se ha incrementado en un 20.05% lo cual nos ayuda a predecir el daño en el tiempo que sufrirá un pavimento en un periodo dado.



- ❖ Se realizó un estudio de manejo socio ambiental de esta forma se trata de controlar y mitigar todos los parámetros evaluados al realizar las actividades de conservación vial y periódica en los Tramos de la carretera.
- ❖ Se concluye que al realizar la evaluación estructural, funcional y de ahuellamiento se tomó las decisiones para realizar las actividades de conservación rutinaria y/o periódica y cumplir con el nivel de servicio deseado. d

**Recomendaciones:**

- ❖ Para realizar la evaluación estructural del pavimento se recomienda utilizar el deflectómetro de impacto que es un ensayo rápido (hasta 60 ensayos/hora), posee una repetibilidad alta, se obtiene el registro del cuenco de deflexiones, hay un registro de la eficiencia de transferencia de carga y posible existencia de vacíos, simula mejor las cargas del vehículo y se pueden aplicar diferentes valores de carga además de ser un ensayo no destructivo.
- ❖ Para realizar el cálculo del IRI el cual está linealmente relacionado con las variaciones en el perfil debe utilizarse el perfilómetro láser que es un equipo que produce medidas automáticas y de alta calidad del perfil de la carretera, de la misma forma se realizó la medición de la textura del pavimento. → Padua
- ❖ Para realizar la evaluación del ahuellamiento se debe utilizar el perfilómetro de ultrasonido el cual define la deformación permanente o irre recuperable asociada con el tráfico en las capas del pavimento que si se canalizan en huellas, se acumulan con el tiempo convirtiéndose en roderas, las cuales se presentan en el Tramo I.
- ❖ Al realizar el Programa de conservación vial y enfocándonos en la evaluación estructural, funcional y de ahuellamiento a través de ensayos no destructivos se propone que debe de incluirse en el sílabo del curso de Pavimentos siendo de suma importancia para el aprendizaje y conocimiento de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca.

# CAPÍTULO VI

## **BIBLIOGRAFÍA**



## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

### **6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AASTHO (1993)  
Guide for Design of Pavement Structures
- Asociación BCEOM – OIST (2001)  
Manual del Sistema de Gestión de Carreteras – Provias Nacional
- BCOM (2003)  
Manual de Usuario del Route 2000
- Conesa, V (1996)  
Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental
- De Solminihac, Hernán (1998)  
Gestión de Infraestructura Vial
- Manheim, M. L. (1979).  
Fundamentals of Transportation Systems Analysis
- Ministerio de Transportes del Perú MTC (2001)  
Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto supremo N 034-2001-MTC
- Ministerio de Transportes del Perú MTC (2007)  
Criterios de clasificación de vías
- Ministerio de Transportes del Perú MTC (2007)  
Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras
- Ministerio de Transportes del Perú MTC (2007)  
Guía para inspección, evaluación y mantenimiento de Puentes
- Ortiz, Javier A.  
Evaluación y Diagnóstico Estructural de Pavimentos
- Hass, R. (1993).  
Modern Pavement Management

# CAPÍTULO VII

## **ANEXOS**



## VII. ANEXOS

La información recopilada de campo y los formatos del Sistema de Gestión de Carreteras se adjunta en el CD.

### **ANEXO A: EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VIALES**

- **SIC – 01:** Carreteras
- **SIC – 02:** Calzadas
- **SIC – 03:** Puntos de Referencias
- **SIC – 04:** GPS Trayectoria
- **SIC – 08:** Fajas
- **SIC – 09:** Anchos de las Fajas
- **SIC – 13:** Puntos Críticos
- **SIC – 17:** Puentes y Pontones
- **SIC – 18:** Alcantarillas
- **SIC – 19:** Cunetas, canales, bajadas de agua, zanjas de drenajes
- **SIC – 20:** Badenes, túneles y muros
- **SIC – 21:** Seguridad y Señalización horizontal
- **SIC – 22:** Señalización Vertical
- **SIC – 23:** Derecho de vía
- **SIC – 24:** Estructura de pavimento – carreteras pavimentadas
- **SIC – 34:** Accidentes

### **ANEXO B: ESTUDIO DE TRÁNSITO**

- **SIC – 33:** Transito (IMDA y Factores de Carga)

### **ANEXO C: EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO**

- **SIC – 29:** IRI Huellas Detalladas
- **SIC – 30:** IRI Huellas 200
- **SIC – 31:** Textura detallada
- **SIC – 32:** Textura 200

### **ANEXO D: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

- **SIC – 14:** Daños – pavimento flexible

### **ANEXO E: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**

- **SIC – 27:** Deflexiones Detalladas
- **SIC – 28:** Deflexiones por tramo homogéneo

**ANEXO F**

**PLANO DEL PROYECTO**

**ANEXO G**  
**SECCIÓN TRANSVERSAL**  
**TÍPICA A MEDIA LADERA VÍA**  
**MULTICARRIL CON**  
**SEPARADOR CENTRAL**

**ANEXO H**  
**CROQUIS DE ANCHOS DE**  
**CARRETERAS**

# **PANEL FOTOGRAFICO**

# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

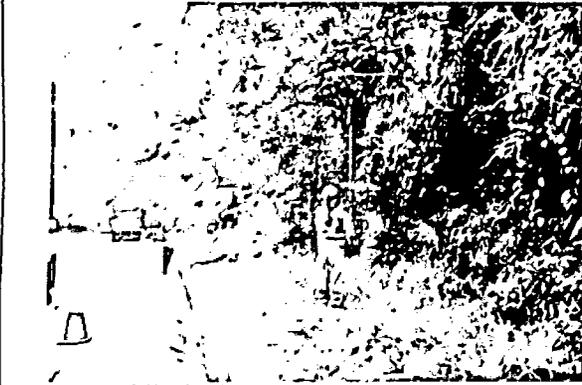
Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

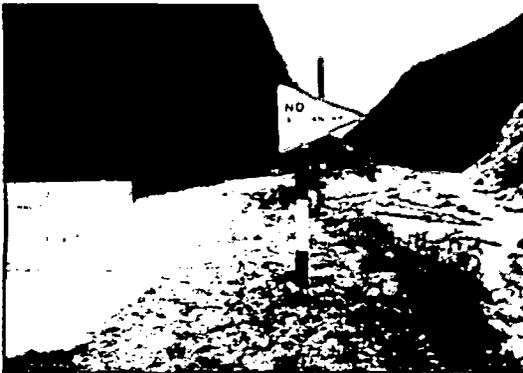
Poda de árboles con equipo



Desbroce de Maleza con Equipo



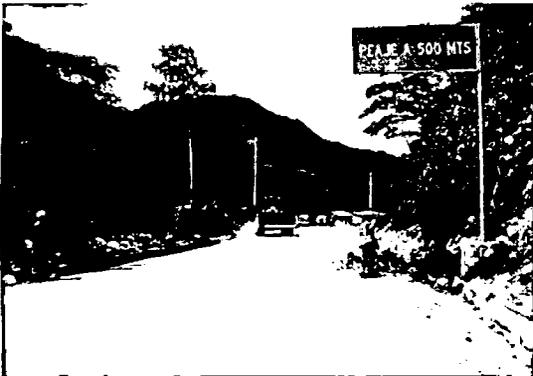
Limpieza de Señales



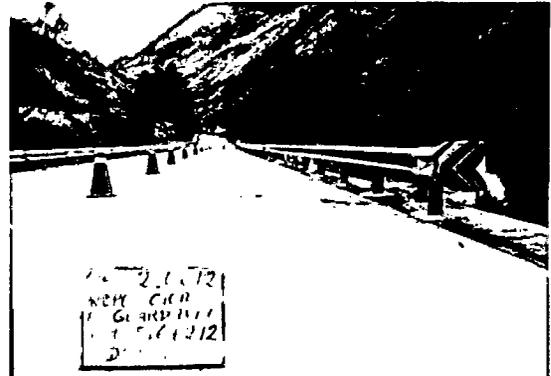
Reposición de Hito Kilométrico



Reposición de Señales Informativas



Reposición de Guardavías



## Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

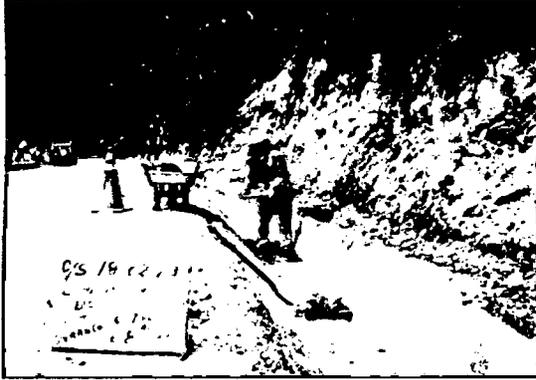
Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

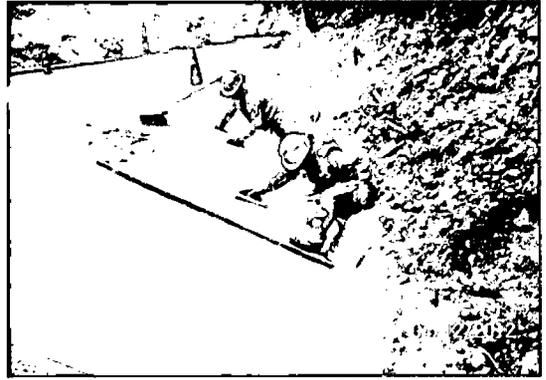
Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

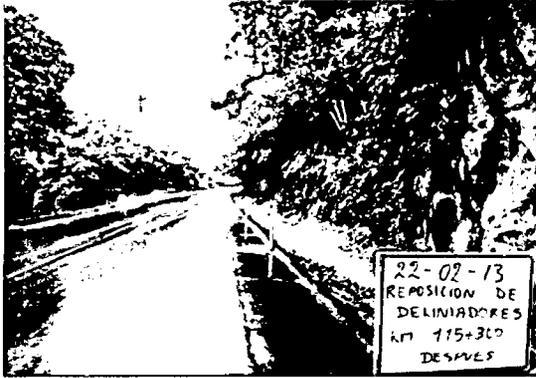
Limpeza de Cunetas Manual



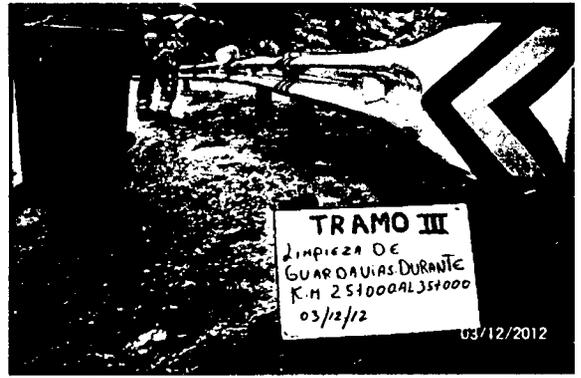
Reposición de Cunetas de Concreto



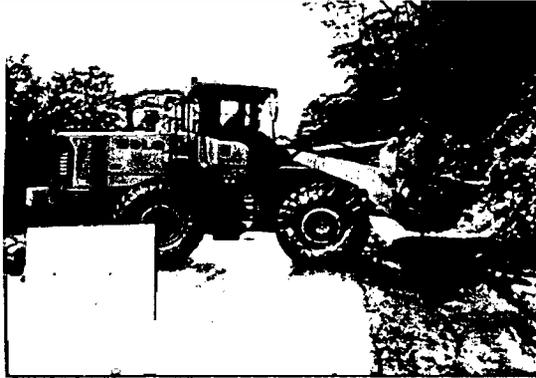
Reposición de Delineadores



Limpeza de Guardavías



Limpeza de derrumbes menores



Limpeza de derrumbes menores



## Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Tratamiento de Grietas o fisuras con Emulsion



Reposición de Cintas reflectivas



Demarcacion de Pavimento



Demarcacion de Pavimento



Limpieza de Bermas



Sellado de Fisuras



## Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

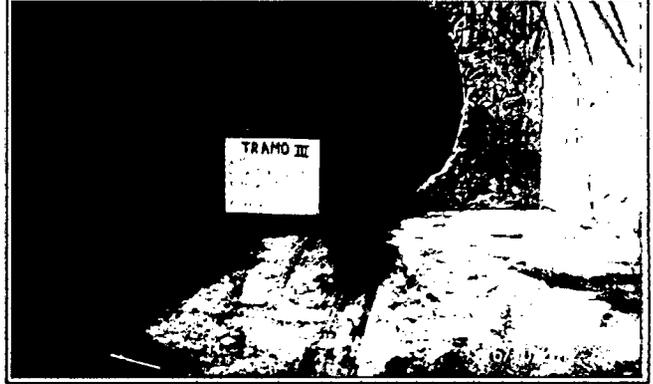
Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

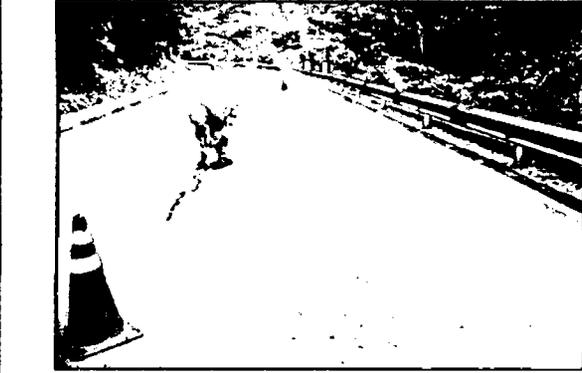
Bacheo en carpeta asfáltica



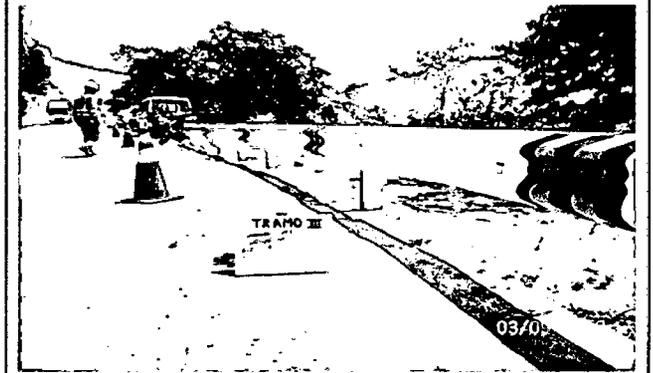
Limpieza de Alcantarillas



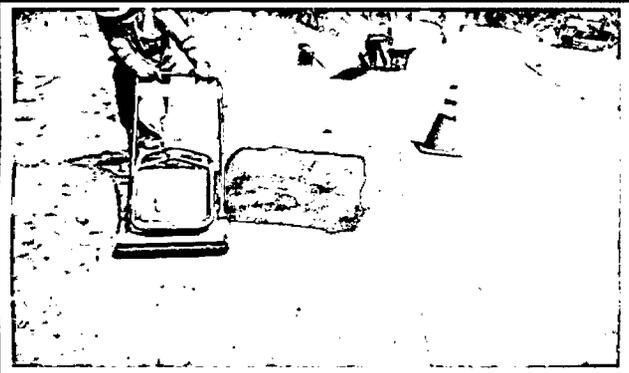
Tratamiento de Fisuras



Pintado de Guardavías



Bacheo en berma



Limpieza de Carpeta



## Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

Proyecto

1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera

Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

Página

1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Pintado de resaltos de concreto



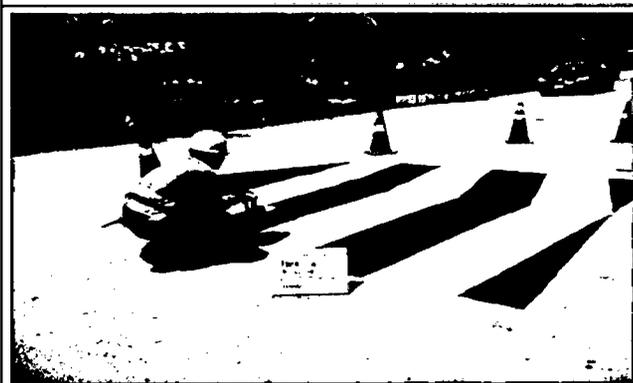
Bacheo superficial en carpeta asfáltica



Bacheo profundo en carpeta asfáltica



Pintado de resaltos de concreto



## Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

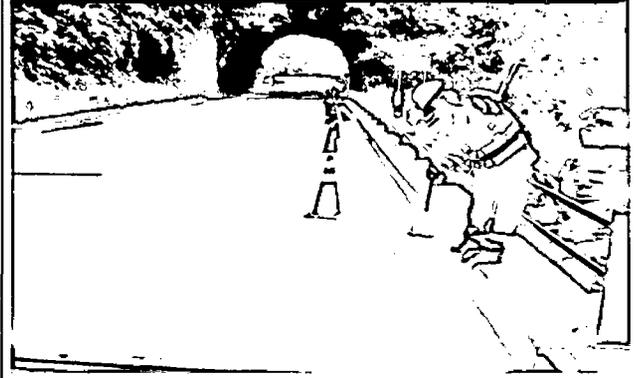
Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO DE PUENTES

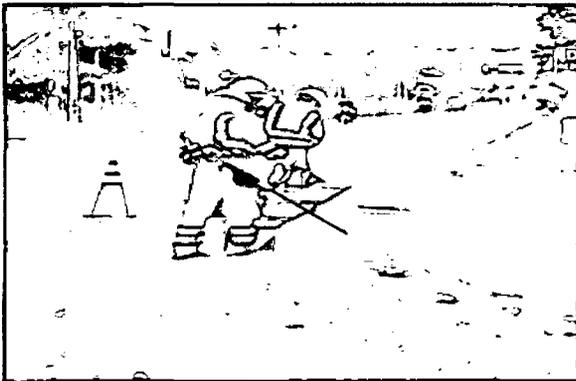
Hidrolimpieza



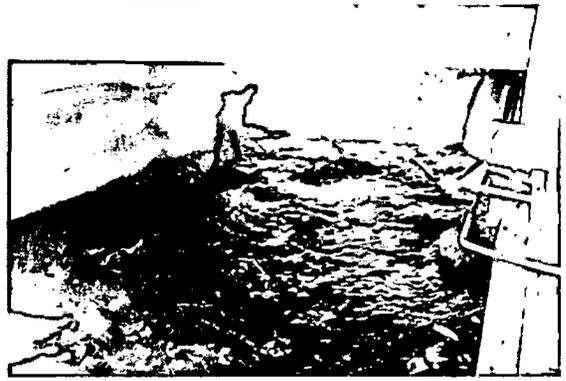
Limpieza de puentes y pontones



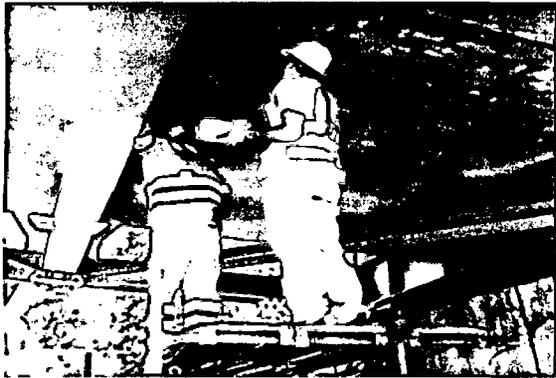
Limpieza y roce



Remocion de sedimentos y piedras en cauce



Tratamiento de Fisuras



Reparacion de juntas en puentes



## Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

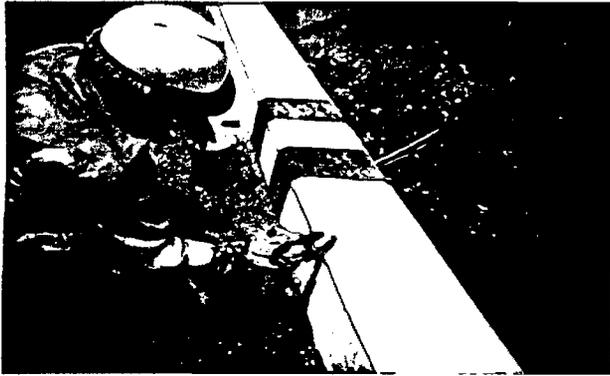
Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

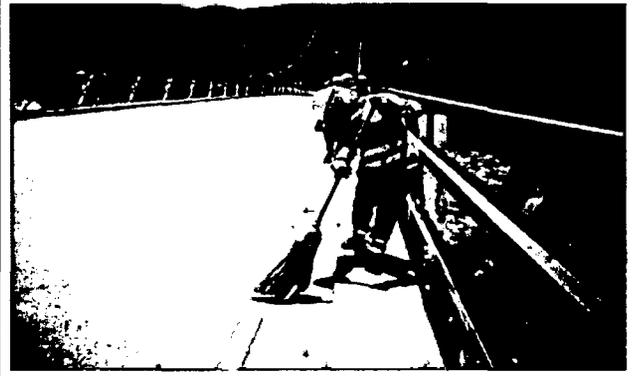
Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO DE PUENTES

Pintado de barandas de concreto



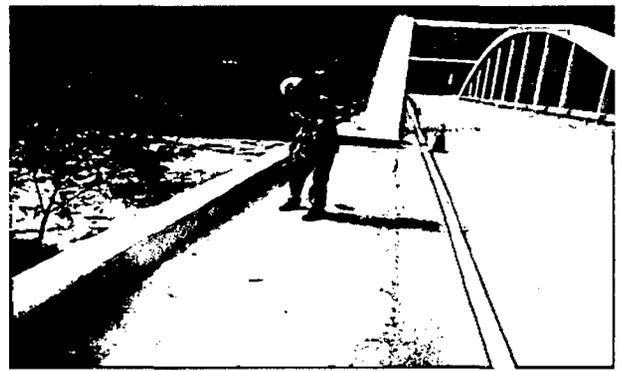
Limpieza de Puentes y pontones



Pintado de barandas de concreto



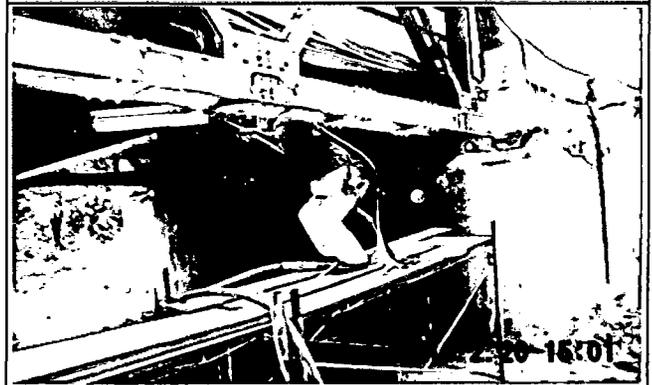
Limpieza de Puentes y Pontones



Pintado de estructura metálica (3ra capa)



Arenado de estructura metálica



Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE RELEVAMIENTO DE INFORMACION

Tratamiento de Fisuras con especialista de sika



Tratamiento de Fisuras con especialista de sika



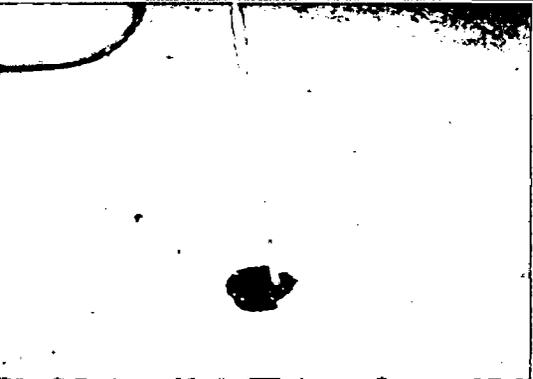
Inspeccion de pontones



Medición de deflexiones en el Pavimento con Deflectómetro de Impacto



Medición de la Temperatura del Pavimento



Medición de deflexiones en el Pavimento con Deflectómetro de Impacto



## Observaciones


# PANEL FOTOGRÁFICO

## I. Datos Generales

Proyecto 1400 - Conservación Vial La Merced

Carretera Dv. Las Vegas - Tarma - Satipo

Página 1 de 9

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO DE PUENTES

Medición de deflexiones en el Pavimento con Deflectómetro de Impacto



Medición de deflexiones en el Pavimento con Deflectómetro de Impacto



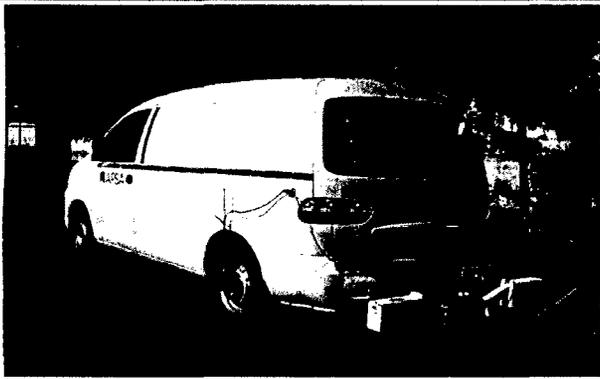
Inspección de Pontones



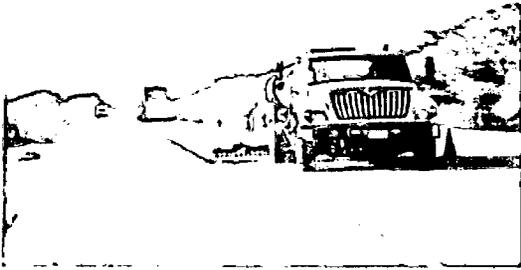
Inspección de Pontones



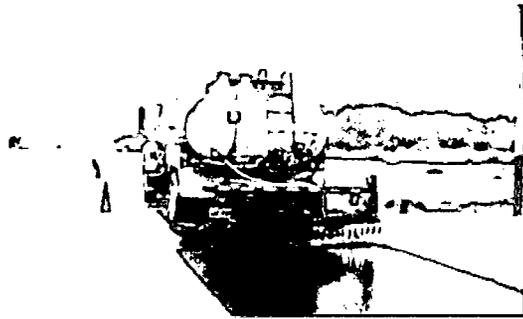
Medición de la rugosidad del pavimento con perfilómetro láser



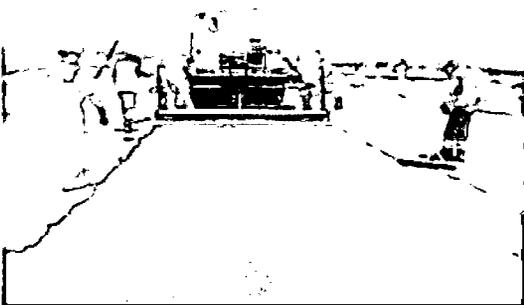
## Observaciones

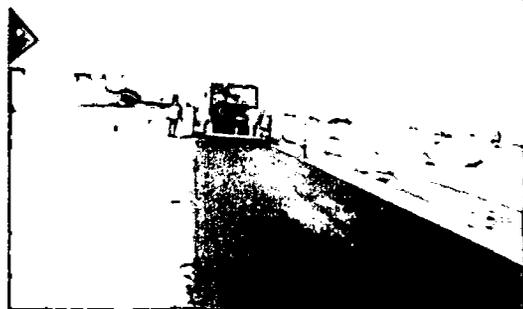
Sello de Arena - Asfalto



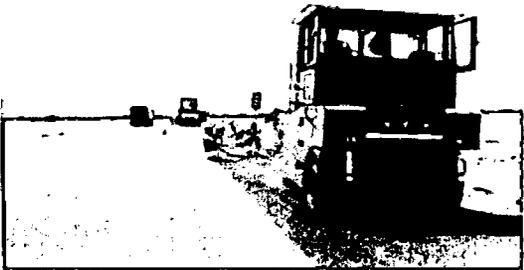
Sello de Arena - Asfalto



Slurry Seal



Slurry Seal



Tratamiento superficial monocapa en berma

